

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in
Ingegneria della Produzione Industriale e dell'Innovazione Tecnologica

Tesi di Laurea Magistrale

Analisi e proposte di miglioramento per il flusso logistico degli
pneumatici PNCS: Il caso Pirelli Tyre S.p.A.



Relatore

Prof. Maurizio Schenone

Candidata

Federica Castrucci

Anno Accademico 2020/2021

Sommario

1	Introduzione.....	4
2	Pirelli Tyre S.p.A.	6
2.1	L'azienda	6
2.2	I principali centri di produzione.....	7
2.3	Il processo costruttivo dello pneumatico	8
2.3.1	<i>FASE 1: Produzione della miscola (MIXING).....</i>	<i>9</i>
2.3.2	<i>FASE 2: Produzione dei semi-lavorati.....</i>	<i>10</i>
2.3.3	<i>Fase 3: Confezionamento (BUILDING).....</i>	<i>14</i>
2.3.4	<i>Fase 4: Vulcanizzazione (CURING).....</i>	<i>14</i>
2.3.5	<i>Fase 5: Finitura (POST-CURING o FINISHING)</i>	<i>16</i>
2.4	La marcatura tecnica	16
2.5	La suddivisione per stagione.....	19
2.6	La suddivisione per famiglia.....	20
2.7	Le funzionalità dello pneumatico	21
2.8	La ricerca delle Materie Prime.....	24
2.9	La tecnologia.....	25
2.9.1	<i>Le misure Run Flat.....</i>	<i>26</i>
2.9.2	<i>Le misure Seal Inside</i>	<i>26</i>
2.9.3	<i>Le misure ELECT.....</i>	<i>27</i>
2.9.4	<i>Le misure PNCS.....</i>	<i>28</i>
2.9.5	<i>Le misure marcate.....</i>	<i>28</i>
2.9.6	<i>Le Cyber Tyre.....</i>	<i>30</i>
3	La Supply Chain	32
3.1	Il termine Supply Chain.....	32
3.2	Il sistema logistico.....	34
3.2.1	<i>Struttura di una rete logistica</i>	<i>36</i>
3.3	L'analisi della domanda	38
3.4	La gestione dei materiali.....	40
3.5	Le logiche Push e Pull.....	46
3.6	Il modello logistico dell'azienda.....	48
3.7	La strategia di mercato	54
3.8	La stesura del Piano di Produzione	56
3.9	L'analisi di saturazione della fabbrica	57
4	Il Piano di Spugnatura delle misure PNCS	60
4.1	La presentazione del problema	60
4.1.1	<i>Il flusso logistico</i>	<i>61</i>

4.1.2	<i>Le criticità</i>	64
4.2	Lo sviluppo del progetto	66
4.2.1	<i>Il Diagramma logico del flusso informativo</i>	66
4.2.2	<i>La raccolta delle informazioni</i>	68
4.2.3	<i>I main drivers del piano</i>	71
4.2.4	<i>L'analisi di saturazione della Spugnatura</i>	73
4.2.5	<i>Il Piano di Spugnatura</i>	75
4.2.6	<i>La review settimanale di piano</i>	79
4.3	Il processo a regime	82
5	Il Piano di Sensorizzazione delle misure Cyber	83
5.1	Introduzione al problema	83
5.2	Il flusso logistico	86
5.3	I punti aperti	88
5.4	Il Diagramma logico di flusso	89
5.5	La raccolta delle informazioni	90
5.6	<i>I main drivers del piano</i>	91
5.7	Il Piano di Sensorizzazione	93
5.8	La review settimanale del piano	95
5.9	Il processo a regime	96
6	Conclusione	98
7	Bibliografia e Sitografia	100

1 Introduzione

Lo sviluppo della tesi è incentrato sulla presentazione della soluzione progettuale elaborata con il dipartimento di Logistica dell'azienda Pirelli Tyre S.p.A., al fine di risolvere le criticità riscontrate nella gestione del flusso logistico degli pneumatici PNCS (*Pirelli Noise Cancelling System*). Gli pneumatici PNCS, o più semplicemente NCS, appartengono a quella categoria di coperture definibili come "*Specialties*", le quali sono frutto delle tecnologie innovative che Pirelli ha messo in atto per elevare il livello di servizio e di prestazione nelle differenti situazioni di guida. In particolare, essi consentono di ridurre il rumore provocato dal rotolamento e strisciamento della fascia battistrada con il manto stradale, grazie all'impiego di una spugna in poliuretano capace di assorbire le vibrazioni originate dalle sollecitazioni cui lo pneumatico è sottoposto durante la marcia.

Il problema originario risiede nella segmentazione del flusso logistico seguito, causato dalla dislocazione geografica tra lo stabilimento di produzione delle coperture e quello dedicato all'applicazione della spugna. La segmentazione del flusso produttivo ha comportato il disaccoppiamento tra l'attività di "nuova produzione" dello stabilimento a monte, che per motivi di discrezione viene indicato come Area 1, e l'attività del post-processo di spugnatura presso l'Area 2, le quali con l'emergere della domanda ricambio hanno iniziato a discostarsi sempre più l'una dall'altra. Ciò dovuto al fatto che le misure di pneumatico in uscita dall'Area 1 differivano da quelle in entrata in Area 2, facendo perdere consistenza al Piano di Produzione originario e rendendolo non più capace di guidare la fase di post-processo. Questa condizione anomala ha condotto ad una serie di criticità di gestione e all'esigenza di introdurre un Piano di Produzione ulteriore, da accompagnare a quello relativo alla fabbricazione delle coperture. Il progetto, dunque, è stato incentrato nell'elaborazione di uno strumento aggiuntivo, che permettesse la pianificazione anche per la fase di post-processo per l'applicazione della spugna, regolamentando in questo modo un flusso con cui l'azienda non si era ancora mai interfacciata.

Durante il tirocinio in azienda è stato possibile realizzare gli strumenti operativi che hanno consentito la strutturazione del flusso, oltre alla condivisione delle informazioni in modo più efficace ed efficiente tra le parti coinvolte.

Nella parte finale del lavoro, lo stesso ragionamento e la stessa logica perseguiti con lo sviluppo del progetto NCS verranno applicati ad un ulteriore post-processo, sempre condotto dallo stabilimento presso l'Area 2. In quel caso, si tratterà del processo di applicazione dei sensori per la produzione delle misure *Cyber*. Questa tipologia di pneumatici permette di individuare e comunicare situazioni potenzialmente pericolose al conducente del veicolo. Il sensore permette di raccogliere e trasmettere le informazioni circa la temperatura e la pressione dello pneumatico in tempo reale con grande precisione e avvisa quando viene superata la velocità massima consentita.

Per il caso specifico della McLaren Artura, Pirelli ha sviluppato in sinergia con la Casa automobilistica inglese una serie di funzionalità specifiche per l'uso su pista, definendo i momenti in cui si raggiunge la temperatura ottimale per le coperture e che permettono di raggiungere le massime prestazioni o quando invece è necessario il raffreddamento.

Il flusso logistico delle misure Cyber parte dalle stesse criticità di base caratterizzanti quello delle coperture PNCS.

Si vedrà come la soluzione apportata per il flusso NCS possa essere riproposta anche per la gestione e la risoluzione di altre problematiche similari.

2 Pirelli Tyre S.p.A.

2.1 L'azienda

L'azienda Pirelli Tyre S.p.A. fu fondata a Milano nel 1872, come azienda produttrice di articoli in gomma elastica e il primo stabilimento venne costruito nella stessa città l'anno successivo. Anni dopo fu avviata la linea di produzione di elastici per carrozze e venne lanciato il primo pneumatico per velocipedi, come risultato dell'introduzione di nuovi metodi nella preparazione dei materiali e nella fabbricazione degli pneumatici. Nel 1901 ebbe inizio la produzione di pneumatici per auto. La forte crescita economica e l'espansione geografica che segnarono i decenni successivi si basavano su alcuni fattori rilevanti. In primo luogo, l'attenzione allo sviluppo tecnico e tecnologico dei processi e dei prodotti, e a seguire l'impegno costante nelle corse.

L'anno 1949 rappresenta l'origine della progettazione del Cinturato, il primo pneumatico radiale che Pirelli ha commercializzato. La sua caratteristica principale era la robusta cintura in materiale radiale che si interponeva tra la carcassa e il battistrada, capace di differenziare il prodotto dagli altri pneumatici presenti sul mercato, poiché forniva un livello di sicurezza, prestazioni e usura notevolmente migliore. Infatti, questa soluzione garantisce un contatto del battistrada con il terreno decisamente maggiore rispetto agli pneumatici tradizionali, consente una trazione superiore e risulta ottimale per marce ad alta velocità.

Gli anni Ottanta, invece, si distinguono per l'introduzione del primo pneumatico radiale da moto.

Dal 2010, l'azienda è tornata in Formula 1™ come fornitore esclusivo di pneumatici, anche se già presente in altre competizioni con questo ruolo privilegiato, come il campionato mondiale Superbike, il Ferrari Challenge e il Lamborghini Super Trofeo.

Oggi l'azienda è tra i maggiori produttori mondiali di pneumatici per auto, moto e biciclette e rappresenta un marchio globalmente noto per la tecnologia all'avanguardia, l'eccellenza produttiva di fascia alta e l'innovazione, contando su 19 stabilimenti produttivi in 12 paesi e una presenza commerciale in oltre 160. All'interno dell'industria dei pneumatici, l'azienda compete con produttori "Tier 1" (Nokian, Bridgestone, Michelin, Continental e Goodyear) che hanno un posizionamento di prezzo superiore alla media, una vasta gamma di prodotti e linee regionali dedicate.

Al giorno d'oggi, Pirelli conta circa 31.600 dipendenti in tutto il mondo e all'interno del settore, risulta essere l'unico attore esclusivamente focalizzato su un business B2C, ovvero rivolto a vendere prodotti e servizi direttamente al consumatore finale. Per questa ragione, si propone come una *Pure Consumer Tyre Company* intenta a sviluppare prodotti capaci di rispondere alle più specifiche esigenze di mobilità. L'azienda si concentra in particolare sugli pneumatici cosiddetti *High Value*, che a fine 2019 rappresentavano circa il 67% dei ricavi del gruppo, e l'84% della redditività. Questo segmento include:

- gli pneumatici *New Premium*, i modelli caratterizzati da un calettamento pari o superiore ai 18 pollici e che solitamente equipaggiano i veicoli appartenenti al segmento *Prestige*;
- le *Specialty*, capaci di rispondere alle necessità specifiche del cliente (Run Flat, Seal Inside, PNCS, Pirelli Elect, Racing Tyre, Collection Tyres, Cyber Tyres), senza vincolo di calettamento;

- gli pneumatici per moto, denominati *Premium*, caratterizzati da alti livelli di prestazioni, generalmente installati su moto da strada, da corsa e fuoristrada.

Nel corso degli anni quindi, l'impresa si è focalizzata soprattutto sullo sviluppo, la produzione e la commercializzazione di pneumatici con alti calettamenti, caratteristiche tecniche ed estetiche particolari e associate ad alte prestazioni, tecnologia avanzata e sicurezza. Per questo motivo, il brand si basa su un posizionamento di prodotto di alta qualità e valore per il consumatore.

La gamma è composta da pneumatici per auto, moto e biciclette, oltre a un crescente portafoglio per applicazioni specifiche e personalizzate. Un esempio di ciò sono le misure Pirelli *Cyber*, frutto delle più recenti attività di Ricerca & Sviluppo e innovazione tecnologica.

L'attenzione dell'azienda verso i consumatori inizia già nella fase di sviluppo degli pneumatici. Per i prodotti *High Value*, questo è il risultato di solide partnership con le più prestigiose case automobilistiche e motociclistiche, che permettono a Pirelli di sviluppare pneumatici fatti su misura, per soddisfare le esigenze specifiche dei consumatori più sofisticati. La tecnologia si nutre anche delle competenze maturate dalla partecipazione alle competizioni sportive. La presenza di Pirelli nel Motorsport permette di generare soluzioni che vengono trasferite alla gamma per il mercato *Consumer*.

Un altro aspetto caratterizzante dell'azienda è l'impegno nella creazione di valore sostenibile. La gestione responsabile dell'azienda e le sue performance economiche, sociali e ambientali hanno portato alla sua inclusione in alcuni dei più prestigiosi indici borsistici di sostenibilità al mondo.

Nel 2019, Pirelli ha continuato a registrare miglioramenti nelle sue performance ambientali, sociali ed economiche. A seguito della revisione annuale degli indici di sostenibilità, è stata riconosciuta come *Sustainability Leader* nel settore *Automobiles & Components* degli indici Dow Jones World e Europe, mentre nel gennaio del 2020, è stata riconfermata tra i Leader Globali nella lotta ai cambiamenti climatici.

2.2 I principali centri di produzione

Pirelli ha una presenza geografica diversificata nel mondo con 19 stabilimenti in 12 paesi, dedicati sia per l'unità di business Car che per il segmento Moto, oltre a una presenza commerciale caratterizzata da più di 15.000 punti vendita in 160 paesi. In particolare, per quanto riguarda la produzione delle coperture destinate all'equipaggiamento delle auto, la suddivisione per mercato degli stabilimenti coinvolti è la seguente:

- Europa: all'interno del mercato europeo si ritrovano il centro produttivo di Breuberg in Germania, Carlisle in UK, Settimo Torinese in Italia e Slatina in Romania;
- Russia: gli stabilimenti sono due, nelle città di Voronezh e Kirov;
- MEA (*Middle East and Africa*): un solo centro ad Izmit in Turchia;
- APAC (*Asia Pacific*): comprende tre centri in Cina, a Yanzhou, Shenzhou e Jiaozuo;
- LATAM (*Latin America*): conta due stabilimenti in Brasile a Campinas e Bahia Radiale, oltre a quello di Merlo in Argentina;

- NAFTA (*Nord America*): presenta il centro di Rome negli Stati Uniti e Silao in Messico.

Le fabbriche produttive di cui Pirelli dispone possono appartenere a due diverse categorie. È possibile, infatti, parlare di centri produttivi tradizionali o MIRS, dove in questo caso il processo di realizzazione del prodotto segue linee più automatizzate. La differenza tra le due soluzioni risiede nella tecnologia produttiva implementata. Uno stabilimento MIRS (*Modular Integrated Robotized*) possiede come obiettivo la massimizzazione della qualità dei prodotti e l'efficienza dei suoi processi. Solitamente, differiscono dai tradizionali per quanto riguarda la flessibilità dei lotti di produzione. La capacità produttiva dei MIRS, pertanto, risulta essere minore, ma al tempo stesso il grande livello di automazione e la tecnologia avanzata permettono di ottenere in uscita un ampio mix di prodotti ad alta tecnologia.

Gli stabilimenti MIRS attivi di Pirelli sono attualmente tre tra quelli sopra citati, ovvero quelli di Breuberg in Germania (che si aggiunge all'impianto tradizionale già presente nel centro), Rome in US e Settimo Torinese (anche in questo caso affiancato al tradizionale), il quale però costituisce un'evoluzione divenendo l'unico centro NEXT MIRS. Questa soluzione costituisce un'ibrido capace di sfruttare i benefici sia del comparto tradizionale che di quello MIRS.

In riferimento ai centri produttivi, è anche possibile classificare le macchine presenti al loro interno, che sono coinvolte nelle fasi di vulcanizzazione o *curing* e confezionamento o *building* e che verranno trattate con maggiore dettaglio nel paragrafo successivo, "*Il processo costruttivo dello pneumatico*".

I macchinari di *building* si classificano in differenti tipologie, le quali possono essere proprie dell'azienda o fornite da enti esterni. Le macchine di *curing*, quindi le presse per l'operazione di vulcanizzazione, invece, si differenziano per dimensione e per modello di stampo che possono accogliere al loro interno. Per le coperture ad alto calettamento, da 21" per esempio, si utilizzeranno macchinari diversi rispetto a quelli adatti a produrre i bassi calettamenti. Tuttavia, gli stabilimenti non sono forniti di tutte le tipologie di macchinario esistenti e alcune misure di gomme producibili e industrializzabili su un plant possono non esserlo su un altro. Per questa ragione, alcune tecnologie di pneumatico, come le misure *Specialties Run Flat* e *Seal Inside*, risultano producibili solo in determinati plant.

2.3 Il processo costruttivo dello pneumatico

Lo pneumatico è un elemento definito come composito, ovvero costituito da un insieme solidale di materiali di differenti proprietà, i quali vengono assemblati con precisione.

La ruota permette agli autoveicoli di muoversi ed è composta da due parti, il cerchione e la gomma, ovvero un anello in gomma sintetica che coopera con le sospensioni nell'assorbire le irregolarità del manto stradale e che al tempo stesso garantisce attrito per frenare, accelerare o mantenere la traiettoria del veicolo, senza ostacolarne il movimento.

Il cerchione è la base della ruota, caratterizzata da una sezione assiale tipicamente a forma di "H", per impedire che la gomma sfugga lateralmente. Nel caso delle biciclette e alcuni ciclomotori, questa

struttura può essere formata da un mozzo¹ cavo da cui partono tanti raggi in acciaio zincato o cromato quanto è alto il carico che deve essere sorretto. Mentre nel caso delle automobili, il cerchione è a disco, dato che si unisce al mozzo della ruota mediante un disco in acciaio. Il disco non è piatto, ma sagomato per garantire che la gomma non sporga eccessivamente rispetto alla carrozzeria. Il disco in questione incorpora il mozzo ed è piatto nel punto di fissaggio. Esso riporta un foro di centratura che accoglie la flangia del mozzo e si fissa ad esso mediante molteplici accoppiamenti foro-vite. La zona interna del cerchione deve essere complanare al mozzo, per evitare possibili giochi a livello assiale e radiale.

Questa caratteristica comporta stabilità e una rotazione poco afflitta da vibrazioni. Il cerchione può essere prodotto in acciaio trattato con zincatura così da renderlo inossidabile, ma anche in lega di alluminio più leggera. Il cerchione in acciaio si realizza per saldatura, quello in lega per fusione, tornitura e rettifica. Nel caso del cerchio in lega, la resistenza meccanica risulta essere inferiore in quanto più facilmente deformabile.

Il secondo componente costitutivo della ruota è l'anello in gomma sintetica molto resistente e sufficientemente morbida, montato sull'apposito alloggiamento del cerchione. Il suo processo produttivo può essere scomposto nelle fasi riportate in seguito:

2.3.1 FASE 1: Produzione della mescola (MIXING)

Con il termine mescola o "*compound*" si intende quella particolare miscela composta per il 90% da gomma naturale e sintetica, da plastificanti e da cariche rinforzanti quali principalmente il nerofumo e la silice, stoccati in silos dedicati. Il restante 10% rappresenta la quota parte di componenti capaci di conferire specifiche proprietà e funzionalità allo pneumatico. Le materie prime che costituiscono l'impasto vengono mescolate chimicamente in percentuali prestabilite, in modo da fornire le caratteristiche meccaniche richieste, quali resistenza agli urti, deformabilità o aderenza. Essi possono essere agenti acceleranti, antiossidanti o vulcanizzanti e verranno inseriti in un secondo momento. Il tipo di mescola viene scelto in base alla funzione della gomma ed è realizzata determinandone i numerosi ingredienti che concorrono a raggiungere le caratteristiche desiderate.

In questa prima fase, gli elementi vengono immessi in una tramoggia e in particolari miscelatori ad alta temperatura e pressione, che amalgamano e fondono tra loro gli ingredienti in modo da raggiungere una consistenza prefissata densa e gommosa. Il macchinario è capace di raggiungere 150 °C circa in pochi minuti ed è essenziale che garantisca il monitoraggio di ogni variabile in ogni momento, dato che anche una minima deviazione dai valori prestabiliti potrebbe causare danni irrimediabili alla mescola. La prima lavorazione della mescola avviene all'interno di un mescolatore chiuso, chiamato *banbury*, che contiene una camera con due rotori al suo interno con il compito di esercitare un'azione di miscelamento, in prossimità del quale un computer gestisce le quantità degli ingredienti in ingresso dal silos. Questo enorme mixer combina carbonio, solfuri, gomma e solventi, dai quali si ricava la miscela. Gli elementi con minor peso si sottopongono, invece, anche ad un'operazione di pre-dosaggio, con l'assistenza di opportuni stemi di controllo.

¹ Il mozzo è la parte centrale di una ruota o di un organo rotante che porta generalmente cuscinetti alloggiati al suo interno, per permettere al componente che verrà montata sopra di esso di ruotare.

Il *banbury* utilizzato attualmente è di tipo “intermix”, che si contrappone alla precedente tipologia “tangenziale”. Rispetto al passato, questa tecnologia di produzione permette di sviluppare una maggiore energia di miscelazione e risulta essere maggiormente performante poiché la lavorazione avviene solo per mezzo dei rotori, diminuendo così le dispersioni di calore attraverso le pareti.

La mescola pronta è destinata alla produzione dei componenti dello pneumatico. La forma adeguata viene assunta con i successivi processi di trafilatura e calandratura.

Successivamente, il *compound* viene destinato a un secondo macchinario comprendente due cilindri di grosse dimensioni, che in questo caso assumerà la funzione di estrusore.

Questo è il processo che conferisce alle mescole la forma e che sarà determinante per la fase di confezionamento del prodotto. Durante questo processo, i materiali vengono pressati grazie all’azione di rulli, si portano alla temperatura di 120 °C circa e vengono estrusi attraverso una feritoia che ne determina la conformazione finale.

In seguito, si effettua un processo di raffreddamento, in cui la foglia di mescola viene immersa in una vasca denominata *batchoff*.

In uscita, si ottiene una tela gommata di forma e spessore voluto, che continua a preservare l’elasticità della gomma e che verrà impiegata per la costruzione delle varie componenti dello pneumatico. Le lastre di polimero vengono ricoperte da altri fogli di poliestere su entrambi i lati. Questa struttura di base è un vero e proprio “tessuto” gommato che supporta tutti i componenti e serve come rinforzo per la copertura.

Successivamente, in lavorazione si aggiungeranno dei fili sintetici longitudinali, che conferiranno maggiore robustezza alla tela gommata ancora calda.

2.3.2 FASE 2: Produzione dei semi-lavorati

Durante la seconda fase si producono i semi-lavorati a partire dalle mescole provenienti dalla fase precedente. Ciascun elemento caratterizzante l’architettura della copertura prende origine da una particolare mescola e possiede una funzione specifica.

Come anticipato, la ruota è costituita genericamente da due parti. La prima è lo pneumatico, progettato per resistere alla pressione interna dell’aria e alle sollecitazioni sviluppate dal contatto con la strada. La seconda è il cerchione, elemento rigido in metallo che collega in modo fisso ma non permanente il mozzo del veicolo allo pneumatico.

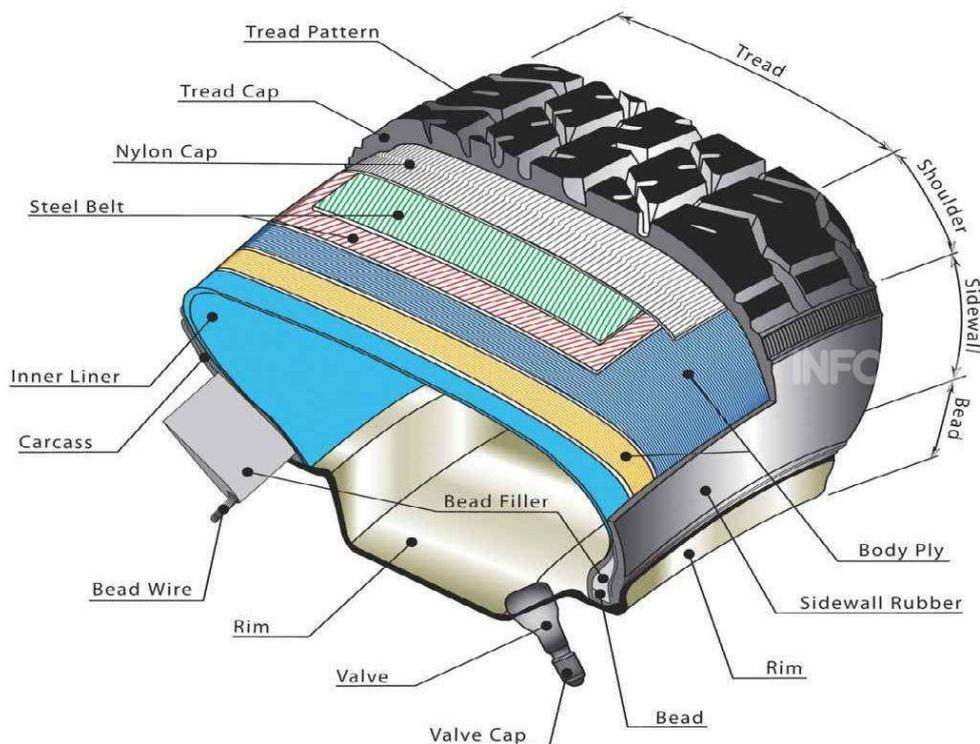


Figura 1: Scomposizione dello pneumatico nelle sue componenti caratterizzanti la struttura esterna

Come rappresentato in *Figura 1*, è possibile suddividere la struttura esterna della copertura in tre aree principali:

- **Battistrada (Tread)**

Lo strato più esterno a diretto contatto con la superficie stradale e che conferisce le caratteristiche di aderenza e scorrevolezza, oltre alle prestazioni di frenata su asciutto e bagnato. Esso è costituito da una mescola in gomma e riporta un profilo stampato (tread pattern) composto da tasselli e incavi, ovvero rispettivamente zone di pieno e di vuoto. Solitamente, la scolpitura ha una profondità che dipende dal tipo di pneumatico e di norma si aggira intorno a 1 cm. L'aderenza corretta non viene più garantita quando lo spessore del battistrada, che coincide con la profondità della scolpitura, si riduce a meno di 2 mm (lo spessore minimo per legge è di 1,6 mm).

La mescola e il disegno devono garantire buona resistenza all'abrasione, manovrabilità, limitazione della resistenza al rotolamento, silenziosità di marcia e un corretto comportamento durante il cambio di direzione. Esso ha il compito di scaricare sul terreno le sollecitazioni che agiscono sullo pneumatico stesso.

Esistono tre tipologie di profilo di battistrada. Questo viene definito come simmetrico, nel caso in cui si adotti il medesimo disegno per tutta la fascia battistrada, per cui lo pneumatico può essere montato sul cerchio in qualsiasi posizione. In altri casi, risulta asimmetrico, se la fascia laterale esterna presenta un disegno diverso rispetto a quella interna e si apportano diverse funzionalità. La parte esterna ha tasselli più grandi e robusti per resistere alle sollecitazioni in curva, mentre la parte interna presenta incavi più pronunciati, per evacuare

più rapidamente l'acqua. Infine, esso può essere descritto come direzionale, ovvero con un senso di rotazione ben definito, solitamente indicato da una freccia sul fianco. Quest'ultimo tipo ha un ottimo comportamento sul bagnato, dato che garantisce un migliore drenaggio dell'acqua e maggiore resistenza all'*aquaplaning*². Esso è realizzato in modo tale da presentare in trazione un attrito maggiore rispetto alla frenata.

- **Spalla (Shoulder)**

La zona estrema del battistrada, riconoscibile tra gli spigoli e l'inizio dei fianchi, a cui viene conferito il compito di salvaguardare l'appoggio in curva e il mantenimento della traiettoria. In genere, la spalla "piena" costituisce un tratto distintivo per la guida sportiva.

- **Fianco (Sidewall)**

Si tratta delle componenti di collegamento tra la spalla e il cerchione, composti da uno strato di gomma flessibile più o meno sottile e in grado di garantire protezione in caso di urto laterale, che in sua assenza danneggerebbe la carcassa. I fianchi sono due e appostati specularmente rispetto all'asse di simmetria del pezzo.

Esistono delle tipologie di gomme con struttura del fianco "autoportante", la quale si differenzia dalle altre perchè capace di consentire il proseguimento della marcia in caso di carichi verticali e trasversali, accompagnati dall'assenza di pressione. Questa tipologia di fianco si associa ad un battistrada direzionale.

La struttura interna dello pneumatico invece si compone di un'altra serie di sotto-componenti, quali:

- **Camera d'aria**

Costituita da due foglie di mescole di differente composizione, in adesione tra loro e a perfetta tenuta. Si potrebbe definire come una sorta di scheletro per lo pneumatico ed è la parte che contiene l'aria in pressione. Nei modelli più moderni, essa è stata sostituita dall'inner liner, un sottile strato di miscela impermeabile speciale che riveste la parte interna e che consente la tenuta dell'aria in pressione. Uno pneumatico di questo tipo viene detto Tubeless e risulta essere migliore del Tube Type per quanto riguarda la sicurezza, l'economia e il confort. Esso consiste in uno pneumatico radiale cinturato formato dal semplice copertone realizzato in modo da non richiedere la camera d'aria. Questo permette di perdere molto più lentamente la pressione in caso di foratura. La copertura può essere montata e smontata più rapidamente dal cerchio ed è maggiormente equilibrata nel complesso. Le tecnologie di base sono differenti, perciò non è consigliabile introdurre la camera d'aria nel complesso Tubeless.

- **Cinture (Steel Belt)**

Sono costituite da tele tessili e metalliche, posizionate sotto al battistrada con lo scopo di equilibrare la struttura dello pneumatico tra la tela e la carcassa, la quale viene stabilizzata nell'area di contatto con l'asfalto. La sua esistenza, inoltre, contribuisce alla corretta distribuzione dei carichi lungo la sezione dello pneumatico e ad indurire la zona maggiormente sollecitata. Il modello cinturato è stato inventato dalla Pirelli, con l'intento

² L'aquaplaning o "slittamento sull'acqua" è un fenomeno di galleggiamento di un veicolo in movimento su uno strato d'acqua esteso su una strada.

appunto di squadrare e stabilizzare la forma del battistrada, la quale un tempo non era piana ma incurvata, non riuscendo ad assicurare una buona aderenza anche a causa delle deformazioni indotte dalla carcassa.

- **Tallone (Bead)**

Questo elemento viene ricavato da fili di acciaio, ricoperti da strisce di gomma tagliate da una lama. Esso coincide con la zona di accoppiamento tra il cerchio metallico e la copertura, in prossimità dei fianchi. La sua base è costituita dal cerchietto, che fornisce rigidità e offre un'ottima resistenza meccanica. La principale caratteristica apportata dal tallone è l'ermeticità dell'attacco tra la copertura e il cerchio, che va a limitare la fuoriuscita di aria.

- **Cerchietti (Bead Wire)**

Con questo termine si intendono gli anelli laterali che servono a fissare la fascia battistrada alla struttura base dello pneumatico. Essi consistono in una serie di filamenti d'acciaio intrecciati e agglomerati con le stesse strisce di gomme ottenute nella fase di Mixing.

I cerchietti vengono sagomati a forma di anello e possono sopportare fino a 1.800 kg di peso, senza incorrere nel rischio di rottura.

- **Carcassa (Carcass)**

Questo sotto-elemento si compone di uno o più strati di tele gommate e svolge un ruolo chiave, consentendo una buona resistenza alla pressione. All'interno della struttura di uno solo pneumatico è possibile ritrovare sino a circa 1.400 fili, capaci di sostenere una forza di 15 kg ciascuno. In aggiunta, trasmette gli sforzi del battistrada al cerchio.

- **Tela (Ply)**

Si trova a ridosso della camera d'aria. La sua composizione prevede principalmente fili di nylon ricoperti da materiale gommoso, caratterizzati da uno spessore variabile in funzione della necessità di avvantaggiare prestazioni di resistenza o scorrevolezza. La tela è il principale elemento interno alla copertura responsabile della trasmissione delle forze.

A questo proposito, nella zona bassa della struttura, esiste inoltre una sorta di imbottitura con il ruolo di trasmettere la coppia motrice e la coppia frenante dal cerchio all'area di contatto con il suolo.

- **Tele della sommità**

Questo particolare tipo di tela è costituita da fili di acciaio estremamente resistenti e incrociati con quelli della carcassa obliquamente, formando così dei triangoli indeformabili. La disposizione viene chiamata triangolazione.

Il ruolo assunto dalle tele che avvolgono la sommità dello pneumatico è complesso. In primo luogo, devono controllare perfettamente il diametro dello pneumatico, garantendo quindi sufficiente rigidità circonferenziale da evitare lo stiramento per effetto della forza centrifuga sviluppata durante il moto. Inoltre, devono presentare notevole rigidità anche in senso trasversale per resistere agli urti eventuali, senza mancare di elasticità verticale alla ora di sormontare gli ostacoli.

Negli ultimi decenni, la soluzione più adottata è stata quella radiale, in cui le fibre sintetiche disposte radialmente ne avvolgono la sezione e la sostengono per intero. Ogni corda parte dal cerchietto, avvolge radialmente il telaio e si collega al cerchietto opposto. Questa struttura impedisce di

trasmettere le deformazioni del fianco dal battistrada, che in questo modo può mantenersi parallelo al terreno.

2.3.3 Fase 3: Confezionamento (BUILDING)

Per arrivare ad avere uno pneumatico finito, si deve eseguire un vero e proprio assemblaggio o confezionamento dei semilavorati prodotti, descritti precedentemente. Questo processo di *building* dello pneumatico viene effettuato mediante macchinari specializzati denominati confezionatrici, le quali operano attraverso una struttura rotante chiamata tamburo. Per prima cosa di ripongono gli anelli del tallone, viene applicato uno strato di gomma, la camera d'aria e le due strisce di gomma laterali vengono ripiegate da rulli per definire il fianco dello pneumatico. Tutti gli strati, sia interni che esterni, vengono ricoperti da gomma e poi avvolti insieme fino a raggiungere lo spessore desiderato. Alla fine, vengono poi fatti aderire le tele e il battistrada.

Lo pneumatico "liscio" così ottenuto viene definito come "crudo", anche noto come *Green Tyre*. Successivamente viene inviato alla fase di vulcanizzazione, mediante cui si realizza una reazione chimica di termo-trattamento condotta in fase solida, che permetterà di sagomare il profilo finale della gomma.

2.3.4 Fase 4: Vulcanizzazione (CURING)

La fase di vulcanizzazione consiste in un trattamento ad alta temperatura e ad alta pressione, in cui gli strati di gomma vengono fusi insieme chimicamente, per ottenere la robustezza, la resistenza e le caratteristiche meccaniche prestabilite. In altre parole, la gomma naturale passa dal suo stato naturale plastico a quello elastico, che le permette di mantenere la forma acquisita.

È un processo in cui il "crudo" ottenuto nella fase antecedente viene cotto in uno stampo, che riporta il profilo in negativo del battistrada e delle iscrizioni dei fianchi. La temperatura si mantiene entro un intervallo tra i 140 °C e 200 °C circa e la durata del trattamento può variare tra i 10 e i 35 minuti, in base alla specifica del prodotto da realizzare.

Originariamente, lo pneumatico nuovo era caratterizzato da una sorta di "baffetti" presenti sulla fascia battistrada. Questo era il risultato del processo tecnologico di produzione. Infatti, le presse presentavano numerosi sfoghi d'aria, dato che il processo si svolge ad alte pressioni e temperature, ma oltre all'aria era la miscela stessa a fuoriuscire attraverso questi canali.

Con la tecnologia dello *spring vent*, diffusa attualmente, le valvole si chiudono al passaggio della miscela e rimangono aperte solo se è l'aria a fuoriuscire. Per questa ragione, uno pneumatico nuovo oggi presenta non più dei residui di miscela in eccesso, ma i segni di queste stesse valvole.

Pirelli delega ad un team specifico tutte le attività riguardanti l'*availability* degli stampi nei plant, dato che si tratta di una vera e propria materia prima necessaria per il processo di realizzazione dello pneumatico e il cui costo fa sì che la gestione degli ordini e dello spending debba essere svolta con massima accuratezza. Lo stampo è costituito da una coppia di guance, composta da guancia superiore e guancia inferiore, che concorrono alla realizzazione delle incisioni sui fianchi della copertura, insieme

alla serie settori per il profilo del battistrada. Le guance vengono prodotte in acciaio, mentre i settori in alluminio fuso.

Il modello viene costruito in resina la prima volta e poi utilizzato per la realizzazione dei calchi degli stampi successi con quel medesimo profilo. I settori (solitamente tra gli otto e gli undici per misura) e le guance dello stampo vengono a loro volta inseriti in una struttura definita come *mechanism* o adattatore, libera di muoversi radialmente, poi a sua volta introdotta all'interno della pressa di vulcanizzazione. La camera o *bladder* è invece una sorta di cuscino che espandendosi pone in contatto pneumatico e stampo. I macchinari lavorano a due camere dipendenti, per questo motivo si compra solitamente un numero di stampi multiplo di due.

Il pianificatore della produzione dello stabilimento ragiona sulla base della resa stampo³, per determinare il numero di stampi da allocare in produzione per quella misura. Per esempio, per calcolare il numero di stampi necessari per soddisfare la domanda basterebbe eseguire il calcolo: volume di produzione previsto/resa stampo/365.

Un altro fattore da considerare per determinare la quantità di stampi da acquistare è la rotazione della gamma, solitamente divisa tra misure alto-vendenti e basso-vendenti.

La producibilità di una misura è garantita se in plant si hanno almeno due stampi completi, ovvero due coppie di guance e due serie settori distinte, ma non è sempre necessario acquistarne di nuovi. Infatti, è possibile che alcuni codici condividano i settori.

In particolare, due misure che hanno dimensioni simili, ma differiscono unicamente per le iscrizioni, possono condividere i settori mantenendo delle coppie di guance dedicate.

In questo caso, esse presentano degli incavi in cui si introducono le targhette desiderate, al fine di rendere modificabili le incisioni riportate sul fianco della copertura.

Per la configurazione delle guance si riconosce un caso particolare riportante il codice QR sul fianco della gomma, attraverso l'implementazione di tecnologie innovative. Questa targhetta si inserisce principalmente per fornire informazioni più precise circa il tracciamento della copertura.

Gli stampi devono essere smaltiti nel momento in cui non possono essere più utilizzati per la produzione di nessuna misura, ovvero quando si annulla la domanda al ricambio o nel caso di prodotti OE (*Original Equipment*) quando la size passa in phase-out, una volta raggiunta una determinata soglia di giacenza o di volumi di vendita previsti.

Pirelli gestisce gli stampi completamente in *outsourcing* e i principali fornitori provengono da Cina, Corea, Romania, Repubblica Ceca e Ungheria. Il tempo di arrivo dello stampo in plant dopo l'acquisto varia da un minimo di due mesi a un massimo di quattro circa.

Quando la richiesta arriva al fornitore, inizia la costruzione dello stampo, la cui durata risulta maggiore per i settori rispetto alla coppia di guance, per via della maggiore complessità di costruzione. Consecutivamente, la fase di spedizione ricopre un tempo variabile sulla base della tipologia di trasporto, della lontananza del fornitore rispetto allo stabilimento di arrivo e dall'urgenza del caso.

Al netto di alcuni casi particolari, il trasporto non viene pianificato per via aerea, a causa dell'eccessivo costo cui si dovrebbe far fronte. Infatti, il peso del prodotto non consente di mantenere un prezzo sostenibile su larga scala.

³ Con il termine resa stampo si indica il numero di pezzi producibili di una specifica misura con uno stampo dedicato.

2.3.5 Fase 5: Finitura (POST-CURING o FINISHING)

Dopo il raffreddamento, lo pneumatico vulcanizzato viene sottoposto a sbavatura, al fine di togliere eventuali imperfezioni che ne potrebbero alterare l'aspetto. A questo punto non resta che effettuare i test di conformità per uniformità e bilanciatura, affinché si possa rendere il prodotto finito commercializzabile. Si procede quindi a un'ispezione visiva sia interna che esterna, mentre per gli pneumatici dell'unità "Truck" si esegue anche un controllo a raggi X in apposite aree schermate, per valutare curvatura e peso.

È importante sottolineare che alcune misure di pneumatici, che verranno analizzate in dettaglio in questo primo Capitolo, prevedono anche una fase di post-processamento dopo la vulcanizzazione.

Un esempio della necessità di lavorazione successiva delle coperture "nere" è dato dalla tecnologia NCS, la quale evidenzia già nella specifica del prodotto l'esigenza di un tipo preciso di spugna all'interno della gomma. In aggiunta, anche le *cyber tyre* prevedono un processo di sensorizzazione grazie a cui si riesce a rendere la copertura "connessa" al veicolo, attraverso l'applicazione di un sensore in una posizione specifica dello pneumatico. È possibile anche ottenere misure sia sensorizzate che spuginate.

2.4 La marcatura tecnica

Ciascuno pneumatico viene indentificato da un codice a 7 cifre (denominato IP7), composto dai primi 5 caratteri specifici per quella misura e tipologia di battistrada (i quali compongono l'IP5), seguiti dagli ultimi due che indicano il canale di vendita della copertura. Questi due caratteri terminali vengono definiti "finalini" e assumono differenti significati. Tra di essi riconosciamo lo "00" o il "10", che indicano rispettivamente che lo pneumatico appartiene alla selezione Ricambio o OE (*Original Equipment*).

La scelta della dimensione dello pneumatico è funzione della dimensione del veicolo, della sua velocità massima e al carico massimo per asse. Sul fianco della gomma vengono impresse a caldo le informazioni necessarie riguardo le caratteristiche dimensionali e strutturali di quella specifica misura, oltre a quelle prestazionali e la data di produzione. Le sigle degli pneumatici adatti alle vetture sono indicate nel libretto di circolazione e vanno rispettate durante il cambio gomme. A seguire si propone un esempio di marcatura tecnica:

205/55 R16 95W

La misura proposta, 205/55-16, è la best seller per eccellenza. Si tratta della misura più alto vendente ed è la commodity più diffusa e sviluppata per tutte le tecnologie. Con riferimento alla *Figura 2*, le cifre che compongono la marcatura racchiudono i seguenti significati dimensionali:



Figura 2: La marcatura tecnica dello pneumatico

- 205: la larghezza nominale della fascia battistrada (o larghezza di sezione), espressa in mm.
- 55: il valore % dell'altezza della spalla rispetto alla larghezza di sezione (o rapporto d'assetto).
- R: l'indicatore di pneumatico a struttura radiale.
- 16: il calettamento, ovvero il diametro del cerchio, espresso in pollici⁴.
- 95: la capacità di carico o indice di carico sostenibile dallo pneumatico.
- W: indice di velocità, ovvero la velocità massima dello pneumatico.

Il *load index* o indice di carico sta a indicare il peso massimo che il singolo pneumatico può sopportare alla massima velocità di marcia. Esiste quindi una tabella di corrispondenza tra questo indice e il peso in Kg effettivamente annesso, come riportato in *Figura 3*.

Anche per la velocità massima ammissibile, espressa tramite una lettera, esiste una tabella di conversione come esplicitato in *Figura 4*. Per legge si devono montare pneumatici con capacità pari o superiore ai valori trascritti sulla carta di circolazione del veicolo.

Indice di carico	Peso in Kg	Indice di carico	Peso in Kg	Indice di carico	Peso in Kg
5	51,5 kg	55	218 kg	120	1400 kg
10	60 kg	60	250 kg	140	2500 kg
15	69 kg	65	290 kg	160	4500 kg
20	80 kg	70	335 kg	180	8000 kg
25	92,5 kg	75	387 kg	200	14000 kg
30	106 kg	80	450 kg	210	19000 kg
35	121 kg	85	515 kg	220	25000 kg
40	140 kg	90	600 kg	250	60000 kg
45	165 kg	95	690 kg	260	80000 kg
50	190 kg	100	800 kg	270	106000 kg

Figura 3: Tabella di corrispondenza tra indice di carico dello pneumatico e peso espresso in kg (fonte propria)

⁴ 1 pollice = 25,4 mm

Indice di velocità	Velocità in Km/h	Indice di velocità	Velocità in Km/h	Indice di velocità	Velocità in Km/h
A1	5	D	65	Q	160
A2	10	E	70	R	170
A3	15	F	80	S	180
A4	20	G	90	T	190
A5	25	J	100	U	200
A6	30	K	110	H	210
A7	35	L	120	V	240
A8	40	M	130	ZR	>240
B	50	N	140	W	270
C	60	P	150	Y	300

Figura 4: Tabella di corrispondenza tra indice di velocità dello pneumatico e velocità massima ammissibile (fonte propria)

In aggiunta alle sigle sopra-citate, è possibile rintracciare sul fianco anche altre diciture informative. A seconda del paese o continente, si devono seguire determinate leggi di omologazione e dato che i produttori di pneumatici operano su scala internazionale, sullo stesso pneumatico possono essere riportare le sigle di più omologazioni. In seguito, alcuni esempi di questi codici:

- **DOT** (Department of Transportation) è un'omologazione americana che rappresenta la data di fabbricazione dello pneumatico. L'iscrizione è formata da 4 cifre, di cui 2 definiscono la settimana e 2 si riferiscono all'anno. Per esempio, se il codice DOT fosse "4709" lo pneumatico sarebbe stato prodotto la settimana 47 dell'anno 2009.
- ECE-ONU/UE e Direttiva 92/23/CEE sono le omologazioni europee.

Si prevede anche l'utilizzo di sigle aggiuntive per individuare delle caratteristiche particolari dello pneumatico, come:

- **Simbolo Snowflake** contrassegnato dall'immagine di una montagna con tre cime e fiocco di neve, per il riconoscimento di gomme omologate per l'uso sulla neve con migliori prestazioni. Il simbolo 3PMSF (*3 Peaks Mountain Snowflake*), indica un ulteriore step omologativo rispetto agli pneumatici M+S. In linea con quanto dichiarato nel regolamento ECE il simbolo 3PMSF si può ottenere anche con la sola prova di trazione. La sigla M+S, anche presente nelle forme M&S o M.S, significa "Mud and Snow" (Fango e Neve) e identifica tipologie di coperture dotate di aderenza su terreni viscosi, ma viene applicata presentando una sorta di autocertificazione, senza dover superare test specifici. A livello generico, tutti gli pneumatici devono soddisfare i valori target di rumorosità, resistenza al rotolamento (anche detta *rolling resistance*) e aderenza sul bagnato. In particolare, se il modello presenta un valore basso di resistenza al rotolamento, il veicolo consuma meno carburante ed emette una minore quantità di gas di scarico, e questo è permesso riducendo le forze agenti sullo pneumatico durante la marcia. Al tempo stesso però, più è basso questo valore di resistenza e più cattiva sarà l'aderenza sul bagnato e su terreni ghiacciati. Per quanto concerne l'aderenza sul bagnato, il valore di etichetta si estende dalla A alla G e indica la capacità di frenata sul bagnato. La lettera A è indicatrice del minore spazio di frenata e la differenza rispetto a quello

maggiore è di 18 metri. Infine, si ha l'indice di rumorosità emesso dagli pneumatici che viene misurato in decibel.

Nel caso delle gomme marchiate M+S i limiti per le prove in questione sono differenti, ossia maggiori per rumorosità e resistenza al rotolamento e minori per l'aderenza sul bagnato, quindi si tratta semplicemente di garantire dei requisiti più stringenti rispetto a quelle estive. Per questo motivo, si potrebbe applicare un battistrada M+S su una miscela estiva con un comportamento, per assurdo, non prestante alle basse temperature.

Se la misura riporta quindi la sigla "SF" vuol dire che lo pneumatico è della tipologia Snowflake e che si sta parlando di copertura All Season, tipologia di gomme adatta per tutte le stagioni. Infatti, nel periodo invernale garantisce buone prestazioni e sono omologate anche per l'utilizzo sulla neve.

- **TUBELESS** dichiara l'assenza della camera d'aria.
- **MST** (*Multi Service Tyre*) indica che sono idonei per impiego misto, strada e fuoristrada.
- **NHS** (*Not for Highway Service*) indica pneumatici di uso esclusivo per competizioni.
- **TWI** (*Tyre Wear Index*) è il triangolo indicatore di usura, che serve ad avvisare visivamente quando la profondità di scultura residua del battistrada raggiunge il limite minimo per legge di 1,6 mm.
- **LT** (*Light Truck*) solitamente precede la misura, ad esempio LT 205/55 R16, e dice che la copertura in esame presenta un indice di carico maggiore ed è adatta ai veicoli per il trasporto di cose.
- **P** (*Passenger*) segnala che lo pneumatico è indicato per l'uso su vettura adibita al trasporto di persone e non di cose. L'indice di carico sarà inferiore rispetto ad uno pneumatico di uguale modello, marca e misura contrassegnato però da LT.

Solitamente, la capacità di carico di una copertura con sigla P risulta essere più che sufficiente per l'impiego su una comune autovettura. Basti pensare che moltiplicando per 4, il numero di ruote per veicolo, il carico massimo ammesso per ciascun pneumatico si ottiene un peso circa pari al doppio della vettura stessa.

La copertura riportante la sigla LT presenta un battistrada più spesso e robusto, ma minori prestazioni velocistiche rispetto a quella targata con P, a parità di marca, modello e misura.

2.5 La suddivisione per stagione

Il catalogo di Pirelli include una vasta gamma di pneumatici, ognuno capace di garantire prestazioni ottimali sulla base delle differenti condizioni climatiche e di vari tipi di veicoli su cui possono montarsi, come macchine, van e SUV. Per quanto riguarda i modelli di auto più prestazionali o sportive, la gamma proposta varia tra i due assi del veicolo. Gli pneumatici montati anteriormente sono direzionali, vengono indicati con il termine *front* e si differenziano per la fascia battistrada più stretta, mentre le gomme montate posteriormente anche dette *rear* presentano una maggiore larghezza del battistrada, per garantire l'aderenza sul terreno.

Un primo metodo utile per classificare i prodotti secondo le loro diverse caratteristiche è procedere per stagionalità. Pirelli suddivide le coperture in tre macro-gruppi: si riconoscono le mescole ideali per l'applicazione estiva, altre raccomandate per il periodo invernale e infine modelli adatti per essere montati tutto l'anno.

Le cosiddette *summer tyres* sono progettate specificatamente per fronteggiare le alte temperature, mantenendo affidabilità e ottime prestazioni. Le mescole assicurano così una bassa resistenza al rotolamento e una buona tenuta di strada. Le gomme *summer* sono disponibili in differenti modelli, così da poter essere montate su diversi tipi di veicolo, dalle city car alle auto sportive.

D'altro canto, le *winter tyres* sono capaci di adattarsi rapidamente alle basse temperature e assicurare controllo, stabilità e sicurezza durante i mesi più freddi dell'anno. Le mescole sono progettate per offrire un grip ottimale con alti livelli di trazione sull'asciutto e sul bagnato, riducendo il rischio di aquaplaning.

Per concludere, si trovano le *all season tyres* che combinano le specifiche tipiche delle *summer* e delle *winter*, dando vita ad un'unica soluzione pratica e funzionale per tutto l'anno. La tecnologia innovativa di Pirelli ha condotto allo sviluppo del Cinturato *all season tyre*, che si staglia come alternativa migliore rispetto alle *winter tyres* per le macchine di piccole e medie dimensioni.

I volumi di vendita relativi a queste tre categorie individuate sulla base della stagionalità variano da regione a regione. Per esempio, se si considerano gli Stati Uniti, l'80% delle vendite di pneumatici è costituito da misure *all season*, poichè il paesaggio è per lo più pianeggiante. In Canada, invece, il mercato si indirizza principalmente verso coperture *winter*, mentre in Europa si registrano vendite più basse delle misure per tutte le stagioni, privilegiando l'alternanza di *summer* e *winter*.

2.6 La suddivisione per famiglia

Dopo anni dedicati alla ricerca e innovazione, Pirelli propone una vasta selezione di gomme sviluppate per vari modelli di auto e divise in cinque famiglie di prodotto, ognuna caratterizzata da particolari tecnici per soddisfare precise necessità.

La famiglia di coperture **P ZERO**, per esempio, sfrutta l'esperienza acquisita dalle collaborazioni con le più grandi case produttrici di auto per introdurre le migliori performance in ogni momento. All'interno di questo gruppo sono inclusi prodotti specifici e adatti alle diverse stagioni. La PZ4 è una dimostrazione della tecnologia di *Ultra e High Performance* applicata per auto e SUV e appartiene alla categoria *summer*. Il disegno asimmetrico del battistrada migliora le prestazioni di frenata e aumenta la maneggevolezza e aderenza, mentre l'integrità strutturale migliora la risposta dello sterzo, essenziale nella guida sportiva, e assicura anche un'usura uniforme del battistrada. Le speciali scanalature a forma di "s" invece garantiscono livelli di rumore più bassi nell'abitacolo, migliorando il comfort del conducente. Ma lo pneumatico più sportivo della gamma per auto stradali rimane il P ZERO™ CORSA SYSTEM, sviluppato insieme ai produttori di supercar per l'uso sia su strada che su pista. Il beneficio deriva dalla combinazione di un battistrada direzionale, per gli pneumatici dell'asse anteriore, e di quello asimmetrico, per l'asse posteriore o con applicazione all-around, conferendo massima stabilità in curva e ad alta velocità sommata ai livelli elevati di trazione e frenata. Il disegno

direzionali prevede delle scanalature longitudinali che espellono l'acqua dalla zona di contatto, a vantaggio della precisione di guida. Il disegno asimmetrico per il posteriore migliora la maneggevolezza, grazie a un'ampia zona di contatto. Per la categoria *winter* esiste il modello P ZERO WINTER con una fascia battistrada caratterizzata da due blocchi centrali più rigidi, progettati per garantire un'elevata risposta dello sterzo, mentre le scanalature longitudinali facilitano l'espulsione dell'acqua. Mentre la spalla esterna presenta una sequenza di blocchi con bassa densità di lamelle e alta rigidità per controllare le forze laterali durante la curva.

La famiglia **Cinturato** è composta da cinque prodotti, Cinturato P7, Cinturato P7 Blue, Cinturato P1 Verde, Cinturato All Season, Cinturato All Season Plus e Cinturato Winter. I primi pneumatici Pirelli "*Green Performance*", il Cinturato P7 e la sua evoluzione, il Cinturato P7 (P7C2), sono stati progettati e prodotti utilizzando mescole avanzate e presentano un battistrada che offre il mix perfetto di bassa resistenza al rotolamento, comfort di guida e prestazioni di frenata.

I pneumatici **Scorpion** sono la soluzione perfetta per i SUV sportivi eccellenti, sia sull'asciutto che sul bagnato. Anche in questo caso, si riconoscono differenti tipologie all'interno della famiglia, quali le misure Scorpion Verde All Season, Scorpion Winter e Scorpion Zero Asimmetrico, quest'ultimo adatto alla guida in condizioni fuori strada.

I pneumatici estivi Pirelli **Carrier** garantiscono un'elevata resa chilometrica con un'eccellente resistenza al rotolamento e offrono un alto livello di sicurezza su strade bagnate. Questo gruppo prevede anche i modelli adatti ad ulteriori condizioni stagionali, come il Carrier All Season e Carrier Winter.

La famiglia di pneumatici Pirelli **Sottozero** comprende due diversi modelli, Winter Sottozero Serie II e Winter Sottozero 3. I primi hanno ricevuto un numero record di omologazioni e sono la soluzione perfetta per auto sportive e veicoli di fascia alta. Sono caratterizzati da un battistrada asimmetrico per espellere efficacemente l'acqua e migliorano il comfort e il piacere di guida anche nei lunghi viaggi. Inoltre, assicurano alti livelli di aderenza sulla neve.

Infine esistono le mescole appartenenti alla **ICE family**, ideate per l'inverno e le condizioni di freddo estremo e risultano essere particolarmente performanti quando è presente del ghiaccio sulla strada, grazie ai perni a doppio artiglio e una densità di lamelle maggiore del 20% sulla fascia battistrada.

2.7 Le funzionalità dello pneumatico

Prima di passare in rassegna con le tecnologie di pneumatico proposte dall'azienda, è bene dettagliare quali siano le differenti funzioni da assicurare al fine di offrire sul mercato un prodotto sicuro e prestante.

Sostenere il carico

In primo luogo, uno pneumatico deve non solo essere capace di sostenere il peso statico del veicolo, ma deve anche garantire una buona resistenza ai trasferimenti di carico durante la marcia, sia in condizioni di accelerazione che di frenata. Solitamente esso è portato a sostenere un carico circa pari a 50 volte il proprio.

Mantenere la traiettoria

Questo significa principalmente sopportare gli sforzi trasversali senza deviare la direzione di marcia, a prescindere dalle condizioni climatiche. La stabilità della traiettoria dipende dalla differenza di pressione di gonfiaggio tra l'assale anteriore e quello posteriore, la quale permette di condurre il veicolo con precisione e di garantire una buona tenuta di strada.

Ammortizzare

Per conferire il giusto comfort di guida, è importante che lo pneumatico sappia ammortizzare le irregolarità del terreno. La funzione è assicurata dall'alta elasticità del materiale gommoso che lo compone, dalla flessibilità in termini di direzione verticale, che assorbe le deformazioni indotte dalle asperità del terreno e dipende anche dalla pressione dell'aria interna. Quest'ultima assume un ruolo fondamentale, dato che possiede un impatto diretto sulla dimensione e la forma dell'area di contatto con il suolo e quindi sulla ripartizione degli sforzi all'interno della struttura dello pneumatico.

Un corretto livello di pressione ha influenza anche sulla durata delle prestazioni. L'usura, infatti, dipende condizioni di guida del veicolo, pertanto dal carico, velocità, stato del manto stradale, stile di guida, ma soprattutto dal tipo di contatto che si crea tra pneumatico e terreno.

Trasmissione degli sforzi e Aderenza

Tutte le forze, siano esse di trazione grazie alla potenza erogata dal motore, di frenata o centripete, si originano dal contatto tra pneumatico e strada. Questo contatto si sviluppa all'interno di un'area definibile di contatto, la cui sollecitazione è di difficile determinazione e dipende dal carattere deformabile dello pneumatico. Lo studio riconduce alla definizione di forze longitudinali, con direzione lungo l'asse longitudinale della ruota, e forze trasversali, lungo l'asse trasversale della ruota. La velocità viene valutata in corrispondenza del cosiddetto "punto di contatto", riconosciuto come centro dell'area di contatto e solidale con la ruota. La cosiddetta impronta dello pneumatico varia a seconda della struttura della carcassa, della miscela usata, del disegno del battistrada e dalla pressione della gomma e tipicamente deve coincidere con il battistrada.

In ogni caso, uno scambio di forze puramente laterale o longitudinale è un concetto teorico, poichè nella realtà dei fatti esiste sempre un'interazione tra le due forze, arrivando così a parlare di "attrito combinato". In questo caso, le due componenti della forza di contatto si sommano, generando uno stato di sollecitazione in cui l'aderenza in una direzione diminuisce l'aderenza disponibile nell'altra. Attraverso il Cerchio di Kamm rappresentato in *Figura 5*, si raffigurano le massime forze scambiabili dallo pneumatico in una qualsiasi direzione sul piano tangenziale, in determinate condizioni operative.

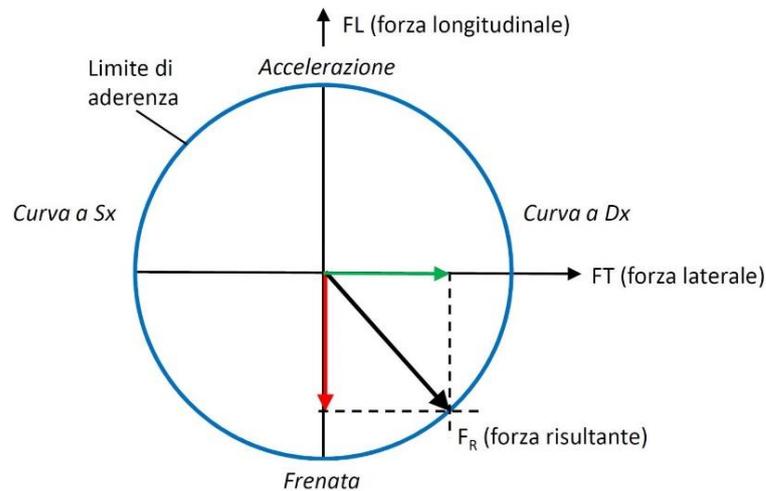


Figura 5: Rappresentazione grafica del Cerchio di Kamm

Questo “ellisse di trazione o di aderenza” assume la forma di un cerchio in quanto i limiti di forza longitudinali e trasversali sono paragonabili. Se aumenta il carico verticale sullo pneumatico, si aumenta il raggio del cerchio di attrito, cioè aumenta l’aderenza disponibile in entrambe le direzioni e di conseguenza la tenuta stradale. Da ciò si comprendono i fenomeni che regolano la dinamica dell’auto. Infatti, se si sfrutta tutta la forza trasversale impegnando il veicolo in curva, non si potrà accelerare o frenare lungo la direzione di forza longitudinale, perchè l’attrito disponibile è saturato. La massima frenata o accelerazione si ha con ruote in posizione diritta o neutra secondo il proprio piano. La capacità di guida sta nel saper interpretare il cerchio di aderenza e saper dosare sterzo, acceleratore e freno.

Un caso di perdita di aderenza lo si riscontra in particolare durante la marcia su terreno bagnato, e quindi quando a determinate velocità la pressione dello pneumatico non è sufficiente per evitare il fenomeno dell’*aquaplaning*. In queste condizioni di guida, la perdita di attrito non dipende da una riduzione dell’adesione tra pneumatico e asfalto. Infatti, l’acqua non può essere paragonata ad un lubrificante viscoso, come l’olio per esempio. La rugosità del manto stradale genera attrito, poichè la gomma con proprietà visco-elastiche subisce delle deformazioni penetrando tra le irregolarità del suolo. Al contrario, in caso di pioggia, la rugosità è come se si annullasse. La presenza di acqua provoca una sorta di allisciamento, si raccoglie tra le scabrosità del terreno e lo pneumatico non riesce a penetrare. La gomma fa da sigillo e l’acqua non riesce ad evadere. Il risultato è una perdita di attrito di circa il 20% rispetto alle condizioni di suolo asciutto.

La situazione si complica anche quando la temperatura si abbassa. Durante i mesi più freddi, le mescole battistrada si induriscono e si esigono pertanto degli accorgimenti specifici per scongiurare la perdita di aderenza.

Le tipologie di pneumatico sviluppate appositamente per la stagionale invernale offrono il massimo vantaggio sui percorsi innevati, i quali permettono di sfruttare al meglio i profondi incavi e le fitte lamellature presenti lungo la fascia battistrada.

2.8 La ricerca delle Materie Prime

Come anticipato nel paragrafo “Il processo costruttivo dello pneumatico”, la scelta degli ingredienti per la produzione degli pneumatici è il segreto di ogni produttore. Ogni mescola è solitamente composta da:

- caucciù naturale;
- caucciù sintetici (gomma butadiene, gomma butadiene-stirene, butile);
- riempitivi (nerofumo, silice);
- oli;
- resine;
- zolfo;
- acceleranti di vulcanizzazione;
- antiossidanti (prodotti anti-invecchiamento);
- altri, a seconda delle caratteristiche della miscela.

L'industria degli pneumatici assorbe circa il 70% della produzione di *carbon black*. La sua funzione non è estetica ma bensì funzionale. Le particelle di nerofumo, infatti, conferiscono un'elevata resistenza all'abrasione, riducono l'invecchiamento della mescola e migliorano la conduzione del calore del battistrada distribuendola sull'intera cintura dello pneumatico. Tutti fattori che concorrono a incrementare le prestazioni, come la tenuta di strada e la durata. Principalmente, le attività di R&S condotte dall'azienda produttrice di pneumatici si concentrano su:

- sui biomateriali (come la silice da fonte rinnovabile);
- su silici ad alta dispersione per tenuta sul bagnato e resistenza al rotolamento;
- su neri di carbonio ad alte prestazioni e di derivazione da competizioni per tenuta estrema;
- su nanofiller per mescole più stabili, strutture più leggere e liner ad alta impermeabilità.

Nell'ambito della ricerca e dello sviluppo di materiali innovativi, già a partire dal 2013, Pirelli ha dato il via a delle *Joint* con i primari fornitori sullo studio di nuovi polimeri. L'obiettivo di ciò risiede nel voler realizzare pneumatici sostenibili, con minor impatto ambientale, maggiore sicurezza ed efficienza di produzione. Il campo di azione spazia dalla devulcanizzazione dei materiali derivanti dalle mescole degli pneumatici usati, sino ai biopolimeri. Pirelli lavora per sviluppare una gomma naturale proveniente da fonti differenti dall'albero della gomma, al fine di ottenere maggiore flessibilità sulle materie prime e diminuire la pressione sulla biodiversità, diversificando le fonti di approvvigionamento.

Un materiale su cui Pirelli si è concentrato fu la silice da lolla di riso, capace di ridurre la resistenza al rotolamento, aumentando l'efficienza del veicolo senza diminuire la tenuta di strada anche sul bagnato. Questa materia prima sostituisce il processo di lavorazione tradizionale. La lolla di riso è l'involucro esterno del grano di riso, la sua buccia, che costituisce il 20% del peso del riso grezzo nonchè

lo scarto principale. Questa non viene ancora valorizzata oggi per tutto il suo potenziale, anche se disponibile in enormi quantità e con discreto potere calorifico⁵, dell'ordine di 14 MJ/kg.

Un'altra sua proprietà sfruttabile è il suo alto contenuto di silice. Durante il processo tradizionale, la silice viene prodotta mediante la dissoluzione in acqua della silice cristallina (sabbia), attraverso la reazione con soda caustica (NaOH), da cui si ottiene il silicato di sodio. Questa operazione richiede un elevatissimo quantitativo di energia. In seguito, con l'introduzione dell'acido solforico, si arriva alla precipitazione della silice come prodotto principale. Nel caso della produzione da lolla di riso, al contrario, la silice richiede molta meno energia della reazione iniziale. Questa biomassa, infatti, costituisce una materia prima ideale per la produzione di silice precipitata ed è un esempio di quanto l'innovazione dei materiali renda possibile la valorizzazione di sottoprodotti altrimenti inutilizzati e l'ecosostenibilità del processo di produzione.

Nel 2021 Pirelli ha ricevuto la certificazione per il primo pneumatico al mondo prodotto da gomma naturale secondo gli standard della Forest Stewardship Council NGO. La certificazione FSC attesta che la gestione delle piantagioni preservano la biodiversità e portano benefici alla vita delle comunità locali, assicurando allo stesso modo la sostenibilità economica.

Per rilasciare la certificazione, FSC verifica che lungo la catena di trasformazione i materiali certificati siano identificati e separati da quelli non certificati. Il primo pneumatico certificato FSC, realizzato con gomma naturale e rayon proveniente da piantagioni attestate, costituisce una pietra miliare nella produzione sostenibile.

La miscela progettata da Pirelli è la P ZERO omologata per la nuova BMW X5 xDrive45e Plug-in-Hybrid, seconda generazione della BMW X5 a trazione elettrica, che combina un motore a benzina alla tecnologia BMW TwinPower Turbo e la quarta generazione della tecnologia BMW eDrive.

Lo pneumatico è offerto nelle misure 275/35 R 22 per il *front* e 315/30 R 22 per le *rear* e verrà prodotto esclusivamente nello stabilimento MIRS di Rome, negli Stati Uniti. Il nuovo prodotto riduce la resistenza al rotolamento, arrivando al livello "A" delle valutazioni riportate dall'etichetta europea, che migliora il consumo di carburante e le emissioni nocive, oltre a diminuire la rumorosità che beneficia ulteriormente l'ambiente.

Questo riconoscimento da FSC non è che l'ultimo gradino raggiunto dall'azienda lungo il percorso intrapreso verso la gestione sostenibile della supply chain della gomma naturale.

2.9 La tecnologia

Come dichiarato nelle parti precedenti, l'azienda conferisce particolare importanza alle misure *Specialty*, appartenenti al segmento *High Value*. Nel corso di questo paragrafo verranno trattate alcune delle soluzioni tecnologiche innovative che Pirelli ha messo in atto, al fine di rendere elevato il livello di servizio e di prestazione nelle differenti situazioni di guida.

⁵ Il potere calorifico è la quantità di calore prodotta dalla combustione completa delle unità di peso o di volume, misurata in *Joule*.



Figura 6: Elenco delle tecnologie "Specialty" offerte sul mercato dall'azienda Pirelli Tyre S.p.A.

2.9.1 Le misure Run Flat

Questa tipologia di pneumatico è studiata per mantenere stabile l'auto durante la marcia anche in caso di foratura, permettendo di proseguire il viaggio in totale sicurezza per circa 80 km a una velocità massima di 80 km/h. A livello strutturale, si riconosce un elemento specifico di rinforzo inserito all'interno dei fianchi, le pareti laterali della ruota.

I benefici apportati sono molteplici. Questa soluzione si afferma come la migliore per quanto riguarda la sicurezza apportata. Tutti gli pneumatici "Self-Supporting Run Flat" assicurano affidabilità e controllo del veicolo, protezione, dato che i passeggeri non restano bloccati in zone isolate da assistenza a causa dello pneumatico sgonfio e tranquillità, poichè non sussiste la necessità di un cambio ruota immediato. Il principio di funzionamento, come anticipato, si basa su specifici componenti di supporto inseriti in prossimità dei fianchi dello pneumatico. Il sistema è quindi in grado di sostenere i carichi laterali che derivano dalla corrispondente perdita di pressione.



Figura 7: Rappresentazione grafica della tecnologia Run Flat

2.9.2 Le misure Seal Inside

Il sistema in questione consente anch'esso di proseguire la guida in caso foratura, ma a differenza della tecnologia precedente, questa lavora attraverso un materiale in mastice che sigilla la copertura, senza perdita di pressione dell'aria contenuta al suo interno. Il rivestimento interno si chiude automaticamente, nel momento in cui l'oggetto che ha causato il danno viene rimosso.

Quest'ultimo, infatti, viene avvolto dal mastice che si espande progressivamente tra le pareti del foro e ne sigilla i bordi, impedendo la fuoriuscita di aria.

Questa soluzione tutela l'affidabilità dello pneumatico e la sicurezza del viaggio per circa l'85% delle potenziali cause accidentali della perdita di pressione. Anche in questa condizione non c'è bisogno di effettuare il cambio gomma immediato e in zone remote o insicure.

La tecnologia auto-sigillante può essere applicata su ogni tipo di veicolo a seconda della dimensione dello pneumatico e il suo principio di funzionamento si compone di due fasi:

Fase 1

Il chiodo si introduce all'interno della copertura e il materiale sigillante, posto all'interno dell'area corrispondente alla fascia battistrada, lo avvolge bloccandolo saldamente alla gomma.

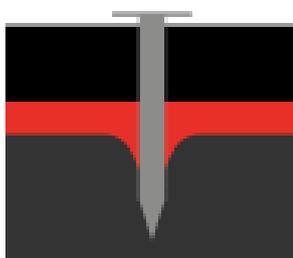


Figura 8: Rappresentazione grafica della tecnologia Seal Inside (Fase 1)

Fase 2

Il chiodo viene asportato e nel mentre il mastice riempie le pareti del foro sigillandolo senza perdita di pressione.

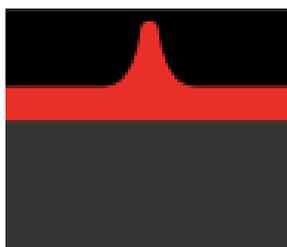


Figura 9: Rappresentazione grafica della tecnologia Seal Inside (Fase 2)

I pneumatici di tipo Self-Sealing in conclusione, non solo agevolano la guida in sicurezza, ma evitano a priori di incorrere nella perdita di pressione.

2.9.3 Le misure ELECT

Questa tecnologia costituisce la proposta che Pirelli offre sul mercato per equipaggiare i veicoli elettrici. Al giorno d'oggi in campo automotive l'elettrico è sotto i riflettori, come potenziale soluzione

per decarbonizzare la mobilità, sebbene presentando molteplici punti interrogativi sugli effettivi benefici di sostenibilità.

Questa tipologia di pneumatico si adatta alla concezione del veicolo BEV⁶, poichè risponde efficacemente alle sue esigenze. Infatti, permette di migliorare l'autonomia della batteria grazie ad una resistenza al rotolamento molto bassa, minimizza il rumore, massimizza l'aderenza per fornire una coppia elevata, oltre ad offrire alta capacità di carico per i veicoli più pesanti.

2.9.4 Le misure PNCS

Alcune misure sono denominate PNCS, acronimo che sta per *Pirelli Noise Cancelling System*, ovvero misure di pneumatico capaci di ridurre il rumore provocato dal rotolamento e strisciamento del disegno battistrada a contatto con il suolo stradale e che viene trasmesso sin dentro all'abitacolo del veicolo. Tutto ciò è possibile grazie all'impiego di una spugna in poliuretano, che assorbe le vibrazioni della struttura originate dalle sollecitazioni cui lo pneumatico è sottoposto durante la marcia. In media, questa soluzione dimezza il rumore, riducendolo fino a 2 o 3 decibel.

I benefici apportati risiedono sicuramente nella guida priva di rimbombi di marcia e delle vibrazioni generate all'interno della struttura, chiamate "cavity noise". Per questo motivo il PNCS trova la sua principale applicazione come equipaggiamento dei veicoli elettrici, per i quali si presta come migliore soluzione dato che essi presentano un motore elettrico con funzionamento totalmente silenzioso.

La spugna concepita da Pirelli assorbe il suono, in particolare ne assorbe le frequenze in direzione dell'abitacolo e propone un comfort superiore paragonato alle tecnologie tradizionali.

Questa è composta da un materiale fonoassorbente che si dispone circonferenzialmente all'interno dello pneumatico ed evita la percezione del rumore di cavità nell'abitacolo, in particolare grazie all'applicazione di una schiuma a celle aperte, al cui interno si distribuiscono le onde sonore.

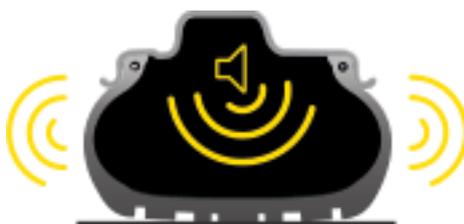


Figura 10: Rappresentazione grafica della tecnologia PNCS

2.9.5 Le misure marcate

Un'ulteriore tipologia di misure è costituita dai cosiddetti pneumatici marcati su misura. Questi modelli nascono dalla condivisione tra Pirelli e le migliori Case automobilistiche delle conoscenze tecniche utili a sviluppare il prodotto che riesca così a raggiungere il "perfect fit" sulla vettura su cui verrà montato.

⁶ *Battery Electric Vehicle* – Veicolo Elettrico a Batteria, è un'abbreviazione che indica un veicolo elettrico privo di motore a combustione interna, in cui la propulsione è data da un motore elettrico che utilizza l'energia accumulata nella batteria di trazione.

Gli elementi da combinare in modo sapiente e che gli ingegneri di R&D definiscono fin dai primi momenti della fase di progettazione sono la tecnologia, i processi e i materiali. L'esigenza di creare uno pneumatico che possa ottimizzare, nel modo più efficace, le specifiche caratteristiche dei veicoli delle differenti case auto nasce dalla richiesta di flessibilità e di adattamento ai nuovi modelli che le case sviluppano per averare le aspettative del cliente e ottenere le migliori performance in ogni condizione. Le auto, infatti, differiscono per peso e assetto.

Come discusso nel paragrafo precedente riguardante "Le funzionalità dello pneumatico", le forze longitudinali e trasversali si trasmettono attraverso l'area di contatto della fascia battistrada con il manto stradale, la cui impronta dipende dalla distribuzione del peso della vettura. Per questo motivo, se la configurazione del veicolo prevede il motore in posizione frontale, centrale o posteriore, la dinamica del veicolo ne sarà influenzata e diviene fondamentale ottimizzare in modo specifico la fascia battistrada dello pneumatico.

Inoltre, i sistemi elettronici di controllo come ABS ("Antilock Braking System"), ESP ("Electronic Stability Program") e TPMS ("Tyre Pressure Monitoring System") effettuano i calcoli sulla base delle caratteristiche precise dello pneumatico di OE ("Original Equipment" o primo equipaggiamento).

Se le Case decidono di montare nella *Tyre Line* della loro catena di assemblaggio delle misure marcate, è appunto perchè così facendo si è sicuri di rispettare i requisiti prestabiliti e scongiurare il rischio di mal funzionamento dell'elettronica di bordo. In ultima battuta, l'impiego di un modello marcato non può che ottimizzare il funzionamento dei sistemi presenti nelle vetture di ultima generazione come ad esempio la trazione integrale, i sistemi ibridi e i sistemi di ausilio alla guida.

I vantaggi potenziali del montaggio di pneumatici marcati sono chiari, ma per arrivare ad ottenere in uscita un prodotto di tali prestazioni è importante strutturare in modo organizzato tutto il processo che sta a monte dell'ottenimento dell'omologazione.

Il processo di omologazione si suddivide in tre fasi principali.

Fase 1: Valutazione delle richieste del cliente

Durante questo passo iniziale, i commerciali raccolgono le richieste dei clienti, che potranno essere approvate o respinte.

Se la decisione risulta positiva, la proposta approvata passerà al cliente, che si impegnerà a valutare le offerte dei produttori. Se anche da parte del cliente il progetto riceve un giudizio positivo circa la sua fattibilità, l'azienda riceve la nomina ufficiale per lo sviluppo del prodotto. Dalla sinergia così creata prenderanno forma delle coperture capaci di offrire il meglio in termini di prestazioni e che saranno adeguate su misura al veicolo che al termine dell'iter sarà immesso nel mercato.

Fase 2: Sviluppo del prototipo e test di prova

In questa seconda fase si realizzano le misure prototipali su cui vengono sviluppati i test necessari ad assicurarsi un prodotto di qualità, nato dalla combinazione di attività avanzate sul livello tecnico e tecnologico e capacità artigianali. Un esempio di queste sono le prove di maneggevolezza su asciutto e su bagnato, *acquaplaning*, prestazioni invernali, resistenza al rotolamento ("*rolling resistance*"), alta velocità e integrità.

Il dipartimento di R&D inizia a lavorare sullo sviluppo dei prototipi. La durata di questo processo sarà di circa 2 anni. Una volta ordinati gli stampi e realizzato il campione di prototipi, questo viene inviato alla casa automobilistica che procederà con la sua valutazione attraverso dei test *indoor* e *outdoor*. Se le specifiche e le performance sono rispettate, il cliente rilascia il documento di omologazione e si ottiene così il Benestare alla Industrializzazione del Prodotto.

Fase 3: Processo di industrializzazione del prodotto

L'ultima fase porta con sé l'obiettivo di rendere il prodotto producibile su almeno una tipologia di macchinario di uno stabilimento Pirelli. Ciò significa industrializzare il prodotto garantendo elevati gli standard di qualità, focalizzandosi in particolare sulle alte prestazioni tecnologiche dedicate, processi e materiali. Si inizia con la produzione di un lotto ridotto e se tutti i target prestazionali di prodotto vengono rispettati e la produzione non evidenzia particolari criticità, si ottiene il Benestare alla Pre-Produzione, solitamente due mesi dopo il documento di omologazione. Con il rilascio del BPP il prodotto diviene ufficialmente producibile.

Dal punto di vista della qualità invece si continua a testare la performance del processo produttivo, su un lotto più consistente di pezzi per monitorare la percentuale di scarto, simulando la situazione di produzione a regime. Se gli obiettivi anche in questo caso vengono raggiunti, si ottiene il Benestare alla Produzione e si chiuderà ufficialmente il percorso per l'omologazione del prodotto.

2.9.6 Le Cyber Tyre

Dal 2021, Pirelli è la prima azienda al mondo a fornire misure sensorizzate come primo equipaggiamento per la McLaren Artura. La tecnologia Cyber™ Tyre è studiata al 100% in Pirelli, dall'elettronica agli algoritmi per l'estrazione dei *features*. Questo pneumatico, anche noto come "connesso", costituisce uno dei punti chiave della strategia che Pirelli dedica per l'innovazione della linea delle *Premium Tyre* e costituisce il modello concepito dall'azienda per i veicoli autonomi.

Questa, infatti, non è che il risultato dell'integrazione dell'elettronica all'interno della struttura dello pneumatico, con l'obiettivo di offrire al conducente un continuo flusso di informazioni sui principali parametri fisici. In modo dettagliato, le informazioni condivise in tempo reale sulla sicurezza, che i modelli *Cyber* sono in grado di trasmettere, sono la pressione e la temperatura istantanea ad alta precisione, il carico dell'auto per una stima accurata dalla durata della batteria e per il gonfiaggio ottimale degli pneumatici e il rischio di *aquaplaning*.

In questo modo viene garantito un costante monitoraggio da parte di chi sta a bordo, che può inoltre favorire delle notifiche di avviso che consigliano la velocità ideale di marcia per ottimizzare le funzionalità e la performance di guida. Infatti, mantenendo una pressione del 20% inferiore alla pressione nominale si incorre in un maggior consumo di carburante anche per più del 3%, a cui è relazionata ovviamente un maggior impatto ambientale considerando l'aumento di emissioni di CO₂. L'ente nazionale americano per la sicurezza e il traffico autostradale ha dimostrato come per ciascun 20 kPa di sottogonfiaggio si arrivi ad un aumento medio dell'1% del consumo di carburante. Altre conseguenze indotte da tale sotto-pressione sono l'usura del battistrada e il suo consumo irregolare, con conseguente riduzione della vita dello pneumatico stesso.

Tramite un sensore elettronico incorporato nello pneumatico, il sistema permette di mantenere le coperture sotto un continuo controllo in tempo reale, per rilevare eventuali anomalie. L'integrazione della tecnologia cyber nella fase di sviluppo con alcune case *Prestige e Premium* sposta in avanti i limiti prestazionali di tenuta di strada, trasmettendo al veicolo dati e informazioni aggiornate a ogni giro ruota.

3 La Supply Chain

3.1 Il termine Supply Chain

Con supply chain o logistica si intende l'insieme dei processi finalizzati all'immissione nel mercato di un prodotto o servizio, grazie alla pianificazione della catena di approvvigionamento, a partire dal fornitore per poi giungere al cliente finale. Si può parlare di una vera e propria disciplina che sviluppa e struttura il trasporto del bene o servizio commercializzato, al fine di garantirne la consegna nel luogo giusto e al tempo giusto, con i costi concordati e la qualità desiderata.

Essa opera non solo sulla gestione del flusso fisico ma anche del flusso informativo, e quindi dello scambio dei dati necessari per far sì che la distribuzione possa avvenire nel modo più efficiente.

Il termine logistica trova le sue origini storiche in ambito militare e comprendeva tutte quella attività volte al rifornimento dell'esercito e a conservare nella condizione di migliore efficienza il necessario per combattere, sopravvivere e spostarsi. Il concetto mantenne prevalentemente questa connotazione fino al secondo Dopoguerra, momento in cui iniziò ad essere associato al settore industriale, ampliandosi verso la distribuzione delle merci, seppur rimanendo limitato al trasporto e allo stoccaggio del prodotto finito. Con l'avvento degli anni '70 ed il desiderio di fornire un servizio in linea con le esigenze diversificate del cliente, la logistica accoglie un insieme organico di attività sempre più strutturate, affiancando così alla gestione fisica dei materiali e della loro distribuzione quella dell'intero ciclo produttivo e operativo.

L'obiettivo primario della catena di rifornimento di un'azienda è garantire un servizio al cliente tale da consegnare un prodotto di qualità in tempi rapidi e a costi contenuti. È importante saper calibrare il livello di servizio, al fine di difendere la propria competitività e la percezione del cliente. Questo livello si definisce studiando quello fornito dai competitors, la necessità e i fabbisogni della clientela e sulla base dei rischi che ogni realtà aziendale è propensa ad assumersi. Per questa ragione, la cosiddetta "guerra dei prezzi" non risulta mai benefica per nessuna delle parti coinvolte e per la maggioranza dei casi conduce ad un aumento dei costi che non verrà bilanciato dall' atteso aumento della quota di mercato.

I mezzi utili per raggiungere l'obiettivo sono di varia natura. Innanzitutto, resta necessaria l'integrazione dei flussi fisici e di quelli informativi, così che gli attori del sistema riescano a collaborare sinergicamente verso la meta ultima, che deve essere unica e chiaramente dichiarata e la quale ricade sulla figura del cliente e la sua soddisfazione. L'integrazione delle attività operative grazie ai sistemi di gestione aziendale costituisce il principale strumento per garantire un buon livello di servizio. Essa infatti rende possibile la riduzione del tempo di risposta e dei costi, indirizzando l'azione delle componenti del flusso in maniera efficace ed efficiente.

In secondo luogo, è di necessaria importanza salvaguardare la flessibilità dei mezzi produttivi e logistici per riuscire a fronteggiare la variabilità del mercato e la domanda del cliente. Infatti, in una realtà in cui l'offerta supera di gran lunga la domanda, il compratore assume il ruolo di vero re del mercato. Basti pensare alla trasformazione che il mercato ha subito nel corso del secolo scorso. Il cliente inizialmente relegato ad una figura di mero compratore senza scelta né voce in capitolo, non poteva

pretendere alcun controllo sui prodotti disponibili alla vendita. Al giorno d'oggi, invece, con la diffusione della tecnologia e dei social media, il mondo si è reso più intrecciato, un posto in cui il parere del singolo è capace di influenzare la tendenza della massa. Grazie alle recensioni e alla condivisione delle informazioni capaci di orientare le decisioni di acquisto del prossimo, ognuno di noi ha iniziato a guadagnare attenzione da parte delle imprese, le quali si sono dimostrate sempre più accorte nello studio delle tendenze del mercato. Per questa ragione, espressioni come "soddisfare le esigenze", "innovazione costante" o "cambiamento continuo", si sono diffuse sempre più al punto da divenire i cardini del sistema economico-impresariale attuale. Per poter mantenere la competitività all'interno di un mercato ormai saturo, le aziende non hanno scelta: l'adattamento della gamma produttiva alla mutevolezza del fabbisogno e la sua conseguente differenziazione capace di offrire prodotti personalizzati si dimostrano come le uniche vie di uscita.

Con il termine flessibilità, infatti, si intende la capacità di passare nel minor tempo possibile dalla produzione di un prodotto a quella di uno diverso. Questa attitudine del processo non può essere misurata in modo assoluto, dato che varia in funzione della specifica sequenza di produzione; pertanto, è necessaria misurarla su un campione. Per poter far fronte alla variabilità del mercato, risulta necessario per ciascuna azienda possedere due caratteristiche tra loro complementari, quali l'elasticità e la flessibilità del sistema produttivo. Grazie ad un processo elastico, è possibile rispondere alle variazioni quantitative del mercato, invece grazie ad un processo flessibile l'azienda produttrice sarebbe in grado di fronteggiare le variazioni qualitative della domanda, attraverso attrezzature, sistemi di controllo e logistici adeguati.

A seguire, si riconoscono altri mezzi attraverso cui riuscire ad erogare un servizio di livello adeguato. Per esempio, mantenere le scorte minime, ottimizzare e raggruppare le linee e i flussi di trasporto per la distribuzione, assicurarsi che la qualità offerta sia compatibile con la qualità percepita ed attesa dal cliente, attraverso continui controlli atti a risolvere le disconformità nelle prime fasi di sviluppo del prodotto, razionalizzare i costi, minimizzare la varianza e la dispersione dei processi operativi e, infine, pianificare l'intero ciclo di vita del prodotto.

Le prime applicazioni della logistica industriale risalgono agli anni '60 e si focalizzavano principalmente sui processi di distribuzione, quali l'immagazzinamento del prodotto e dei semi-lavorati e anche *l'handling*, il *picking* e il *packaging*. Durante questo decennio il mercato era contraddistinto dall'emergente consumo di massa e da un'alta domanda, che richiedeva la fornitura in tempi brevi.

Come anticipato, gli anni '70 sono caratterizzati dagli interventi di razionalizzazione ottimizzazione del ciclo fisico distributivo. Con l'avvento degli anni '80, l'attenzione si trasferisce anche verso l'efficienza dei processi interni di approvvigionamento e produzione. Il manager logistico, al fine offrire un prodotto di qualità e a costi contenuti, si concentra non solo sulle attività fisiche ma anche sulla pianificazione del flusso dei materiali. La trasformazione tecnologica ed organizzativa, invece, segnano gli anni '90 con l'introduzione della lean production, le *extended enterprise* e le partnership, al fine di ridurre i costi e garantire la qualità aspettata. La competizione tra i sistemi logistici sempre più serrata durante i decenni successivi, condurranno le aziende a virare verso l'integrazione della supply chain interna anche a livello esterno, rispetto a fornitori e clienti. In questo modo la logistica da settoriale passa ad includere diverse accezioni al suo interno.

Secondo una prima prospettiva, la logistica si divide tra interna ed esterna. Il rifornimento delle materie prima, componenti e semi-lavorati ottenuti anche in outsourcing, riguardano i processi esterni all'azienda, mentre quelli interni afferiscono alla produzione, al picking o prelievo, allo stoccaggio del materiale e immagazzinamento.

Basandosi su una prospettiva temporale, si ottiene invece una classificazione tripartita. In questo caso, si può parlare di logistica di approvvigionamento esterna e a valle del processo produttivo, logistica interna e logistica di distribuzione, con riferimento al trasporto della merce indirizzata al cliente finale se il modello fosse di tipo B2C ("business to consumer") o verso un'ulteriore società generica o mercato se fosse invece B2B ("business to business").

3.2 Il sistema logistico

Il sistema logistico è l'insieme delle infrastrutture, delle risorse, delle attrezzature e delle politiche che rendono possibile il flusso di merci e delle informazioni. Come rappresentato in *Figura 11*, il flusso all'interno della catena di rifornimento, a sua volta, assume differenti sfaccettature a seconda della direzione fisica attraverso cui si sviluppa e dell'oggetto trattato. In particolare, esiste un flusso che riguarda il trasporto fisico dei semi-lavorati, prodotti o servizi commercializzato attraverso la catena distributiva dal fornitore al cliente e che si riferisce, quindi, al flusso del valore aggiunto. In senso inverso, si riconosce un flusso che parte dal cliente e trasferisce le informazioni circa i suoi fabbisogni e le necessità fino al fornitore a monte della catena e, in aggiunta, esiste anche il flusso logistico inverso dei materiali non prestazionali.

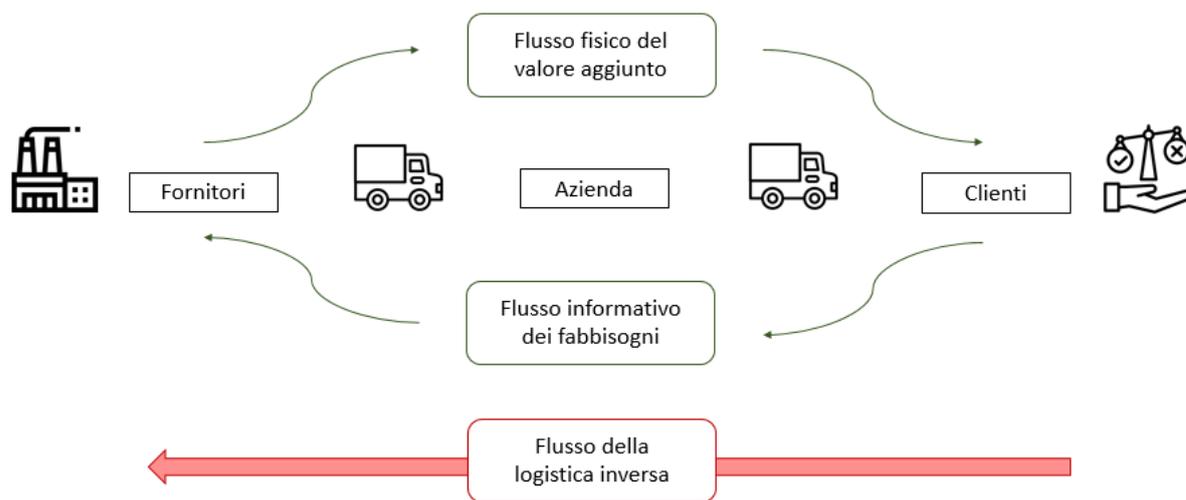


Figura 11: Rappresentazione grafica dei flussi caratterizzanti la catena logistica di un'azienda (fonte propria)

I flussi descritti precedentemente sono gestiti e controllati dall'azienda attraverso il sistema logistico, il quale si appoggia ai sistemi gestionali aziendali per poter monitorare il flusso delle materie prime, delle componenti, dei prodotti finiti e le informazioni annesse. In particolare, a livello di flusso, esiste una differenza tra quelle che vengono denominate materie prime e le componenti utili a realizzare il

prodotto finito. Per quanto riguarda la materia prima, infatti, non si prevede di solito un flusso inverso di restituzione al fornitore in caso di disconformità, come invece avverrebbe nel caso delle componenti. Questo fatto si verifica anche per motivazioni legate alla disponibilità temporale della materia prima, la quale si tende ad utilizzare ugualmente, e per cui si prevedono eventualmente degli sconti sul prezzo d'acquisto, per poter equilibrare gli oneri.

I processi aziendali di cui si compone il sistema logistico risultano, quindi, necessari al fine di raggiungere gli obiettivi strategici descritti e di fornire al tempo stesso un'azione di supporto e coordinazione tra i dipartimenti della produzione, marketing e vendite, nella maniera più efficiente e al minor costo totale.

Se si guarda al prodotto finito, sono due i flussi che lo coinvolgono nel suo percorso di realizzazione dal fornitore al cliente e viceversa: il flusso fisico del valore aggiunto e la logistica inversa.

Il primo si fonda principalmente sulla gestione degli approvvigionamenti, del supporto alla produzione e della distribuzione fisica attraverso i canali della catena di fornitura. In relazione agli approvvigionamenti, il materiale o componente acquisito dal fornitore giunge in azienda al momento giusto, al costo più conveniente, nella quantità e qualità desiderate per la produzione, grazie ad una corretta pianificazione dei fabbisogni, contrattazione con gli enti esterni, la conseguente emissione degli ordini, il trasporto e il controllo qualità in entrata delle merci fino al loro immagazzinaggio.

Una volta ottenute le materie prime, subentra il processo di pianificazione e programmazione della produzione. Il supporto durante questa fase è possibile, dunque, con il continuo monitoraggio dei livelli di scorta a magazzino, la corretta movimentazione delle componenti e la massima flessibilità nelle attività di assemblaggio finale, sia su prospettiva temporale che geografica. Il processo di distribuzione fisica finale, invece, possiede come obiettivo la contribuzione alla generazione dei redditi, garantendo il servizio di livello ottimale al minor costo totale. Per questa ragione, divengono essenziali gli aspetti della definizione dei prezzi con il marketing, gli standard di consegna, la gestione dei resi e il supporto del prodotto durante l'intero ciclo di vita.

La logistica inversa, al contrario, si occupa del processo a ritroso, per cui il prodotto ritorna al luogo di produzione per poter essere, a seconda delle esigenze, smaltito o recuperato.

Il flusso informativo dei fabbisogni, invece, agisce a ritroso e fornisce ai processi a monte della catena di fornitura tutte le informazioni utili, al fine di garantire coerenza e linearità tra ciò che è offerto e ciò che è richiesto. In particolare, sono tre gli aspetti su cui si concentra. In primo luogo, esso trasferisce i dati circa le previsioni e le tendenze del mercato, andando a dettagliare cosa e dove deve essere venduto. L'indagine di mercato risulta perciò la base di partenza fondamentale per poter conoscere le necessità del cliente, sebbene in realtà non mostri un quadro completo, dal momento in cui non considera la presenza dei competitors. Dall'altro lato, invece, questo flusso permette di saturare la linea, gestendo gli ordini a breve e lungo periodo. Uno dei principali obiettivi di una casa costruttrice è quello di livellare la produzione il più possibile, così da ridurre gli sprechi, i sovraccarichi di lavoro e la variabilità. Per questa ragione, a fronte di una domanda tutt'altro che costante, le aziende cercano di gestire al meglio le risorse e gli ordini durante il mese. Ne sono un esempio le case auto, le quali producono un numero di auto fuori ordine per saturare la linea quando la richiesta è minore, e che verranno vendute in seguito come pronte consegne. In aggiunta, le informazioni sui fabbisogni rendono possibile la preparazione del programma generale di produzione, il MPS (*Master Production*

Schedule), e i documenti utili per la pianificazione dei fabbisogni, come l'MRP (*Material Requirement Planning*) e il CRP (*Capacity Requirement Planning*), il quale servirà a valutare la fattibilità del piano di produzione impostato.

3.2.1 *Struttura di una rete logistica*

Dopo l'aver trattato i flussi attraverso cui si compone un sistema logistico, è bene definire la struttura di una rete logistica. All'interno di questa rete, infatti, si dispongono gli impianti sia produttivi che distributivi, i quali vengono designati come nodi, posti in collegamento attraverso una serie di archi, che invece corrispondono alle operazioni di trasporto tra di essi. Sulla base della modalità di dislocazione degli stabilimenti e la configurazione dei canali di distribuzione, prende forma la struttura spaziale della rete logistica. I nodi si suddividono in terminali ed intermedi.

Quelli terminali descrivono l'inizio e la fine della catena di approvvigionamento e raffigurano i fornitori da un lato ed i clienti dall'altro, mentre quelli intermedi coincidono con gli impianti di produzione o logistici, includono quindi tutti i centri distributivi, i depositi periferici, i transit point e altro. Il deposito centrale, anche chiamato centro distributivo se annesso alle grandi attività commerciali o catene di supermercati, consiste nell'hub logistico principale che accoglie i prodotti ottenuti attraverso i vari processi industriali. Inoltre, può assumere anche il ruolo di centro di smistamento del materiale.

Con deposito periferico si intende, invece, un deposito indipendente o legato al produttore e che viene sfruttato con l'obiettivo di razionalizzare la distribuzione in ingresso dai depositi centrali. Solitamente vicino al punto di vendita e per questo motivo il materiale depositato ha lo scopo di soddisfare la domanda del cliente finale per quella specifica regione geografica.

Il cosiddetto transit point, al contrario, non si concretizza come magazzino, ma come punto attraverso cui la merce idealmente fluisce senza essere stoccata. Le merci sostano per poco tempo o in linea teorica non si fermano, fatta eccezione per i casi in cui il mezzo di trasporto viaggia con del ritardo o la quantità da trasportare supera quella trasportabile. Questa soluzione diviene uno strumento con cui poter applicare i principi della lean logistics, evitando gli sprechi di tempo legati all'immagazzinaggio e il prelievo, scaricando, smistando e ricaricando la merce per altre destinazioni. All'interno della rete, i magazzini intermedi assumono due funzioni principalmente: garantire un adeguato livello di servizio ed offerta rispetto a quanto domandato e ridurre i costi logistici di trasporto. La richiesta del cliente, dunque, può essere soddisfatta in tempi rapidi, data la vicinanza delle scorte al punto di consegna.

I collegamenti tra i nodi possono rappresentare interscambi tra stabilimenti, per esempio nel caso di scorte centralizzate, oppure le spedizioni possono anche essere dirette verso il cliente con origine sia dal magazzino centrale, che dallo stabilimento produttivo.

Tuttavia, a questa struttura fisica del sistema logistico, se ne aggiunge anche una definita su una prospettiva temporale, la quale segue la distribuzione dei flussi di materiale e le dovute variazioni di scorta. La sua natura è dinamica nel tempo, poiché i canali di fornitura si dimensionano in funzione della curva di vita del prodotto, rappresentata in *Figura 12*.

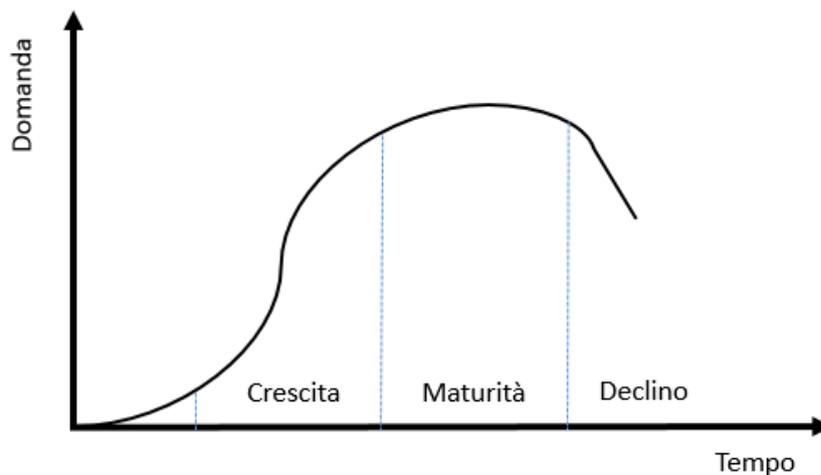


Figura 12: Rappresentazione grafica della curva di vita di un prodotto (fonte propria)

Durante la fase di introduzione nel mercato, la presenza del prodotto e la sua disponibilità sono essenziali per poter acquisire clienti, pubblicizzare l'oggetto commercializzato e massimizzare l'impatto economico nella fase successiva di crescita. Solo con la fase di maturità, però, si riesce ad acquisire una quantità di informazioni tale da consentire una gestione ottimale del magazzino ed il giusto dimensionamento degli impianti.

Un sistema logistico si fonda su alcune componenti essenziali per la buona gestione della catena di fornitura aziendale. Tra queste, un'adeguata struttura ed equipaggiamento degli impianti produttivi, che come anticipato, è importante che si delineino come flessibili ed elastici, accompagnato da un sistema adeguato di gestione e previsione degli ordini e coordinare le attività di immagazzinaggio e imballaggio. Le entità aziendali collaborano tra loro per garantire un servizio di distribuzione all'altezza dei livelli di servizio offerti all'interno del mercato, per questa ragione, i vettori e i magazzini generali assumono una certa importanza per il successo dei sistemi logistici delle aziende. I trasporti solitamente sono gestiti in proprio, se è l'azienda stessa ad occuparsi dell'intera organizzazione del canale distributivo; oppure esistono ulteriori soluzioni, quali i padroncini e i corrieri. Nel primo caso, la gestione del canale rimane interna, ma si acquista il viaggio; nel secondo, si delega esternamente anche la gestione dei magazzini stessi. La soluzione migliore in termini di convenienza dipende dal caso. In molti casi, risulta efficace ed efficiente organizzare in proprio la catena distributiva per il livello di trasporto medio, calcolato rispettivamente alla fluttuazione della domanda, e fare affidamento ai padroncini se si dovesse rendere necessario offrire un livello di servizio superiore. I padroncini offrono minore flessibilità, dato che si occupano di più clienti contemporaneamente per saturare i trasporti. Tuttavia, assicurano una buona affidabilità, al fine di trattenere i clienti.

Da questa introduzione sulla struttura e le caratteristiche di un sistema logistico, si evince che questo occupi i processi cruciali per il raggiungimento degli obiettivi aziendali, la salvaguardia della competitività e la sopravvivenza del business. Infatti, questa funzione possiede un carattere trasversale, interfacciandosi con il marketing, le vendite e la produzione, con cui si condiziona a vicenda al momento di prendere delle decisioni. Il sistema logistico viene strutturato considerando ciascun caso specifico. La sua progettazione dipende, infatti, dal tipo di approvvigionamento, dal tipo

di distribuzione del prodotto finito, dal tipo di prodotto commercializzato e il mix produttivo e da tipo di processo, ovvero la configurazione del layout, attrezzature di fabbricazione, trasporto interno e stoccaggio.

3.3 L'analisi della domanda

La previsione e la gestione della domanda giocano un ruolo essenziale per la competitività dell'azienda e la soddisfazione del cliente finale. L'arco temporale attraverso cui stilare previsioni dipende dal livello di flessibilità del processo produttivo. Quanto più un sistema risulta flessibile, tanto la domanda potrà essere prevista a breve termine, dato che i processi sono in grado di adeguarsi e adattarsi in breve tempo al cambio qualitativo dei piani di produzione. L'attività di previsione dovrebbe sfruttare come input la domanda pregressa e formulare i dati futuri sulla base dello storico. In realtà spesso, a posteriori, si possiede principalmente l'informazione del venduto, il quale però può non coincidere con quanto era stato richiesto effettivamente dal cliente. Questa discrepanza potrebbe sussistere qualora la domanda non fosse evasa nel tempo desiderato e quindi se venisse soddisfatta in ritardo, o ancor più, nel caso in cui rimanesse inevasa e quindi non fosse possibile risalire alla sua entità.

La domanda viene gestita su differenti livelli. Per esempio, la domanda futura può essere influenzata ed indirizzata attraverso ciò che si definisce *demand planning*, costituito da piani di vendita e marketing *ad hoc* per raggiungere un certo risultato. Questo processo si accompagna al *demand forecasting*, che include le attività di previsione della domanda futura e include vari strumenti, quali i modelli statistici. Infine, esiste anche l'attività di *demand management*, che possiede lo scopo di bilanciare la domanda con l'offerta, con l'ausilio dei due processi precedenti, il planning ed il forecasting. Le attività che nascono con l'intento di prevedere e stimare l'occorrenza di un determinato evento futuro ed incerto, sono essenziali per il successo del business industriale.

L'idea attraverso cui si strutturano questi processi è quella di analizzare le informazioni passate e presenti per confurre nella maniera più efficiente ed ottimale le funzioni organizzative verso i target prestazionali. La maggioranza delle aziende non può permettersi di attendere l'arrivo di ordini per procedere con la pianificazione della produzione, per la definizione delle risorse necessarie o l'acquisto di materie prime, per questo motivo è necessario anticipare la domanda futura e armarsi correttamente per poterla soddisfare con la qualità e le tempistiche richieste. Anticipare la domanda significa trasferire le informazioni acquisite con l'analisi in fattori di ingresso. L'informazione della domanda prevista costituisce il punto di partenza per tutti i processi aziendali e quindi viaggia per tutti i dipartimenti, suggerendo l'andamento della domanda lungo la catena di fornitura. Questo trasferimento di dati e conoscenze può creare il cosiddetto "effetto frusta", anche chiamato "*bullwip effect*", il quale evidenzia quanto un piccolo movimento a monte possa determinare a valle una variazione amplificata. I metodi di previsione differiscono a seconda della realtà trattata in oggetto. In *Figura 13*, si presenta il modello teorico generale del processo di previsione della domanda.

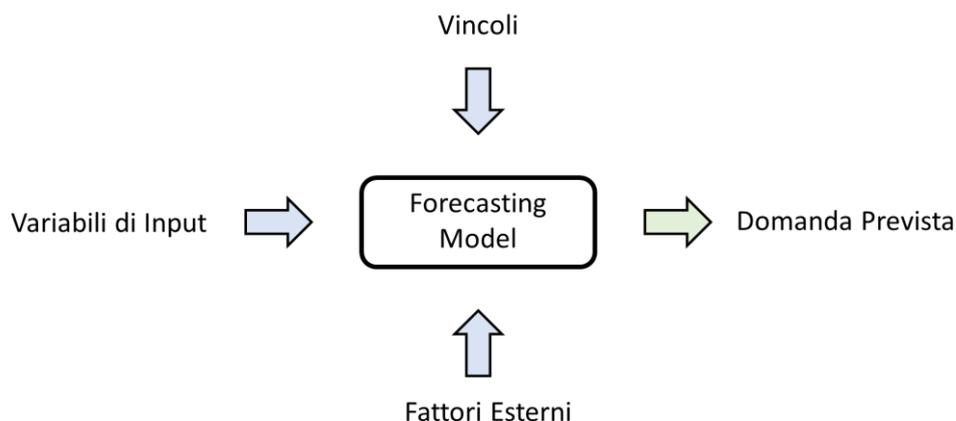


Figura 13: Schema del processo di previsione della domanda (fonte propria)

Le variabili di input che conducono i modelli di previsione consistono principalmente nella ricerca di mercato, l'analisi dei dati storici e il lancio di promozioni commerciali (le quali appartengono alla categoria di attività di *demand planning*). In ingresso si ritrovano anche i cosiddetti fattori esterni, quindi le variabili dovute al contesto economico-sociale del paese, nonché politico e culturale, e in aggiunta tutto ciò che viene definito come vincolo di natura tecnologica o legati al mercato. L'output del modello è ovviamente la domanda prevista rispetto a un certo timing e analizzata secondo una prospettiva, per esempio, di prodotto, cliente o anche regione geografica.

La domanda stessa può essere suddivisa in due macro-categorie sulla base dell'oggetto in questione. Si riconosce, infatti, una domanda relativa alle richieste delle componenti del prodotto finito che fanno parte direttamente del processo produttivo, la quale viene definita come dipendente, dato che questa viene indotta dalla domanda di un altro bene di "livello superiore". Dall'altro lato, si ha la domanda del prodotto finito vero e proprio, che non deriva da nessun'altra richiesta e che per questo motivo si definisce come indipendente.

La previsione della domanda, perciò, analizza l'andamento storico di questa grandezza e fornisce un risultato in uscita che tiene conto delle diverse componenti, alcune più facilmente prevedibili di altre. Il punto di partenza è il valore della domanda media calcolata rispetto allo storico e attorno cui oscilla la domanda effettivamente registrata; a questa poi si considerano i contributi del trend, il fattore stagionale, i fattori ciclici, le variazioni random e quindi quella quota parte di variabilità non prevedibile o indagabile e l'autocorrelazione. Nello specifico, la componente di trend rappresenta la variazione del valore medio nel lungo periodo ed è annessa al ciclo vita del prodotto assumendo un macro andamento della stessa forma, come raffigurata in precedenza in *Figura 12*. Pertanto, da una prospettiva di larga visione, l'andamento della domanda varia in funzione che il prodotto si stia inserendo nel mercato, che abbia raggiunto la maturità commerciale o che sia in fase di decadimento. Solitamente, nel fine vita del prodotto si investe maggiormente nelle attività di marketing affinché si riesca ad aumentare le vendite, o vendendo lo stesso prodotto equipaggiato di diversi accessori, così da attrarre compratori e terminare la scorta se fosse previsto il phase-out. Il fattore stagionale, invece, rappresenta la parte di variabilità causata da fattori esogeni e che riguardano l'intero settore. Quest'ultima risulta essere maggiormente prevedibile e quindi gestibile a livello aziendale.

Simile, ma difficilmente indentificabile, è invece la componente ciclica, la quale dipende da eventi sociali ed economici di grande portata, quali per esempio guerre, elezioni, regressione o espansione economica, di cui si conosce poco l'impatto effettivo. Il fattore random deriva da eventi fortuiti e costituisce la variabilità inspiegata. Infine, l'autocorrelazione che descrive quanto a fronte di una domanda stabile le vendite possano non esserlo, a casua della stretta correlazione che sussiste tra le vendite di un mese e quelle del successivo. Infatti, se per esempio si registrassero meno trasporti a causa di eventuali scioperi e la domanda rimanesse insoddisfatta, questa andrebbe ad accumularsi come ordine inevaso, che andrebbe ad incidere sul valore della richiesta futura.

Il modello previsionale permette di descrivere l'andamento della domanda e controllare il sistema, dato che agisce come collegamento tra il sistema esterno non controllabile e quello interno governabile dal punto di vista organizzativo. In ambito industriale, in particolare, i modelli predittivi vengono sfruttati per ottimizzare la gestione della scorta, grazie ad un controllo efficace ed efficiente della catena di rifornimento e dei piani di produzione soprattutto. Uno degli strumenti fondamentali per raggiungere il successo per un'azienda è poter contare su un processo di pianificazione e programmazione della produzione ben strutturato e definito.

Le tecniche di previsione si dividono tra qualitative e quantitative. Il modello qualitativo è meno complesso e meno attendibile. Esso si basa sulla raccolta di dati empirici, che variano a seconda del modello di business su cui si applica lo studio; perciò, in uscita si ottengono dei risultati soggettivi e sottomessi alla libera interpretazione che l'esperto conferisce ai dati pregressi, spesso priva di una visione completa rispetto a quanto avviene al di fuori. Le tecniche quantitative, al contrario, offrono un'analisi oggettiva fondata su calcoli precisi e misurazioni accurate, che al tempo stesso però comportano un onere maggiore a carico dell'azienda che ne beneficia. La scelta di una tecnica piuttosto che un'altra, dipende in gran parte dal livello di precisione richiesto, dal grado di dettaglio o di aggregazione dei dati e dall'orizzonte temporale analizzato. A queste discriminanti se ne aggiungono altre, decisive allo stesso modo, quali per esempio il budget dedicato all'attività predittiva, la disponibilità di personale qualificato e la complessità del modello che si vuole raggiungere.

3.4 La gestione dei materiali

Come anticipato nel paragrafo precedente, i modelli di previsione della domanda permettono di ottimizzare i processi di pianificazione e programmazione della produzione, fornendo delle informazioni essenziali per la gestione del livello dei materiali a scorta. Queste tecniche di analisi, infatti, rendono efficace ed efficiente la gestione dei materiali nonchè del loro flusso lungo tutta la catena di approvvigionamento, condizionando i costi e i profitti aziendali. D'altro canto, una gestione errata comporterebbe conseguenze disastrose dal punto di vista commerciale, finanziario e produttivo.

I sistemi produttivi contano su dei materiali che si presentano in diverse forme, e che possono intervenire in ingresso al flusso, in fase di lavorazione o in uscita. Si riconoscono principalmente le materie prime, i sotto-assiemi o componenti, i materiali in corso di lavorazione (WIP) e i prodotti finiti.

Il costo di questi materiali oscilla tra il 15% e l'85% del valore commerciale del prodotto finito, questo significa che il costo d'acquisto e di gestione di questi ultimi può incidere pesantemente sul costo totale di realizzazione del prodotto. Per questa ragione, non è buona norma sottovalutare il controllo di questo processo e le responsabilità annesse. Se si va ad analizzare l'impatto che la gestione dei materiali esercita sul costo del prodotto finito, si nota come ciascuna attività a valore aggiunto comporti un incremento economico del processo produttivo, a partire proprio dal costo d'acquisto delle materie prima. A questo si sommano, appunto, i costi di produzione relativi alle attività di fabbricazione, sotto-assemblaggio ed assemblaggio finale del prodotto finito. Tutte le attività a non valore aggiunto, come lo stoccaggio in magazzino, non aumentano il valore del bene. Perciò, è importante gestire il flusso del materiale in modo corretto così da minimizzare le soste e i costi di giacenza.

Al tempo stesso, non si deve dimenticare l'obiettivo ultimo del sistema logistico, ovvero, consegnare al cliente finale il prodotto nelle quantità, qualità, luogo e tempo desiderato. Per poter assicurare un elevato servizio al cliente e garantire la sua soddisfazione diventa necessario ridurre i ritardi di consegna e di produzione. Tuttavia, per questo secondo punto risulta complesso conciliarlo con il voler minimizzare i costi di giacenza. Per questo motivo, è bene trovare un compromesso tra i due obiettivi contrastanti sulla base del tipo di materiale e del valore che possiede. Per esempio, se il materiale possedesse un basso costo, converrebbe assicurare un elevato servizio al cliente senza focalizzarsi sui costi di giacenza.

La gestione dei materiali può seguire due logiche distinte e definite come:

- Look back;
- Look ahead.

Nel primo caso, lo sguardo è rivolto verso il passato, ovvero, si vuole controllare il livello di scorta ripristinando la giacenza originaria. Anche in questo caso si possono riconoscere due strategie di gestione differenti: si può scegliere di emettere l'ordine d'acquisto dei materiali o quando si raggiunge un tempo prefissato oppure quando il livello di scorta eguaglia una soglia predefinita.

Il secondo caso, si basa sul calcolo dei fabbisogni con visione, al contrario, verso il futuro e si produce quindi per poter soddisfare la domanda così calcolata. L'applicazione di una metodologia piuttosto che un'altra dipende in linea di massima dal valore del materiale, dalla frequenza della fornitura e del consumo, che insieme concorrono a stabilire ad ogni istante il livello di giacenza e dipende, inoltre, dalla natura della domanda, sia essa dipendente o indipendente. Se ci si sofferma su quest'ultimo punto, nel caso si dovesse gestire la rifornimento di un tipo di materiale caratterizzato da una domanda dipendente, a livello aziendale si è soliti applicare il criterio look ahead. Infatti, dato che di per sé quel materiale non viene richiesto, non sarebbe utile creare una scorta a priori e quindi si cerca di mantenere un certo livello di magazzino in funzione della domanda prevista del prodotto finito da cui dipende. Se il fabbisogno del materiale in questione, invece, non dipendesse da quello di nessun altro oggetto, allora la logica migliore risulterebbe quella look back. Il materiale direttamente richiesto dal mercato è necessario averlo a disposizione in magazzino, rispetto sempre una certa soglia stabilita e di sicurezza.

L'attività di produzione dipende essa stessa dal tipo di domanda, in base al tipo di business aziendale e al livello di servizio al cliente che l'azienda vuole offrire. Attraverso il Diagramma di Wortmann,

schematizzato in *Figura 14*, è possibile andare a definire la tipologia di servizio e di gestione della produzione che ciascuna realtà produttiva si propone di garantire. Anche all'interno di uno stesso settore è normale che due aziende posseggano obiettivi di produzione differenti. In ambito automotive, per esempio, i processi di fabbricazione sono definiti solitamente come *make to stock*, ovvero, i piani di produzione sono stilati su previsione per poter mantenere un certo livello di scorta a magazzino. Tuttavia, se prendessimo come riferimento un'azienda come la Lamborghini, la produzione al contrario sarebbe scaturita a monte dagli ordini specifici dei clienti, offrendo così al compratore un'alta personalizzazione del prodotto grazie ad un processo *make to order*. Con il Diagramma di Wortmann, si nota come in realtà esistano altre possibili configurazioni di processi di produzione, in funzione di come la domanda viene evasa. Nella realtà dei fatti si tratta comunque di un modello teorico e nessuna azienda può venire definita con una chiara etichetta di questo genere, dato che i processi sono spesso degli ibridi tra le configurazioni rappresentate dai modelli.

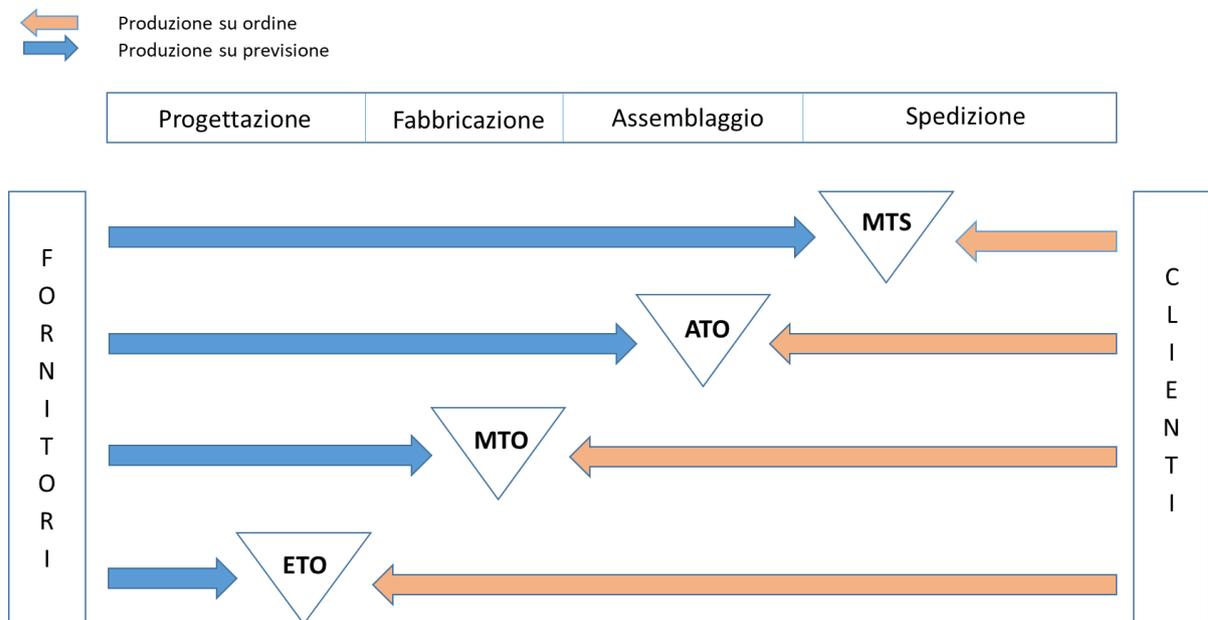


Figura 14: Diagramma di Wortmann (fonte propria)

Attraverso lo stesso Diagramma è possibile effettuare anche l'analisi dei costi, la quale viene svolta nel caso di produzione MTS, ATO e MTO secondo una stessa metodologia, e presenta invece una logica differente nel caso della produzione ETO. In questo caso, infatti, essendo un processo altamente personalizzato in funzione della richiesta del cliente si deve tenere in considerazione anche la voce del costo di progettazione. Tale costo sarà pagato in quota completa nel caso di un progetto unico, ma se si trattasse di un progetto ripetibile verrebbe suddiviso sulla base del numero previsto di pezzi venduti. Come anticipato, l'applicazione dei criteri *look back* e *look ahead* dipende anche in una sua parte dalla frequenza con cui avviene la fornitura o il consumo. I materiali si definiscono o a consumo continuo, se vengono prelevati dal magazzino con un'alta frequenza, oppure a consumo discontinuo, se prelevati al contrario in ingenti quantità ma tra intervalli di tempo più distanziati. Date queste due definizioni risulta chiaro che nel primo caso di materiale a consumo continuo la logica utilizzata per la gestione

dei materiali sia quella *look back*, dato che punta a mantenere sotto controllo il livello di magazzino, garantendo costantemente la disponibilità. Nel caso di consumo discontinuo si predilige, invece, il criterio *look ahead*, che mi assicura la presenza del materiale quando è richiesta.

Analogamente, è possibile estendere il concetto alla fornitura, riscosendo una fornitura continua per la produzione a lotti con elevata frequenza e una fornitura discontinua per la produzione a grandi quantità ad istanti prefissati. Per questa ragione, si ritrovano tre possibili casistiche:

- Fornitura continua – consumo continuo
- Fornitura discontinua – consumo discontinuo
- Fornitura discontinua – consumo continuo

Nelle prime due situazioni il magazzino mantiene un livello medio, e il valore di merce in giacenza non subisce molte oscillazioni. Per quanto riguarda la terza situazione, è il classico caso dei prodotti stagionali che vengono stoccati in ingenti quantità in certi periodi dell' anno, ma poi consumati continuamente in maniera pressoché costante. È importante notare che la casistica caratterizzata da fornitura continua e consumo discontinuo non abbia senso a livello economico. Dato che la giacenza è una voce di costo aziendale, non si genererebbe valore tenendo la merce immagazzinata anche quando questa non dovesse servire. Di conseguenza, la strategia più opportuna ricadrebbe sulla terza soluzione elencata.

Per il successo del business, la gestione delle scorte risulta quindi un aspetto fondamentale, il cui carattere strategico non deve essere sottovalutato.

Con il termine scorta si intende una risorsa qualsiasi che viene impiegata dall'azienda. La scorta di produzione, nel suo caso specifico, rappresenta quell'insieme di articoli che concorrono a dare forma all'output e che verrà commercializzato. I materiali e le risorse prendono parte nel processo di fabbricazione e in base a dove si inseriscono lungo la catena produttiva, vengono definiti come materie prime, componenti, semi-lavorati, forniture o prodotto finito. L'esistenza della scorta è dovuta principalmente alla sfasatura tra domanda e offerta.

Lo scopo della scorta non è unico, ma questa esiste per poter garantire indipendenza tra le fasi produttive di un processo di fabbricazione, armarsi contro le variazioni della domanda del prodotto o del tempo di consegna e sfruttare l'economia di scala per gli ordini di acquisto. Sulla base della loro finalità, le scorte si definiscono in differenti modi. Le cosiddette scorte di ciclo sono quella quota parte di materiale presente in magazzino anche in una condizione di sistema perfetto, e sono causate da naturale disallineamento tra fornitura e consumo: il magazzino di riempie attraverso la produzione di lotti di una certa quantità a bassa frequenza, mentre il consumo è solitamente frequente a piccola quantità. Le scorte di sicurezza (SS), invece, servono a proteggere la capacità di soddisfazione del fabbisogno a fronte dell'incertezza della domanda. I prodotti con domanda stagionale sono solitamente prodotti anche nel periodo a bassa richiesta per poter fronteggiare l'alto fabbisogno del periodo successivo, ed esistono per questa scoordinazione temporale tra domanda e offerta. Infine, le scorte di pipeline prendono forma al fine di garantire il giusto numero di pezzi, disaccoppiando così gli stadi di un sistema produttivo dislocato geograficamente.

La gestione dei materiali a scorta racchiude tutte le politiche e le attività di controllo che puntano a monitorare il livello di giacenza e secondo quali logiche reintegrare il materiale consumato; perciò, attraverso questo processo si stabilisce quando effettuare un'ordine e quale debba essere il suo

dimesionamento. L'obiettivo pratico è quindi determinare e stimare con una certa precisione, sulla base della domanda futura stabilita attraverso i modelli predittivi, quanto ordinare e quando ordinare. Una delle variabili da tenere sotto controllo è il costo di gestione delle scorte, il quale può suddividersi in costo di giacenza, di set-up, di ordinazione, di acquisto e di stock-out. Le politiche di gestione della scorta possono concretizzarsi in tre alternative: seguire un modello di ordine a quantità fisse ma a tempo variabile, oppure a quantità variabili ma a tempo di rifornimento fisso, o ancora a tempo variabile con quantità anch'essa variabile. È bene notare come la soluzione a tempo fisso e a quantità fissa non sia contemplata tra le differenti alternative. Questo perché ovviamente, rifornire il magazzino a tempo fisso con quantità fissa vorrebbe dire non gestire la scorta seguendo le fluttuazioni della domanda del cliente e quindi non offrire un livello di servizio adeguato alla sopravvivenza del business.

Prima di trattare i principali passaggi su cui si fondano le suddette politiche di gestione, è bene comprendere quale sia la discriminante per l'applicazione di un metodo piuttosto che di un'altro. Questa decisione a livello gestionale viene presa fondamentalmente sulla base della tipologia di materiale. Il modello ed i parametri quali tempo e quantità vengono determinati su misura per ciascuna classe di prodotto. I materiali sono classificati secondo l'analisi ABC, la quale grazie al rilevamento di dati storici relativi al costo di giacenza medio, costo di ordinazione, prezzo d'acquisto del materiale, permette di identificare per ciascun prodotto quanto sia importante la sua presenza a scorta e l'impatto economico che questo può avere sulla gestione di magazzino, per poter capire quindi quali siano i materiali su cui esercitare maggiore controllo.

Da questa analisi si ottengono tre tipologie distinte di prodotto, ovvero quelli appartenenti alla classe A, quelli di classe B e quelli di classe C, in funzione del loro valore economico. La politica adottata per ciascuna categoria è atta a trovare il giusto compromesso e bilanciamento tra il livello di servizio che si vuole preservare per il cliente e il costo di giacenza.

Come rappresentato in *Figura 15* con il Diagramma di Pareto, i materiali di classe A costituiscono circa il 15-20% del totale delle voci immagazzinate, ma da soli impegnano il 70-80% del valore investito.

La gestione per questa classe deve essere più severa ed accurata e per non rischiare di alzare eccessivamente il costo di magazzino dovrà essere ordinato solo quando si raggiunge un certo livello di scorta minima prestabilita. La classe C, al contrario, è composta dalla maggioranza degli articoli e che insieme concorrono a ricreare una bassa quota del capitale investito. Per questo motivo, la loro gestione sarà meno severa e dato il loro basso costo di giacenza, la presenza in magazzino non dovrà mai mancare. In questo caso, l'ordine deve essere effettuato ogni volta trascorso un tempo predefinito. Infine, esistono gli articoli di classe B, i quali si stagliano a metà tra le due casistiche enunciate sopra. L'impatto economico in questo caso è moderato e per poter comprendere quale sia la migliore politica di gestione del materiale è bene andare a comprendere quali di questi materiali possano essere inclusi all'interno della classe A e quali nella classe C, sulla base di specifiche considerazioni. Si potrebbe determinare la categoria a partire del valore economico dell'oggetto, ma non è scontato ci siano alcune eccezioni da tenere in conto. Per esempio, anche se il componente fosse costoso, questo dovrebbe essere gestito come un articolo di classe C qualora il fornitore fosse distante o non affidabile. Infatti, nel momento in cui si rischiasse dei ritardi di consegna o di rimanere con una bassa scorta e non sufficiente per soddisfare la domanda, sarebbe bene effettuare gli ordini di acquisto ad intervalli di tempo fissi, anche se questo vorrebbe dire incorrere nell'aumento dei costi di

giacenza. In caso contrario, se gli articoli fossero caratterizzati da un basso valore investito, ma il fornitore fosse geograficamente in prossimità dello stabilimento e affidabile nel servizio, converrebbe mettere in pratica la stessa politica riservata ai materiali di classe A, cioè potremmo permetterci di abbassare il livello di scorta e quindi diminuire i costi di immagazzinamento.

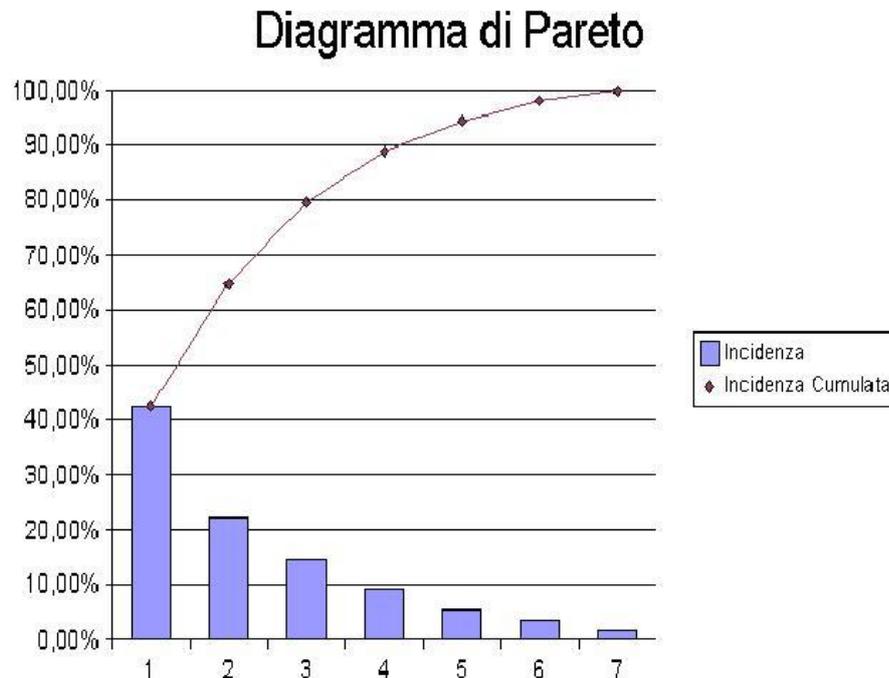


Figura 15: Diagramma di Pareto

Una volta chiarificata la classificazione attraverso cui si distinguono gli articoli stoccati in magazzino, è possibile definire brevemente in cosa consistono le due differenti politiche di gestione per la scorta di tipo A e C, ricollegando il discorso alle diverse tipologie di politiche adottate in base alle quantità in ordine e alla frequenza di rifornimento. Come detto precedentemente, una soluzione può essere quella di gestire la scorta attraverso ordini a quantità variabili effettuati ad intervalli di tempo fissi e si tratta della politica più adatta per i materiali di classe C.

Così si riesce a garantire un livello maggiore di scorta, pur mantenendo bassi gli effetti economici del capitale immobilizzato, essendo un materiale poco costoso. Si basa quindi sul riordine, ogni delta t prestabilito, di un lotto a quantità variabile definito come Livello di Ripristino, LR, che permette di raggiungere un livello di scorta tale da garantire il servizio tra due ordini consecutivi, sulla base del tempo di consegna stimato e del consumo previsto.

Per quanto riguarda, invece, gli articoli di classe A caratterizzati da un valore maggiore, l'alternativa più giusta risulta il modello EOQ (*Economic Order Quantity*). Questa politica permette di effettuare il riordine del materiale ad intervalli variabili di tempo, ovvero ogni volta raggiunta la soglia limite di giacenza definita come PUR, e con una dimensione di lotto costante, che punta a minimizzare il costo totale e coincidente matematicamente con l'espressione del LEA (Lotto Economico d' Acquisto).

In riferimento alla terza politica di gestione alternativa, l'ordine viene gestito a quantità variabili e tempi variabili, ma si parla in questo caso di una metodologia teoricamente prossima ad offrire un servizio Just In Time, ovvero atta a produrre ed ordinare il materiale solo quando occorre e nelle quantità richieste, riducendo così le scorte e gli sprechi di produzione.

3.5 Le logiche Push e Pull

In questo paragrafo vengono trattate le logiche attraverso cui la produzione viene gestita. Infatti, quest'ultima può scaturire da un sistema *Make-to-Stock* (MTS) oppure da quello che viene definito come *Make-to-Order* (MTO), anche a seconda del tipo di servizio che l'azienda si propone di offrire al cliente. Questi due sistemi vanno logicamente ad influenzare anche la gestione degli approvvigionamenti e del magazzino in modi differenti.

La produzione che segue una struttura gestionale del tipo Push, si fonda sul principio *Make-to-Stock*. Questa si focalizza sul monitorare la scorta e di ripristinare la giacenza originaria se si tratta di gestione *look back* o di garantire un certo livello di magazzino sulla base della domanda prevista se si ha di fronte, invece, una gestione *look ahead*.

Per quanto concerne la gestione Pull, al contrario, vige il principio *Make-to-Order*, il quale è finalizzato a pianificare la produzione sulla base non del ripristino scorta, ma bensì sugli ordini che arrivano direttamente dal mercato o dai clienti.

Nella realtà non esistono unità produttive che ragionano seguendo puramente l'una o l'altra logica, ma si ha a che fare in tutti i casi con dei sistemi ibridi o misti Push/Pull che possono, tuttavia, schierare la maggioranza dei loro processi verso un estremo o l'altro.

La scelta da compiere circa l'indirizzare la catena di valore per lo più verso una specifica logica dipende da due fattori definiti come Lead time di produzione e Lead time di evasione ordine (ovvero il tempo compreso tra l'emissione e la consegna dell'ordine stesso). Infatti, se il Lead time di produzione risultasse minore rispetto al tempo di evasione e consegna dell'ordine, i processi dovrebbe essere maggiormente orientati verso una soluzione del tipo Push o MTS. In caso contrario, ovviamente, si cercherebbe di trovare soluzioni per lo più rivolte verso la logica Pull o MTO.

Da una prospettiva di paragone rispetto a costi e volumi, le differenze che si riscontrano tra le tipologie di gestione sono ben evidenti: la logica Pull permette di fornire in uscita bassi volumi di prodotto, che rispecchiano le richieste e gli ordini dei clienti, ma che al tempo stesso comportano contestualmente dei costi maggiori per la produzione e quindi un maggiore valore per il prodotto finito; mentre la logica Push con focus sul livello di stock garantisce una produzione di maggiore volume a minor costo, ma ovviamente senza tenere in conto le esigenze del mercato in modo specifico come, al contrario, farebbe il processo Pull.

L'approccio MTO può affiancarsi quindi a quello MTS all'interno dello stesso sistema. Lungo la catena di fornitura esiste un punto di passaggio, la cosiddetta interfaccia scorte/ordini, la quale definisce il momento di transizione da una logica a quella contrapposta e può collocarsi in posizioni diverse secondo la stagione, il momento della giornata o il tipo di prodotto. Il punto di può stagliare sia durante le prime fasi di progettazione o approvvigionamento delle materie prime, sia durante la fabbricazione

stessa, l'assemblaggio o la spedizione finale del prodotto finito al cliente. Questo concetto di interfaccia o di passaggio trova rappresentazione in *Figura 14*, con il Diagramma di Wortmann, il quale definisce le diverse nature dei sistemi produttivi in funzione al posizionamento del *Decoupling Point*. La logica Push può appoggiarsi, perciò, sia ad una logica *look back* sia a quella *look ahead*. Nel primo caso, si tratta di un processo MTS con focus sulla gestione delle scorte, cercando di evitare la rottura dello stock o *shortage*, grazie all'analisi dei dati storici e il mantenimento di un livello di giacenza più alto rispetto al necessario, quando il prodotto è a basso costo o non sia possibile basarsi sulla domanda effettiva. Nell'altro caso, si ha a che fare con un processo MTS focalizzato sulla gestione della domanda, il quale quindi cerca di determinare in anticipo quali e quanti componenti, semi lavorati, materie prime o forniture di altro genere debbano essere fabbricati e quando, studiando la domanda prevista. Tutto questo sempre coordinando la produzione lungo la distinta base del prodotto finito. Uno degli strumenti capaci di garantire la gestione desiderata della domanda è senza dubbio il *Material Requirement Planning* (MRP), il quale permette di pianificare i fabbisogni di tutti gli item che compongono la distinta base del prodotto commercializzato, programmando così quella che si definisce come domanda dipendente a partire dagli ordini e dalle previsioni delle richieste.

La Supply Chain Management va a definire quale sia la strategia di gestione più adatta e dove debba posizionarsi l'interfaccia Push/Pull. Come si può comprendere da quanto riportato nel paragrafo, nel caso di strategia MTS i prodotti sono più standardizzati ed i principali benefici sono costituiti da un minor costo di produzione e da un lead time di soddisfazione della domanda minore, dato che si conta su un buon livello di giacenza per garantire un adeguato servizio al cliente. Tuttavia, il livello di servizio al cliente risulta migliore applicando una strategia MTO, che permette di fornire beni personalizzati secondo le esigenze del mercato e del singolo

La strategia Push ha come punto di partenza la previsione di lungo periodo. Per questo motivo, un processo produttivo basato su questo approccio è caratterizzato da un maggior tempo di risposta ai cambiamenti del mercato, data la scarsa capacità di reazione alle variazioni della domanda, e può incorrere nel rischio di obsolescenza delle scorte se la richiesta dovesse calare improvvisamente.

Come enunciato, un modello fondato sulla previsione della domanda potrebbe essere compromesso dall'*effetto frusta*, che comporta a valle una variazione amplificata a partire da una piccola oscillazioni della domanda a monte della catena. Il modello Push, quindi, in alcune condizioni può essere sottoposto ad una maggior variabilità che comporta il dover mantenere elevato il valore della scorta di sicurezza, la produzione di lotti di maggiori dimensioni e più variabili ed un livello di servizio molto basso. Con l'applicazione della strategia Push, invece, la produzione è condotta dalla domanda effettiva che deriva dagli ordini dei clienti. Le scorte in questo caso sono molto basse e i lead time più ristretti, grazie a flussi informativi più rapidi. L'uso delle risorse in questa situazione è più efficiente, ma tuttavia resta complicato poter contare su dei risparmi a livello di costo economico attraverso le economie di scala.

Per i motivi sopracitati, le aziende mettono in campo delle strategie a livello gestionale che nella pratica risultano essere degli ibridi tra Push e Pull, in modo tale da ottimizzare il flusso della catena di valore e superare gli svantaggi delle logiche estreme. Solitamente, le prime fasi del processo produttivo seguono l'approccio di tip Push o MTS, sulla base della domanda aggregata. Questo è reso possibile grazie all'introduzione della fase di personalizzazione del prodotto nelle fasi finali di fabbricazioni.

L'assemblaggio è eseguito in funzione della domanda dei clienti e si conferisce così la specifica configurazione del prodotto. Attraverso la strategia Push prende forma il prodotto generico e grazie a quella Pull si realizza il prodotto customizzato, il più tardi possibile. L'agire con questa strategia garantisce una minore incertezza e rende possibile far affidamento sulla domanda aggregata più accurata rispetto alle previsioni dei singoli prodotti. Gli esempi di strategie Push/Pull riguardano tutte le aziende che relegano la differenziazione del prodotto alle fasi avanzate del processo produttivo. Ovviamente, la scelta per la migliore strategia parte dall'analisi di ciascun caso specifico. In caso di elevata incertezza della domanda, la strategia migliore risulta quella di tipo Pull; se invece si volesse dare importanza all'economia di scala, quella Push. Il settore informatico, per esempio, caratterizzato da un'alta incertezza della domanda e bassa economia di scala, sfrutta l'approccio di tipo Pull. Il settore alimentare, invece, con alta propensione all'economia di scala e bassa incertezza della domanda, farà affidamento sicuramente ad una logica Push. Per i casi intermedi, le soluzioni possono essere differenti: quindi se si facesse riferimento ad un settore con bassa incertezza della domanda accompagnata però anche da un basso livello di economia di scala, la migliore alternativa potrebbe essere il rifornimento continuo.

3.6 Il modello logistico dell'azienda

Come presentato nel paragrafo denominato "I principali centri di distribuzione" del Capitolo I, l'azienda Pirelli Tyre S.p.A. può contare su 19 stabilimenti nel mondo e una vasta rete di distribuzione a livello globale, composta da più di 50 magazzini distribuiti nel mondo, i quali riforniscono circa 150 mercati. Ad eccezione di Brasile, Spagna, Indonesia e Cina, le attività logistiche di Pirelli sono gestite attraverso 3PL (*Third Party Logistics*). Con questa nomenclatura si indicano i servizi appaltati ad un fornitore esterno per lo svolgimento delle mansioni logistiche che vanno oltre lo stoccaggio, preparazione ordini o trasporto merce ed è nota come logistica di terzi.

I magazzini dell'azienda sono distribuiti in tutti e cinque i continenti e sono organizzati con una struttura che parte dai "Factory Warehouses" (dove viene stoccata la produzione), continuando per i "Regional Distribution Warehouses" ed infine i "Country Warehouses" che si occupano di rifornire i consumatori finali.

Ciascun plant incorpora una finalità ben precisa per l'allocazione e la fornitura delle coperture. Se si considera la regione EMEA (*Europe, Middle East and Africa*) con focalizzazione sul mercato italiano, i diversi plant procurano le coperture ognuno per una specifica tipologia di prodotto.



Figura 16: Mappatura della distribuzione mondiale dei magazzini dell'azienda Pirelli Tyre S.p.A.

Il tempo standard di *delivery* dal magazzino locale al punto di vendita varia in base all'area considerata e questo fatto influisce, ovviamente, sul livello di servizio garantito per il cliente. L'azienda analizza i bisogni dei clienti e sulla base delle considerazioni strategiche e dell'esigenza di ognuno, offre un servizio customizzato. Pirelli garantisce la consegna entro il giorno stesso per tutti gli ordini inseriti entro le ore 11:45, oppure la consegna entro le 24 ore successive, potendo contare su una rete di distribuzione capillare. Per gli pneumatici premium, invece, viene garantita la consegna dal produttore estero entro le 48 ore. Infine, è possibile anche concordare e programmare la data di consegna, qualora le quantità fossero rilevanti o rintracciare in tempo reale lo stato della consegna.

Se si analizzano i flussi del mercato Car, quelli principali e più consistenti in termini di volume sono l'esportazione dall'Europa verso le altre Region di prodotti omologati, l'importazione da Russia e Turchia verso Europa, come anticipato, delle misure standard e l'esportazione dal Sud verso il Nord America al fine di integrare la produzione Local for Local (L4L). L'azienda si concentra sulla produzione Local for Local, al fine di ottimizzare i flussi di trasporto e commercializzare in un determinato mercato quanto prodotto localmente.

Al fine di garantire la distribuzione della merce al tempo corretto, nella qualità e quantità desiderate e nel luogo prestabilito, il dipartimento di Supply Chain di Pirelli presenta una struttura ben definita e gerarchizzata. Le principali aree attraverso cui prende forma la gestione della catena di fornitura aziendale sono: *Reporting; Production Planning, Industrialization and OE availability; Network Planning; Logistic Cost and International Transports; Warehouse Engineering.*

Queste aree cooperano sinergicamente per poter far sì che le coperture vengano prodotte, movimentate, stoccate ed infine vendute, sulla base di quanto ordinato dal cliente finale o in base alle richieste previste. L'approccio messo in atto in fase di pianificazione differisce in funzione alla

prospettiva temporale considerata, che può essere di breve, medio o lungo periodo. Il punto di partenza rimane sempre l'analisi della domanda, dato che la richiesta del cliente effettiva o prevista costituisce la base del servizio offerto. Da una prospettiva di breve termine, si ha infatti l'attività di condivisione delle Forecast o previsioni di vendita, le quali vengono aggiornate rolling in diversi round ogni mese; se si considera il medio periodo, si hanno i piani di gestione delle Forecast, mentre nell'ottica di lungo periodo il piano strategico delle stesse.

Una volta ottenuta l'analisi della domanda, l'iter pianificativo prosegue con l'analisi delle capacità, per poter valutare se l'azienda possa far fronte a quanto richiesto con l'attuale assetto produttivo. Per questa ragione, nel breve periodo avviene la stesura dei piani di produzione degli stabilimenti, ciascuno aggiornato e revisionato con cadenza settimanale, mentre nel medio periodo si elaborano i piani di produzione di piano di gestione e l'analisi della saturazione dello stabilimento. Nel lungo periodo, invece ci si concentra sulla strategia di allocazione delle misure per ogni plant. Una volta condotte le attività di previsione della domanda e analisi di capacità della fabbrica con conseguente stesura dei piani, il passo successivo consiste nel definire il cosiddetto "export target" e il piano di spedizione mensile. Anche in questo caso per le visioni di medio e lungo periodo si passerà a delle valutazioni di interscambio strategico, ma di minor dettaglio. Per concludere la catena operativa logistica, intervengono le attività di analisi dell'*availability*, per quanto riguarda lo studio della disponibilità di materiale presso i diversi mercati, l'esistenza di ordini inevasi ("*backorder*"), la copertura di magazzino, il tasso di riempimento del magazzino sulla base del tasso produttivo e l'efficienza dei flussi distributivi, per poi ricadere nel lungo periodo sulla valutazione del livello di servizio da dover assicurare.

A seguire, si propone la descrizione dei processi che compongono la catena logistica e di fornitura dell'azienda, in maniera più approfondita.

In *Figura 17*, si riporta l'attenzione sulla sequenzialità dei processi e delle attività da svolgersi nel breve periodo, precedentemente citati. L'insieme di queste attività strettamente collegate tra loro costituisce la Supply Chain, la quale gioca un ruolo fondamentale nel condurre l'azienda verso gli obiettivi prefissati, la competitività e il successo del business.

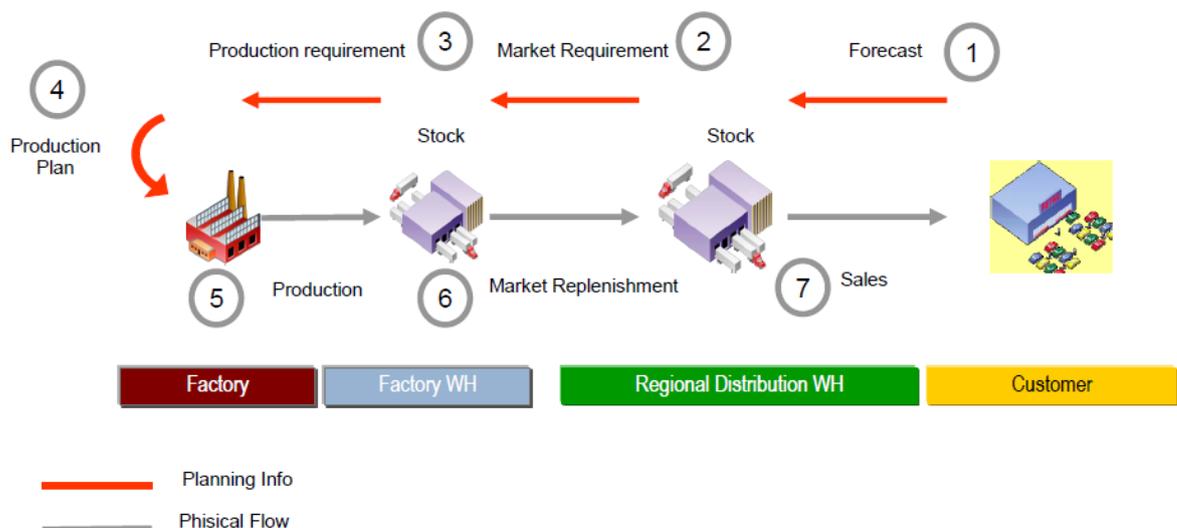


Figura 17: Rappresentazione grafica dei processi all'interno della catena logistica dell'azienda Pirelli Tyre S.p.A.

Come si può evincere da questa rappresentazione, i processi di previsione, di pianificazione della produzione e di pianificazione delle spedizioni dal magazzino in prossimità della fabbrica fino al cliente finale, passando per i warehouse regionali, sono consequenziali e indispensabili per raggiungere lo scopo di vendita.

Partendo dai punti 1 e 2 della *Figura 17*, risulta chiaro che il calcolo del *market requirement* sia fondamentale per poter proseguire con i piani produttivi. Il *market requirement* non è che una rielaborazione della domanda prevista (Forecast), considerando lo stock target settato in partenza e la merce stoccata presso i mercati di vendita o la merce in transito verso di essi. In realtà, quindi, non sono le Forecast a guidare veramente i piani di produzione per capire quanto deve essere esportato dalla fabbrica, ma il *requirement*. La domanda prevista, infatti, può essere coperta sia dalla nuova produzione che dalle coperture presenti in giacenza. Il *requirement* può sia essere maggiore che minore di quanto contenuto a Forecast per ciascuna misura, poichè tutto dipende dallo stock esistente e disponibile alla vendita e dal target di copertura che si vuole garantire per fronteggiare le variabilità della domanda. Lo stock target si definisce attraverso il numero di coperture da assicurare a scorta per ciascuna misura o in giorni di copertura, calcolati a partire dalla domanda prevista per quella specifica misura.

Una volta raccolte le informazioni circa i *requirement* di produzione, lo stock sul produttore e la capacità, si passa alla stesura del piano di produzione dello stabilimento, il quale viene definito considerando tre aspetti fondamentali:

- i controlli di capacità: durante l'elaborazione del piano di produzione, il pianificatore deve assicurarsi che le diverse aree e macchinari utili per le fasi di produzione dello pneumatico possano effettivamente sostenere la richiesta di fabbricazione contenuta all'interno del piano. Per questo motivo, il planner dello stabilimento per definire la richiesta di produzione dovrà sempre tenere sotto controllo la capacità per ogni fase del flusso (descrizione nel paragrafo "Il processo costruttivo dello pneumatico" contenuto nel Capitolo I), le quali nello specifico comprendono il *mixing*, *semi-finishing*, *building* e *curing*.
- i vincoli di flessibilità: per poter pianificare un piano in linea con gli accordi di flessibilità, è necessario controllare che si rispettino i vincoli riguardanti in numero massimo di misure pianificate giornalmente, il numero massimo di misure pianificate mensilmente ed, infine, il numero massimo di cambi stampo concordati attraverso il cosiddetto "*Flexibility Agreement*" (documento stilato in accordo con la fabbrica, per assicurare un certo livello di compromesso tra quelli che sono gli obiettivi di produzione lato stabilimento e lato logistica).
- le priorità produttive: a partire dalle restrizioni circa la capacità produttiva di ciascuna fase ed i vincoli di flessibilità, il pianificatore della produzione deve comprendere anticipatamente a quali misure conferire maggiore importanza e priorità durante lo scheduling. Le misure con priorità 1 sono tutte quelle coperture che derivano dalla richiesta delle case automobilistiche e che quindi appartengono al canale *Original Equipment*. Si tratta, infatti, di misure critiche, per le quali un ritardo può causare il fermo della linea produttiva di importanti case produttrici del settore, nonché la conseguente perdita di competitività ed immagine agli occhi dei clienti.

Dopo essersi assicurati di soddisfare i requirement relativi alle misure OE, si passa alle misure richieste su ordine e in secondo luogo a coprire gli ordini passati inevasi del canale ricambio, che corrispondono al Replacement backorder. Si inseriscono successivamente a piano le misure con le rispettive quantità contenute nella domanda prevista a Forecast per il canale ricambio ed, infine, le quantità utili al raggiungimento del livello target di scorta a magazzino.

In seguito al processo di pianificazione e di produzione delle coperture, si giunge alla fase comprendente le attività dedicate alla distribuzione della merce attraverso la rete di fornitura, le quali costituiscono il processo di *Distribution Network Planning*.

In particolare, la pianificazione in questo caso considera un modello di business basato su 2 livelli: i magazzini di fabbrica (o *Factory Warehouses*) ed i magazzini regionali (*Regional Distribution Warehouses*), come schematizzato in *Figura 18*.

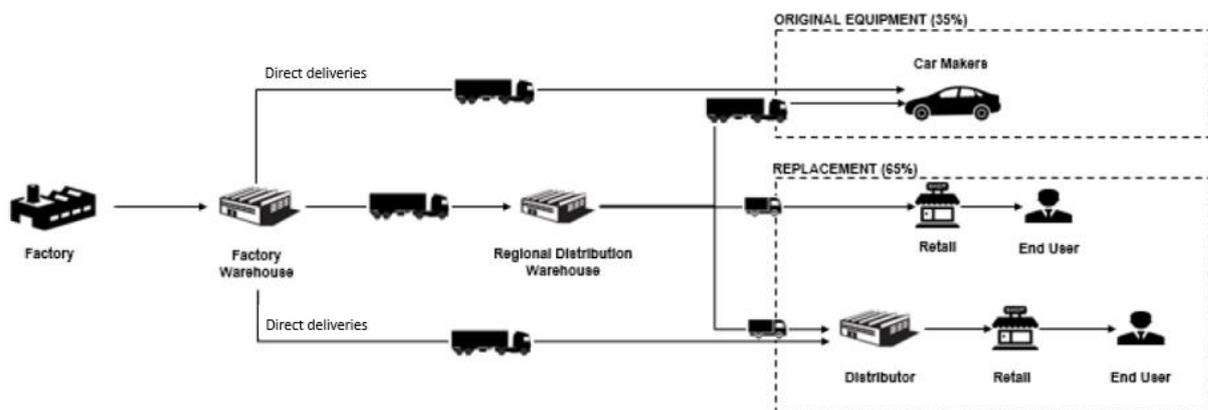


Figura 18: Rappresentazione grafica del processo di distribuzione della merce attraverso la rete di fornitura

Come raffigurato, la rete distributiva su terra offre diverse alternative in funzione al tipo di canale o di mercato da raggiungere. Le coperture OE, stoccate presso i magazzini di fabbrica, possono essere trasportate fino alle case auto clienti grazie alle *Direct Deliveries*, oppure possono appoggiarsi a magazzini regionali intermedi, prima di arrivare in linea. Ovviamente, le spedizioni in diretta risultano vantaggiose per quanto riguarda il lead time di spedizione, che sarà minore rispetto alla seconda alternativa. Diverso è invece il caso del canale Replacement, il quale invece non rifornisce direttamente dal magazzino il cliente finale (*End User*), ma fluisce attraverso la rete dei grossisti e dei *retailers*. Anche per le coperture appartenenti a questo canale esistono le spedizioni in diretta, il cui flusso però non avviene per direttissima verso i rivenditori, bensì passa per i distributori locali.

L'attività operativa di questo processo consiste nella creazione degli ordini di spedizione, attraverso le piattaforme aziendali. Le principali questioni che emergono durante questa attività di pianificazione dei trasporti riguardano il numero di pezzi da inviare, il mercato di destinazione, la tipologia di mezzo di trasporto e le priorità da considerare per le misure coinvolte negli ordini. La distribuzione delle misure prodotte e disponibili alla vendita, coincide con la cosiddetta *availability deployment activity*. Questa attività fornisce in uscita l'ordine di shipment effettivo, che include tutte le informazioni citate, definendo così il tipo di mezzo, il luogo e l'orario di partenza e di arrivo e le misure con le rispettive

quantità da trasportare. I principali elementi di input utilizzati durante la pianificazione dei trasporti sono:

- la classe di importanza del mercato o del cliente;
- la data di consegna richiesta ed attesa (ETA, *Expected Arrival Date*);
- la distanza del cliente;
- le quantità per ciascuna misura richiesta in ordine;
- la domanda allocata e prevista a Forecast;
- il livello di stock di sicurezza da garantire;
- lo stock esistente presso i diversi mercati;
- lo stock target da rispettare.

Le attività di distribuzione e di spostamento delle merci tra i magazzini di fabbrica e i magazzini regionali, per poi trasferire il prodotto al cliente, coinvolgono le aree logistiche quali Control Tower, Networking, International Transportation e Warehouse Engineering, che cooperano sinergicamente lungo la catena di fornitura. All'interno del Warehousing l'obiettivo è quello di assicurare il corretto livello di servizio e di costo, per quanto concerne la gestione della scorta attraverso i fornitori del servizio ed il 3PL management. Lo scopo dei processi di Control Tower ed International Transportation è provvedere, in modo complementare, l'efficienza e coordinazione tra i magazzini e i Carrier per il trasporto delle coperture, grazie alla pianificazione dei carichi e scarichi attraverso l'intera rete logistica.

Con l'avvento della pandemia nel corso del 2020, l'azienda ha cercato di fronteggiare l'emergenza mondiale orientando il business su target ed obiettivi specifici, per limitare il più possibile le conseguenze economiche. Dal punto di vista logistico, si è cercato di agire a livello gestionale sul flusso di approvvigionamento al fine di ottimizzare costi e risorse e rendere più efficiente la catena logistica. Uno dei principali punti su cui il dipartimento di Supply Chain si è concentrato è stata la riduzione dello stock, ed in particolare della scorta di sicurezza presso i mercati per cui la previsione di domanda a Forecast era stata meno accurata in passato. Per poter garantire, al tempo stesso, un buon livello di servizio e la disponibilità del prodotto nei vari mercati, si è reso necessario quindi incrementare la rotazione ed il mix produttivo degli stabilimenti. Tutto ciò, accompagnato dall'aumento della frequenza delle spedizioni al fine di ridurre la saturazione dei trasporti e supportare sempre la disponibilità presso i mercati di vendita. In aggiunta, sono state effettuate delle attività di re-export, per rimescolare lo stock a livello europeo tra i vari paesi, per coprire gli ordini prioritari, invece di distribuire la scorta a seconda delle previsioni di allocazione delle vendite.

Queste azioni hanno condotto, quindi, all'aumento della scorta presso i magazzini di fabbrica a causa dell'aumento di rotazione del mix, il quale è stato gestito con una maggiore frequenza di spedizione e trasporto. Quest'ultima, in combinazione con il re-exporte e la riduzione del *bad-stock* ha portato alla riduzione dello stock presso i magazzini regionali di distribuzione. In conclusione, da una prospettiva operativa, si è cercato di gestire la complessità della gamma diminuendo il numero di misure a portfolio, grazie alla creazione della cosiddetta "gamma frozen", la cui produzione è stata momentaneamente bloccata, e in secondo luogo si è puntato ad anticipare la domanda e la raccolta ordini, così da ottimizzare la gestione della disponibilità.

3.7 La strategia di mercato

Il modello di business di Pirelli, come anticipato precedentemente, si focalizza sulla figura del cliente ed è per questa ragione che l'azienda si propone come una *Pure Consumer Tyre Company*.

La principale strategia che l'azienda mette in atto per mantenere alto il livello di competitività nel settore è la cosiddetta "*Pull-Through Strategy*", la quale si basa sul principio per cui se un cliente sperimenta l'elevata prestazione che una copertura Pirelli Premium gli può conferire, al momento della sua sostituzione sceglierà ancora lo stesso pneumatico. La sfida, perciò, consiste nel far in modo che il consumatore acquisti il prodotto Pirelli anche per il secondo e terzo treno di pneumatici.

La ragione per cui l'azienda decide di investire molto per lo sviluppo di misure omologate e marcate è proprio questo: al fine di crescere nel canale Replacement, l'azienda decide di collaborare con le case auto per fornire prodotti marcati dalle prestazioni ed esperienza di guida ottimali. Infatti, il più alto grado di fidelizzazione al brand lo si registra proprio nel mercato Premium.

In *Figura 19*, sono riportate alcune delle sigle di marcatura identificabili sul fianco dello pneumatico, tra cui riconosciamo MO (*Mercedes Original*), AO (*Audi Original*) e MGT (*Maserati*). Oggi, l'azienda conta sul più ampio portafoglio di pneumatici marcati del settore, sviluppando prodotti capaci di garantire gli obiettivi delle case auto.



Figura 19: Rappresentazione di alcune delle sigle di marcatura dello pneumatico

Ma se la strategia "*Pull-Through*" si manifesta come il principale punto di partenza del business aziendale, tuttavia, non è l'unico principio a guidare il processo di pianificazione della produzione e la distribuzione delle coperture presso i diversi mercati mondiali.

Pirelli di fatto sceglie di mettere in atto una strategia *local-for-local*, collocando la propria produzione ad un livello avanzato dal punto di vista tecnologico, efficiente e localizzata in prossimità dei mercati di vendita. L'assetto produttivo che l'azienda presenta al giorno d'oggi è il risultato della ripianificazione della mappa produttiva iniziata nel 2008, momento in cui si decise di progettare gli impianti esistenti a Slatina, Silao e in Cina. Questo processo di riorganizzazione della rete produttiva secondo il principio *local-for-local* ha permesso di ottenere una riduzione dei costi ed un flusso più efficiente.

Con l'obiettivo di rendere il livello di servizio all'altezza, l'azienda conta su un sistema di geo-marketing, il quale permette di mappare la distribuzione per ciascuna area urbana e di trasferire informazioni essenziali. L'analisi di questi dati permette di scambiare informazioni tali da assicurare in magazzino gli pneumatici giusti al momento giusto. Tra i principali obiettivi di Pirelli si contano:

- le collaborazioni per la realizzazione di coperture marcate;
- la crescita della rete retail;
- il coinvolgimento dei clienti attraverso azioni di marketing digitale, le quali traggono vantaggio dalla presenza dell'azienda nel Motorsport ed in particolare nella Formula 1.

Al fine di comprendere meglio la strategia aziendale, è fondamentale considerare separatamente le due macrocategorie in cui si suddivide il flusso logistico dell'azienda, ovvero il canale OE ed il canale Replacement. Queste due tipologie di canali non differiscono solo per il diverso livello di qualità e di selezione della copertura (che ovviamente per l'*Original Equipment* dovrà essere più accurato), ma al tempo stesso anche la strategia messa in atto per la pianificazione e la gestione del flusso sarà diversa. Con riferimento a quanto enunciato nel corso di questo Capitolo, la pianificazione della produzione per le coperture ricambio si basa sul principio MTS o MTF (*Make to Forecast*), basato sulla gestione della scorta attraverso l'analisi della domanda prevista. Perciò, la produzione delle coperture di una determinata misura destinata a questo canale viene pianificata in funzione alla richiesta attesa del mercato.

Diversa risulta, invece la strategia per le misure OE lungo la catena di fornitura. Infatti, l'approccio è del tipo MTO, per cui la produzione si riferisce ai *call-off*, ovvero agli ordini del cliente aggiornati settimanalmente e suscettibili a variazioni frequenti. Si tratta delle coperture che verranno montate sui veicoli in uscita dalle case auto di riferimento e spedite direttamente alla linea di assemblaggio. Un ritardo nella consegna o la mancanza di disponibilità del prodotto al cliente possono dare vita a gravi ripercussioni e ricadute negative sull'immagine dell'azienda e delle sue future collaborazioni.

L'alto valore del prodotto fa sì che queste coperture possano essere etichettate come prodotti appartenenti alla classe A secondo l'analisi di Pareto, presentata in precedenza. Questi prodotti che impegnano la maggioranza del capitale investito, seppur costituendo unicamente il 20% circa delle voci di magazzino, devono essere gestiti con accortezza. È importante ripristinare la scorta nel momento in cui la giacenza limite viene raggiunta, la quale viene calcolata con riferimento agli ordini del cliente (*call-off*).

3.8 La stesura del Piano di Produzione

Il processo di pianificazione della produzione si pone come obiettivo l'ottenere in uscita un volume di pezzi totale da produrre, per ciascuna misura coinvolta secondo un calendario temporale preciso, al fine di assicurare un livello adeguato di scorta e che sia in linea con quanto prestabilito.

La stesura del piano di produzione si basa su alcuni *drivers* fondamentali, quali:

- Lo stock iniziale relativo a ciascuna misura e proiettato al giorno di inizio produzione;
- I requirement di produzione, forniti dal team di Networking della Supply Chain. Come anticipato, si tratta dei fabbisogni di produzione necessari per poter coprire il *back-order* (ordini inevasi) e le previsioni di vendita, oltre a garantire un determinato livello di stock, valutato sulla base dei giorni target di copertura.

Il pianificatore avrà il compito di valutare la richiesta del fabbisogno e valutare se soddisfarlo attraverso lo stock iniziale o nuova produzione, in tal caso decidendo di far entrare a piano la misura secondo una certa quantità;

- Le Forecast o previsioni di vendita, suddivise per misura e allocate per mercato;
- Il livello di *back-order* attuale in riferimento a ciascuna misura;
- Il livello di *back-order* futuro in riferimento a ciascuna misura.

Risulta di estrema importanza, quindi, il livello di scorta che viene raggiunto, in modo da assicurare per un certo mercato la disponibilità del prodotto, prestabilita anche attraverso la condivisione dei requirement. Tuttavia, il livello di scorta a fine mese si rivela sempre leggermente sfalsato rispetto a quanto previsto nel piano. Questo fatto deriva da una scelta strategica e di business di Pirelli. Infatti, spesso a fine mese per massimizzare i profitti e le coperture fatturate si accetta una quantità maggiore di misure in ordine, al fine di aumentare le vendite e raggiungere i target di profitto.

Durante la stesura del piano di produzione, inoltre, è necessario tenere in considerazione alcuni vincoli che dovranno essere rispettati. Questi vincoli possono essere di tipo *hard* o *soft*. I primi si riferiscono alle differenti tipologie di macchinario per la fase di *building* o *curing* dello pneumatico (alcuni per esempio, lavorano solo con stampi sincroni e ciò comporta pianificare considerando due stampi alla volta, per non perdere di produttività e utilizzare le risorse nella maniera più adeguata); gli ultimi invece consistono per esempio nel numero di misure massime allocabili in produzione nel plant durante il mese, la settimana o giornalmente, dato che la produzione si basa su un certo livello di rotazione e le misure non vengono prodotte ogni settimana.

Mettere in produzione una misura significa avere persone dedicate per monitorare la partenza della macchina, il setup e svolgere eventuali controlli di manutenzione. Infatti, inserire a piano numerose misure di copertura e di differente natura induce un'alta complessità di gestione delle materie prime a livello operativo, oltre a portare inefficienza. Per questa ragione, esiste il "*Flexibility Agreement*" che si propone di trovare un compromesso tra quanto ricercato dalla fabbrica e quanto ricercato dalla logistica. La fabbrica ambisce a mantenere il numero di misure in produzione al minimo livello mensile e giornaliero, e quindi mantenere bassa la rotazione.

D'altro canto, il lato logistica tende a massimizzare la rotazione per poter minimizzare il livello di scorta e cercare di produrre quando la domanda richiede quello specifico prodotto, garantendo un'alta reattività, bassi costi di giacenza e alta flessibilità.

Ciascun plant possiede vincoli e restrizioni particolari per quel caso specifico. Non tutti gli stabilimenti producono per la domanda OE o certe misure di coperture. La priorità di produzione delle misure in questo caso la si conferisce sulla base del livello di *back-order* attuale accumulato.

Il processo di pianificazione della produzione svolto da ciascuno stabilimento prende inizio dalle informazioni contenute nel file delle Forecast e dei requirement, dai quali si deduce quali misure dovranno entrare in produzione e in quale plant. Il piano viene elaborato una volta al mese e si presenta su prospettiva trimestrale e con vista settimanale. Ogni settimana il pianificatore svolge la revisione del piano, la quale viene condotta ponendo l'attenzione su diversi punti, come:

- L'avanzamento della produzione, focalizzandosi sul consegnato delle misure;
- Quali misure sono in *phase-in* (in entrata a piano) e per quali di queste è effettivamente necessaria la produzione in riferimento al fabbisogno;
- Gli ordini di misure nuove in entrata a piano confrontato con quanto pianificato a inizio mese e quanto concordato nel *Flexibility Agreement*.

3.9 L'analisi di saturazione della fabbrica

Nella realtà dei fatti, per poter procedere con l'elaborazione del piano di produzione è fondamentale però aver svolto un passo antecedente, ovvero l'analisi di saturazione dello stabilimento.

Con questa espressione si intende lo studio della capacità effettiva di produzione che viene richiesta alla fabbrica, la quale dovrà essere comunicata così da permettere l'organizzazione dei turni e delle risorse interne. La capacità costituisce, quindi, un input per poter stilare il piano di produzione ed è concordata con lo stabilimento in modo rolling, dato che sulla base di questo valore l'azienda dovrà eventualmente fare degli investimenti o riassetare il personale. La sotto o la sovra-capacità produttiva non sono per forza fatti positivi o negativi, dato che la loro accezione dipende dal caso.

Tendenzialmente, una sotto-saturazione farà aumentare la scorta, dal momento che la fabbrica potenzialmente dovrà continuare a mantenere la produttività sempre intorno ad un certo limite minimo per non perdere nei costi fissi, sebbene la domanda sia inferiore. Il caso della sovra-capacità residua può essere risolto attraverso un'attività di industrializzazione di tipo "*plant transfer*", ovvero se lo stabilimento non riesce a saturare la sua capacità con la domanda attuale relativa alle misure attualmente inseribili a piano, sarà necessario saturarla industrializzando altre misure nello stesso plant così da aumentare il mix produttivo. Al contrario, solitamente una sovra-saturazione porterà alla diminuzione della scorta, dato che la capacità dello stabilimento non riuscirà potenzialmente a fronteggiare la totalità della domanda attesa. Questo caso è risolvibile ancora una volta attraverso un'industrializzazione di *plant transfer*, la quale andrà a desaturare la capacità dello stabilimento in favore di un potenziamento del mix di un altro plant invece sotto-saturato.

A livello operativo, l'analisi di saturazione viene svolta grazie a differenti informazioni ricavate inizialmente. Le quali sono:

- La Gamma. Per poter comprendere appieno quanto il processo di produzione dello stabilimento sia saturato, si deve partire raccogliendo le informazioni circa le misure che compongono la gamma e il mix produttivo della fabbrica. Questi dati sono ricavabili dal file delle Forecast di vendita, attraverso cui è possibile filtrare per IP5 (codice univoco per ciascuna misura di pneumatico costituito da 5 cifre), la descrizione del materiale (voce che esplicita la marcatura tecnica dello pneumatico e la tipologia del battistrada) ed il plant considerato, tralasciando le misure che presentano previsioni di vendita nulle (e che quindi non verranno inserite a piano);
- La Domanda. Questa denominazione comprende il fabbisogno richiesto dalle Case automobilistiche e che costituisce la quota appartenente al canale OE, la quantità definita come *fitted unit* e rivolta ai concessionari ed infine la domanda ricambio. Lo scopo di ciascuna realtà produttiva consiste nel fabbricare la quantità pianificata, per garantire un certo target di scorta e la soddisfazione della domanda del cliente. Tuttavia, viene considerata anche una capacità definibile come “*spare*”, la quale rappresenta un margine di potenzialità produttiva capace di coprire eventuali opportunità di mercato. Quest’ ultimo aspetto viene anche associato al concetto di Extra-produzione. In alcuni casi, questa indica anche la quota parte di produzione “non desiderata”, ma inevitabile, prodotta quando si pianificano le misure del canale OE. Tutte le coperture prodotte sono sottoposte a numerosi controlli di qualità, in modo tale da garantire elevati standard. In aggiunta, le differenti Case auto possono richiedere specifici limiti di tolleranza per le coperture destinate al primo equipaggiamento. Ciò va a determinare una certa resa OE, che deve essere considerata durante la pianificazione. Se il processo presenta una resa OE del 75% significa che per ottenere 100 pezzi di selezione OE sarà necessario pianificarne $(100/0,75) = 133$ pezzi circa in produzione, dato che una parte di quelli pianificati non soddisferà i requisiti di qualità maggiormente restrittivi. I 33 pezzi in eccesso, costituiranno la cosiddetta Extra-produzione e potranno essere utilizzati per coprire eventuali vendite sul canale ricambio, qualora fossero richieste;
- Il CAPTT, ovvero la capacità della fabbrica fornita dal dipartimento di Manufacturing dello stabilimento. Per svolgere l’analisi sulla base della domanda ci si riferisce alla capacità attuale ed effettivamente sfruttata dalla fabbrica, non a quella potenziale e teoricamente raggiungibile.

A partire dalle informazioni suddette, attraverso la loro elaborazione si giunge alla rappresentazione grafica della saturazione produttiva di fabbrica, la quale compara il numero di pezzi richiesti mensilmente (unità di misura: k pcs = migliaia di pezzi) con la capacità mensile, per evidenziare la portata della sovra o sotto-saturazione che si prevede per i mesi futuri; si valuta se la situazione è in linea con i profili di scorta desiderati e, in caso negativo, si vanno a valutare possibili azioni correttive. In generale, è possibile schematizzare il risultato dell’analisi di saturazione come raffigurato in *Figura 20*.

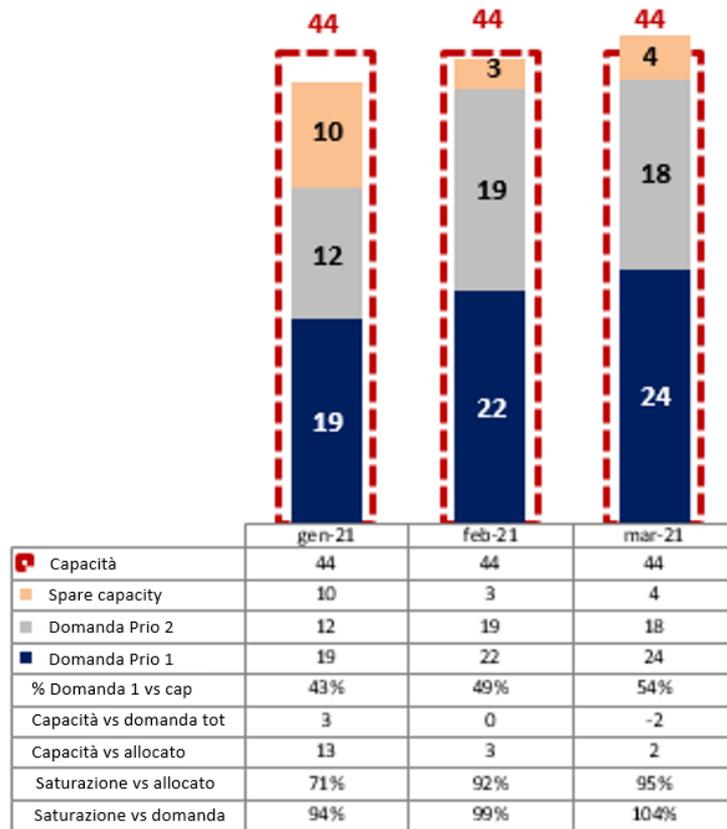


Figura 20: Rappresentazione grafica del risultato dell'analisi di saturazione della fabbrica
(fonte propria – numeri definiti casualmente)

Da questa rappresentazione si evince l'analisi di saturazione per i mesi di gennaio, febbraio e marzo dell'anno 2021.

Nel grafico la capacità assegnata alla fabbrica è rappresentata in rosso tratteggiato ed al suo interno si ritrova:

- una quota parte di capacità occupata dalla domanda a priorità maggiore, ossia legata a contratti di fornitura vincolanti (come, ad esempio, la domanda OE);
- una quota parte di produzione destinata alla domanda standard, in grigio;
- Un'ultima quota parte in arancione che rappresenta una capacità di riserva per far fronte ad eventuali esigenze di mercato, definita come *spare capacity*.

Secondo quanto riportato nell'esempio, il mese di gennaio 2021 indica una situazione di sottosaturazione della fabbrica, in quanto la quantità totale di pezzi da produrre per il canale OE, *fitted unit*, ricambio ed extra selezione si mantiene al di sotto della capacità dichiarata dallo stabilimento (pari a 44k pezzi al mese); mentre il mese di marzo 2021 indica una sovra-saturazione, dato che per soddisfare la domanda si richiederebbe la produzione di 46k pezzi totali durante il mese.

4 Il Piano di Spugnatura delle misure PNCS

4.1 La presentazione del problema

Le misure PNCS costituiscono le coperture appartenenti alla tecnologia *Pirelli Noise Cancelling System*, la cui particolarità, come anticipato dettagliatamente nel corso del primo Capitolo, risiede proprio nella loro capacità di assorbire le vibrazioni generate all'interno della struttura e di ridurre il rumore provocato dal rotolamento e strisciamento del battistrada a contatto con il suolo stradale, grazie all'impiego di una spugna in poliuretano.

Nel corso di questo Capitolo, verrà presentato il flusso logistico relativo alla fornitura, produzione e distribuzione delle misure PNCS e la soluzione progettuale sviluppata per risolvere le criticità riscontrate durante lo svolgimento delle attività relative ai processi della catena di fornitura. Il flusso logistico delle coperture PNCS presenta delle anomalie e per questo costituisce un caso di particolare rilevanza per l'azienda. Infatti, la produzione di queste coperture non avviene secondo i normali canoni gestionali. Questa tipologia di pneumatico prodotto e spugnato in Italia non viene realizzata completamente all'interno di un unico stabilimento, ma possiede un flusso produttivo scomposto tra due Aree. D'ora in avanti, per motivi di discrezione, lo stabilimento di produzione a monte verrà denominato "Area 1", mentre quello dedicato al post-processo delle coperture verrà indicato con "Area 2". In particolare, lo stabilimento Area 1 provvede alla realizzazione del "nero" ovvero la copertura priva di spugna, mentre il post-processo prende luogo nel centro produttivo Area 2, e quindi a XX km di distanza.

A causa di questa distanza geografica che sussiste tra le prime fasi di produzione e quella di post-processo, il flusso in questione presenta una serie di criticità che inficiano all'efficienza dell'intera catena di apprivigionamento, a partire dal processo di acquisto delle materie prime fino alla disponibilità delle coperture finite, stoccate nei magazzini di distribuzione verso il cliente finale.

Per questa ragione, si è deciso di elaborare una risposta progettuale per la risoluzione delle problematiche in questione, con l'obiettivo di regolamentare una tipologia di flusso con cui finora l'azienda non si era interfacciata; così da fornire una strutturazione standard a livello logistico e gestionale, che funzioni da modello per situazioni di criticità simile in futuro.

Nella pratica, gli pneumatici PNCS si sottopongono alle fasi di *building* e *curing* in Area 1, a valle delle quali è possibile disporre di un prodotto semi-lavorato; in seguito, invece, prende forma in Area 2 la fase di post-processamento o *post-curing*, attraverso cui viene applicata la spugna all'interno della copertura e si ottiene quello che può essere definito il prodotto finito, che viene versato a magazzino e pronto per arrivare tra le mani del cliente che lo richiede.

Tutte le misure coinvolte nel flusso sono monofonte, ovvero vengono realizzate unicamente dallo stabilimento di Settimo Torinese. Per questa ragione, la scorta a magazzino considerata, il back-order valutato e le previsioni di vendita che guidano il piano si riferiscono ai valori raccolti a livello mondo.

Anche altri stabilimenti si occupano della produzione della tipologia di copertura PNCS, sebbene si riferiscano a misure differenti di pneumatico (ossia con diversa marcatura tecnica). Tuttavia, le problematiche che sono state affrontate durante lo svolgimento del progetto non riguardano queste

realtà produttive, poichè in questi casi il processo di spugnatura avviene nello stesso stabilimento ed il prodotto viene versato a magazzino di fabbrica già spugnato.

Con l'intento di rendere più chiara, esaustiva e di facile comprensione la presentazione del progetto, la struttura del quarto Capitolo si suddivide in una prima parte di introduzione al flusso logistico e alle criticità riscontrate, per poi procedere successivamente con l'esposizione del diagramma logico proposto e gli strumenti operativi elaborati per la soluzione del problema.

4.1.1 Il flusso logistico

Per poter comprendere al meglio la configurazione attuale del flusso logistico informativo relativo alle coperture PNCS e le motivazioni che hanno spinto alla sua ristrutturazione, risulta prima necessario esplicitare la modalità con cui le misure vengono comunicate ed individuate univocamente all'interno dei sistemi aziendali e gestionali. Come anticipato precedentemente, ciascuna misura, ovvero ciascuna copertura caratterizzata da una specifica marcatura tecnica e tipologia di battistrada, viene identificata attraverso un codice a cinque cifre definito IP5.

A questo si aggiungono ulteriori due cifre, le quali costituiscono il cosiddetto "finalino", attraverso cui si esplicitano informazioni ancora più dettagliate riguardo quella specifica misura. L'unione di IP5 e finalino restituisce un codice definito come IP7. Con riferimento a quanto riportato in *Figura 21*, esistono categorie diverse di finalino e queste risultano utili, per esempio, per riconoscere la tipologia di canale a cui la copertura è destinata.

CANALE	BPP chiuso	IP code WIP
REPL	SI	IP5 -00
OE	SI	IP5 -10
OE	SI	IP5 -11
OE	SI	IP5 -12
OE	SI	IP5 -13
OE	SI	IP5 -14
OE	SI	IP5 -15

Figura 21: Classificazione delle tipologie di "finalino" dedicate al prodotto finito (fonte propria)

Infatti, se la misura indicata con l'IP5 31204 riporta il finalino -00, significa che quella specifica misura, individuata grazie all'IP5 31204, appartiene alla selezione Replacement, mentre se l'IP7 fosse formato da IP5 e finalino -10 il canale di riferimento della stessa misura sarebbe quello OE (distinto sulla base del rispetto di precise restrizioni di qualità). I finalini -11, -12, -13, ..., -19 indicano tutti l'appartenenza dell'IP5 di riferimento al canale OE, ma sono utilizzati per le misure destinate ad un preciso mercato o cliente, per esempio.

Tuttavia, è previsto l'utilizzo di un diverso finalino per riconoscere il canale OE da quello ricambio nel caso in cui il BPP non fosse ancora chiuso. La chiusura del documento di Benestare alla Pre-Produzione, come enunciato in precedenza, contraddistingue il termine del processo di industrializzazione di un

nuovo prodotto e con il suo rilascio il prodotto diviene ufficialmente producibile. Fino a che l'iter di industrializzazione non è completato, non si parla di prodotto ma di prototipo, in quanto i target prestazionali di prodotto e di produzione devono ancora essere valutati. Fino alla chiusura del BPP, il finalino di riferimento per la selezione OE è -80, mentre per il Replacement -81.

Per quanto riguarda il flusso PNCS tra Area 1 e Area 2, il processo di produzione viene realizzato sequenzialmente in due stabilimenti diversi. Per questo motivo, si rende necessaria l'introduzione di ulteriori tipologie di finalino, le quali vengono adoperate per l'identificazione delle coperture che dall'Area 1 vengono spedite in Area 2 per il post-processo. In questo caso, infatti, si tratta non di un prodotto finito, ma delle coperture "nere" riconosciute come WIP o semi-lavorati.

CANALE	BPP chiuso	IP code WIP
REPL	SI	IP5 -09
OE	SI	IP5 -70
OE	SI	IP5 -71
OE	SI	IP5 -72
OE	SI	IP5 -73
OE	SI	IP5 -74
OE	SI	IP5 -75

Figura 22: Classificazione delle tipologie di "finalino" dedicate al semi-lavorato (fonte propria)

Come raffigurato in *Figura 22*, la principale divisione tra canale OE e Replacement viene identificata questa volta attraverso i finalini -09 e -70. Mentre l'esistenza dei finalini -71, ..., -79 ed -82, -83 trova la sua motivazione in linea con quanto spiegato in precedenza per il caso di prodotto finito.

Dopo aver ben inteso il significato dei finalini che compongono l'IP7, ovvero il codice che nel modo più univoco identifica una copertura esistente, è possibile procedere con l'analisi del flusso fisico seguito dalle misure PNCS lungo la catena logistica, dalla loro produzione all'immagazzinamento.

Come si evince dalla presentazione del problema, la causa radice che ha originato le criticità relative al flusso considerato risiede nella natura segmentata del processo produttivo. Il fatto che il prodotto sia costretto a subire un processo di lavorazione ripartito tra due stabilimenti distanti geograficamente ha provocato una maggiore complessità di gestione del flusso fisico delle coperture tra fabbriche e magazzini, ma soprattutto un disallineamento tra i piani di produzione del "nero" e di spugnatura.

È bene sottolineare che le criticità che affliggono il processo hanno preso forma in seguito all'avvento della domanda del canale ricambio. Infatti, durante i primi due anni circa di produzione di una nuova tipologia di copertura, la richiesta Replacement è assente. Questo perché, gli pneumatici venduti alle case auto per il primo equipaggiamento, non vengono da subito richiesti dai grossisti o dai clienti per il cambio gomme (fatta eccezione di qualche caso dovuto a foratura o eventi di simile natura).

Per questo motivo, fino a quel momento il flusso aveva assunto una configurazione pressochè lineare, dato l'allineamento del piano di produzione dell'Area 1 con quello di Spugnatura: le misure in uscita dall'Area 1 come semi-lavorato venivano spedite direttamente verso l'Area 2 per il post-processo, dato

che le coperture pianificate appartenevano al canale OE e quindi richieste dal cliente come prodotto finito. Gli pneumatici “neri” che non rispettavano le restrizioni di qualità imposte per il canale OE andavano a costituire la quota parte di scorta definita come Extra-produzione ed immagazzinata presso il magazzino intermedio tra i due stabilimenti, in attesa della loro vendita sul canale Replacement.

Non si lasciava dubbio quindi sulla destinazione delle coperture e anche sul numero di unità da produrre e spugnare a settimana o sul numero di spugne da acquistare. Con l’arrivo della richiesta ricambio, allo stesso modo, la produzione in uscita dall’Area 1 appartenente al canale OE ha continuato per ovvie ragioni ad essere trasferita in Area 2 per la fase successiva di spugnatura, come raffigurato in *Figura 23*. D’altro canto, a questa quantità in ingresso in Area 2 ha iniziato a sommarsi la quota parte di coperture destinate al ricambio, che però non proviene solamente dall’Area 1, ma anche dalla scorta di Extra-produzione accumulata nel magazzino intermedio di semi-lavorato. Perciò, la domanda ricambio ha generato un disallineamento non ancora regolamentato e che ha fatto sì che il numero di pezzi e l’entità delle misure in entrata nelle fasi di post-processo a valle potessero variare rispetto a quelli della produzione a monte.

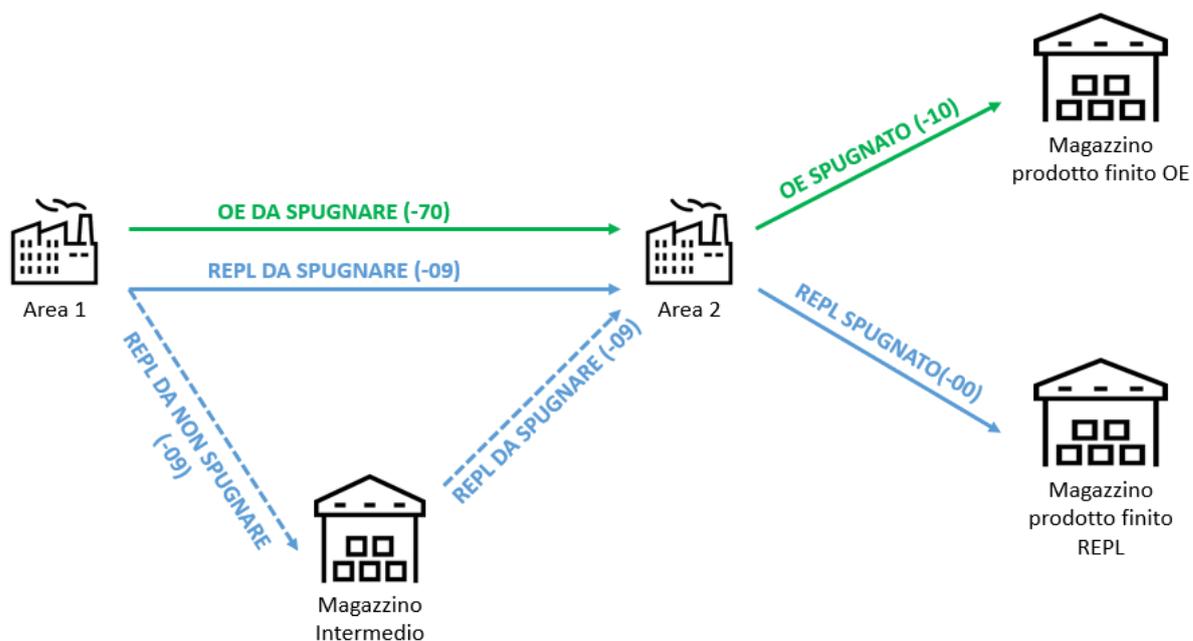


Figura 23: Rappresentazione schematica del flusso logistico seguito dalle coperture PNCS (fonte propria)

Rispetto a quanto riportato in *Figura 23*, il canale Replacement in uscita dall’Area 1 può avere due destinazioni, il magazzino di semi-lavorati o lo stabilimento Area 2. Si decide la destinazione in base al carico di ordini: se si rileva una domanda non coperta, le gomme vengono chiamate all’Area 2 e si procede con l’applicazione delle spugne. In caso contrario, il semi-lavorato viene immagazzinato nel magazzino intermedio.

Nel momento in cui si decide di spugnare, si dà priorità al semilavorato a magazzino per minimizzare il DOT della scorta: prima di post-processare la nuova produzione ricambio, è bene trasformare in

prodotto finito la quota parte di semi-lavorato che staziona da più tempo in attesa di lavorazione, per evitare che la scorta divenga *overage*. In uscita dallo stabilimento del post-processo, la merce si divide sulla base del canale tra i magazzini dedicati per lo stoccaggio del prodotto finito, e dai quali il prodotto finito viene trasferito, per giungere presso i magazzini locali di distribuzione verso il cliente.

Un' ulteriore passaggio lo si riscontra per quanto concerne i finalini. Una volta ottenuto il prodotto finito, la misura identificata da IP5 e finalino -09 o -70, viene poi associata rispettivamente ai finalini -00 o -10.

4.1.2 Le criticità

Tenendo in mente il flusso logistico presentato nel paragrafo precedente, si passano ora in rassegna le criticità che lo caratterizzano e che costituiscono il punto di partenza dello svolgimento del progetto, che verrà trattato nel corso dei Capitoli successivi.

In primo luogo, si deduce che la causa radice delle criticità riscontrate risieda nella variabilità di flusso introdotta dalla domanda Replacement. La richiesta di coperture che emerge dal canale ricambio, fa sì che nello stabilimento Area 2 vengano spugnature le gomme fino ad ora in stock nel magazzino intermedio come Extra-produzione della produzione precedente, oltre a quelle prodotte presso l'Area 1. Questo fatto dà origine al disaccoppiamento tra il piano di produzione dell'Area 1 e quello di spugnatura dell'Area 2. Ciò comporta proprio per il processo di spugnatura delle difficoltà a livello organizzativo, per quanto riguarda la pianificazione dei turni e delle risorse, l'acquisto e l'ordine di materie prime, ma soprattutto conduce all'impossibilità di gestire la capacità produttiva dello stabilimento di post-processo in modo efficiente ed efficace. La discrepanza esistente tra le coperture PNCS che il mercato richiede e le coperture effettivamente spugnature è causata dai seguenti fattori.

Un primo punto a considerarsi è il piano di produzione condiviso, che rappresentava inizialmente anche il punto di partenza per svolgere il post-processo in Area 2. Questo, infatti, viene elaborato come riferimento per la produzione dell'Area 1, a partire dalla scorta disponibile in magazzino, dai requirement di produzione e dalla domanda del mercato.

Fin quando il flusso manteneva una certa linearità e le coperture trasferite verso l'Area 2 coincidevano con quelle in uscita dalla produzione dell'Area 1, a meno dell'Extra-produzione, il piano a monte poteva costituire una base abbastanza solida anche per la fase di spugnatura.

Tuttavia, data la ripartizione del flusso tra Area 1, Area 2 ed il magazzino di semi-lavorati, con l'aumentare della richiesta Replacement, le coperture in entrata alla spugnatura hanno iniziato a discostarsi sempre di più, per tipologia e quantità, rispetto a quelle in uscita dalla produzione a monte. La presenza di un magazzino intermedio tra i due stabilimenti, però, non costituisce l'unica causa di questo disallineamento pianificativo.

Le quantità da spugnare trovano uno sfasamento anche temporale rispetto al piano di produzione, dato che l'iter fino allo stoccaggio del prodotto finito in magazzino comprende numerosi passaggi, come raffigurato in *Figura 24*.

L'arco di tempo individuato tra l'uscita della misura dallo stabilimento di produzione del "nero" e il suo immagazzinamento come prodotto finito, può ricoprire un numero di giorni che dipende dall'urgenza e dal caso specifico. In riferimento al flusso PNCS standard in Italia, se la copertura viene consegnata

dalla fabbrica il giorno N, la spugnatura può essere portata a termine il giorno N+3, considerando il tempo per il trasferimento e il processo di stagionatura in entrata e in uscita. Successivamente, si va incontro alla consegna, che prevede la creazione della *delivery* e il carico del truck. Inoltre, tenendo presente che le misure PNCS devono essere sottoposte a vari controlli qualitativi, il flusso si protrae in conclusione per una decina di giorni circa.

In alcuni casi di urgenza o richiesta eccezionale, l'iter può essere abbreviato, o grazie all'accorpamento di alcune fasi (per esempio, il trasferimento viene organizzato lo stesso giorno del versamento della misura da parte della fabbrica) oppure attraverso la riduzione della tempistica di stagionatura in ingresso e in uscita o del controllo finale.

La segmentazione del flusso logistico ha condotto, inoltre, ad altre due criticità di processo: l'incertezza sulle quantità da inserire in ordine per l'acquisto delle spugne, dato che non si disponeva di un piano effettivo di spugnatura e l'unico riferimento a monte risultava sfasato ad esso, accompagnato anche dalla complessità di stima della capacità di spugnatura richiesta alla fabbrica Area 2. Il processo di acquisto delle materie prime, come le spugne, si basa sulla quantità di fabbisogno indicata da SAP e calcolata rispetto ai numeri della produzione pianificata introdotti a sistema.

La criticità sta nel fatto che SAP risulta però disallineato, in quanto il piano letto per ricavare le quantità da ordinare è quello dello stabilimento Area 1 e che non combacia con il piano di spugnatura effettivo. Il problema non possiede solo una natura quantitativa, ma anche qualitativa, poichè esistono differenti tipologie di spugne e le coperture in ingresso in Area 2 differiscono sì da quelle in uscita dall'Area 1 per numero, ma anche per misura. Per quanto riguarda, invece, la stima della capacità dell'impianto, risulta anch'essa inficiata dal momento che non si possiede un piano riportante i numeri effettivi di spugnatura per settimana.

Riflettendo quindi sulle cause dell'inefficienza della fase di spugnatura, indotta dal disaccoppiamento tra i piani, la soluzione più immediata consisterebbe nella condivisione di due piani separati, uno per la produzione a monten e uno per la spugnatura in Area 2. Il piano del post-processo effettivo conterrebbe sia parte delle misure in arrivo dalla produzione (tutto l'OE e parte del Replacement) e sia le misure in arrivo dal magazzino intermedio, risolvendo così le problematiche in questione.

Tuttavia, non risulta fattibile condividere un piano di spugnatura attraverso le piattaforme e i sistemi informativi ufficiali dell'azienda. Questa discrepanza continua a sussistere, dato che l'introduzione un ulteriore piano ufficiale per il medesimo processo non è gestibile dagli attuali sistemi.

Questo perchè un piano di produzione relativo all'attività di uno stabilimento dislocato a km di distanza verrebbe sistematicamente interpretato come un processo di produzione aggiuntivo, che fornisce ulteriori prodotti PNCS in uscita, e non complementare al primo.

L'obiettivo del progetto consiste nell'elaborazione di un piano non condiviso attraverso i sistemi informativi "ufficiali", ma che riesca a regolamentare e a riordinare il flusso logistico delle coperture che giungono al processo di spugnatura. In modo da fornire, da un lato, un'indicazione chiara circa le misure da trasportare dall'Area 1 al magazzino dei semi-lavorati, dall'Area 1 all'Area 2 o dal magazzino dei semi-lavorati all'Area 2, e dall'altro canto, costruire una pianificazione precisa circa la quantità da spugnare per ciascuna misura in ingresso e offrire una panoramica di capacità più esaustiva e affidabile.

Nella pratica, lo sviluppo di questo progetto tiene sempre in considerazione i seguenti target:

- monitorare il disaccoppiamento tra piano di produzione e piano di spugnatura;

- migliorare l'accuratezza del fabbisogno di spugne da acquistare;
- valutare se esiste la necessità di spugnare parte della scorta ricambio immagazzinata presso il magazzino intermedio;
- condividere con la fabbrica in Area 2 un piano di spugnatura aggiornato settimanalmente;
- condividere mensilmente con la fabbrica in Area 2 la capacità richiesta per il processo di spugnatura.

4.2 Lo sviluppo del progetto

Nel corso dei paragrafi successivi, verranno enunciati i passaggi logici che hanno condotto all'elaborazione del flusso informativo atto a fornire alla fabbrica presso l'Area 2 il piano di spugnatura effettivo. Durante lo sviluppo del progetto sono stati chiamati in causa differenti dipartimenti aziendali, al fine di individuare la modalità di presentazione dei dati utili e gli strumenti operativi attraverso cui condividere l'informazione, e che potessero soddisfare al meglio le esigenze di tutti gli attori coinvolti.

4.2.1 Il Diagramma logico del flusso informativo

Lo studio e l'elaborazione della struttura logica del flusso informativo, di riferimento per la condivisione dei dati, ha permesso di individuare in prima istanza quali fossero i punti da tenere in considerazione al fine di migliorare l'efficacia e l'efficienza del processo di spugnatura.

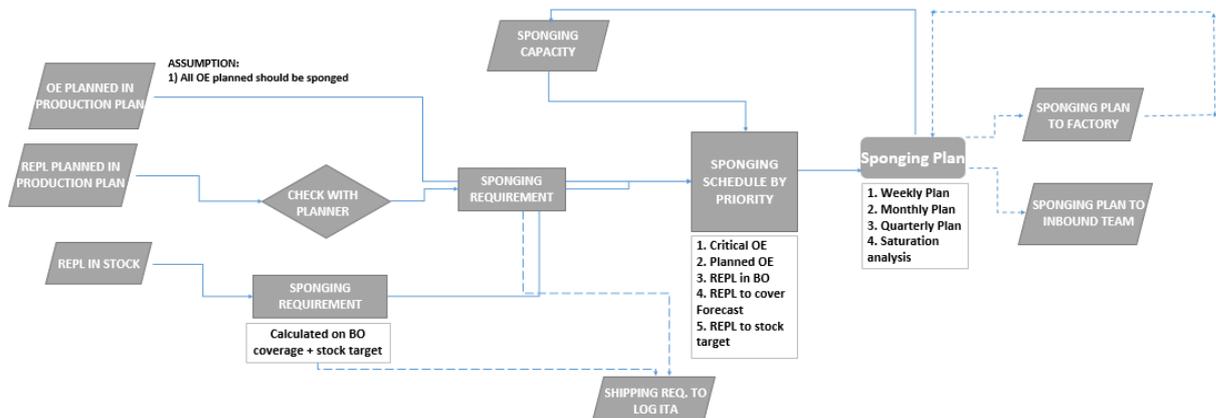


Figura 24: Diagramma per la pianificazione della spugnatura e la condivisione delle informazioni (fonte propria)

Il Diagramma di flusso, rappresentato in Figura 24, permette di chiarificare ed esplicitare le fasi che logicamente si susseguono durante la pianificazione dell'attività di post-processo svolta in Area 2, e che ha come scopo la condivisione del piano di spugnatura o "sponging plan". Quest'ultimo non è che la rivisitazione del piano condiviso per la produzione a monte, considerando però anche la quota parte di coperture ricambio proveniente dal magazzino intermedio.

Il piano fornito per la produzione del “nero”, quindi, continua a costituire il principale mezzo attraverso cui esplicitare la richiesta di spugnatura, indicata per IP5 e quantità. Perciò, il piano di spugnatura non farà altro che esplicitare chiaramente le misure effettivamente in entrata nella fase di spugnatura e quale sia la loro provenienza, se fonte nuova produzione o magazzino intermedio dei semi-lavorati, per facilitare l’organizzazione e la pianificazione sia dei trasporti delle coperture, sia dei turni e delle risorse impiegate per la fase di *post-curing*.

Analizzando nel dettaglio il flusso informativo sopracitato, si riconoscono tre input che svolgono un ruolo chiave per la stesura del piano di spugnatura: le misure OE e Replacement inserite a piano di produzione e le misure Replacement stoccate nel magazzino intermedio. Il primo passo da compiere consiste nel determinare quale sia lo *sponging requirement* o fabbisogno di spugnatura.

Come affermato in precedenza, tutta la produzione OE pianificata rappresenta quanto richiesto espressamente da far spugnare per coprire la domanda delle case auto clienti, perciò costituisce direttamente parte del requirement e viene gestita con una logica MTO. Per quanto riguarda il canale ricambio, invece, la logica seguita è MTS e risulta bisognoso compiere un passaggio intermedio con il planner dello stabilimento dell’Area 1, al fine di riconoscere quali misure Replacement è necessario che vengano già post-processate e quante al contrario debbano andare in stock a magazzino. Per ciascuna delle misure ricambio da spugnare è buona norma controllare quanta scorta si abbia in giacenza nel magazzino intermedio e provvedere di conseguenza all’organizzazione delle spedizioni dal magazzino alla fabbrica in Area 2. Come detto, a parità di misura, si dà precedenza alle coperture con DOT antecedente a magazzino rispetto alla nuova produzione dell’Area 1.

Il numero di pezzi spediti verso l’Area 2 provenienti dalla scorta di semi-lavorato o dall’Area 1 viene determinato considerando l’entità degli ordini inevasi, il cosiddetto *back-order*, e lo stock target che deve essere rispettato per ciascuna misura. Una volta individuate con chiarezza le misure in entrata per il post-processo, la quantità rispettiva e l’origine di ciascuna, il requirement di spugnatura va a definire lo *shipping requirement*, ovvero il fabbisogno di spedizione. Questa informazione viene analizzata dal dipartimento di Logistica Italia per la pianificazione dei transiti e dei trasferimenti necessari per soddisfare quanto dichiarato dall’analisi.

Dopo aver ottenuto il requirement di spugnatura, si procede con il vero e proprio processo di pianificazione della spugnatura. Per portare a termine fase, si deve considerare in ingresso un’informazione aggiuntiva, la capacità di spugnatura dello stabilimento. In questo modo, è possibile valutare la quantità di copertura da includere nel piano giornaliero e settimanale e a quali dare priorità rispetto all’analisi di saturazione della fabbrica. Le priorità si stabiliscono in modo da garantire, innanzitutto, la spugnatura delle misure critiche del canale OE e successivamente quelle pianificate per soddisfare la domanda OE. Dopodiché, si prosegue con la spugnatura delle misure che presentano *back-order*, in modo da andare a coprire le richieste non soddisfatte precedentemente per il canale ricambio. In un secondo momento ci si occuperà della spugnatura delle misure ricambio, con domanda prevista a Forecast e inserite a piano. Mentre, solo se la capacità di spugnatura lo permette, si penserà a post-processare le coperture atte a raggiungere lo stock target di prodotto finito in magazzino per il canale Replacement.

Il piano di spugnatura definitivo viene elaborato una volta definite le priorità di spugnatura. Questo è caratterizzato da una vista settimanale, la quale permette di identificare le specifiche misure e le

quantità relative da spugnare, e viene aggiornato ogni settimana con le *review* di piano. Tuttavia, lo *sponging plan* presenta anche il piano relativo ai due mesi successivi a quello corrente, stimato a partire dal piano di produzione trimestrale dell'Area 1, il quale però viene aggiornato una volta al mese. Il piano ottenuto in uscita viene condiviso con la fabbrica di post-processo, per comunicare i fabbisogni di spugnatura, e anche con il team di Inbound, che si occupa dell'acquisto e dell'ordine delle materie prime.

4.2.2 La raccolta delle informazioni

Con la stesura del seguente paragrafo, si ha l'intenzione di presentare le informazioni ricavate attraverso le riunioni e gli incontri organizzati con tutti gli attori che sono stati coinvolti nello sviluppo del progetto. I dipartimenti, che hanno preso parte alle attività di allineamento e di ricerca durante l'elaborazione e la strutturazione del piano effettivo di spugnatura, possiedono ognuno diverse motivazioni di coinvolgimento ed interesse nel ritrovare soluzioni opportune e capaci di risolvere i problemi emersi, circa il flusso logistico presentato nei paragrafi precedenti. I dipartimenti in questione sono stati la logistica centrale per la Pianificazione della produzione, la logistica Italia, Inbound ed il Manufacturing della fabbrica dell'Area 2.

Dipartimenti			
INBOUND	PRODUCTION PLANNING	LOGISTICA ITALIA	MANUFACTURING
1. ordine e acquisto delle materie prime (es. Spugne)	1. come strutturare il piano di spugnatura sulla base del piano di produzione dell'Area 1	1. allineamento circa la pianificazione e le tempistiche di spedizione da e verso i magazzini e gli stabilimenti in Italia	1. individuare la vista temporale attraverso cui strutturare il piano di spugnatura da condividere
	2. allineamento circa le tempistiche di condivisione del piano di produzione	2. informazioni sugli strumenti attraverso cui monitorare la scorta WIP	2. quali sono le informazioni ricercate per la gestione delle risorse interne della fabbrica dell'Area 2
	3. allineamento circa le review del piano di produzione (settimanale e trimestrale)		3. informazioni riguardo il processo operativo di spugnatura
	4. raccolta delle informazioni e consigli utili alla stesura del piano di spugnatura		4. come strutturare l'analisi di saturazione della fabbrica, per fornire indicazioni circa la capacità richiesta

Figura 25: Schematizzazione dei punti di discussione con le aree aziendali coinvolte (fonte propria)

Nel corso del paragrafo, verranno riportati i punti di discussione affrontati durante i meeting a cui le suddette aree aziendali hanno preso parte e che sono state chiamate in causa per differenti ragioni, come schematizzato in *Figura 25*. A partire dal meeting pianificato con il team di Inbound per l'acquisto materie prime, è emerso che l'ordine effettivo delle spugne viene effettuato settimanalmente dalla fabbrica Area 2, sulla base dei numeri inseriti nel piano di produzione a monte. Il compito del team

Inbound consiste nello svolgere delle review, con lo scopo di supervisionare se l'ordine delle materie prime sia realmente coerente con quanto è pianificato per la produzione.

Le spugne si suddividono in dodici tipologie diverse, e ciascuna misura IP5 necessita per la fase di post-processo che venga applicato un tipo specifico delle dodici spugne esistenti; mentre, il tempo di arrivo delle spugne in stabilimento è di circa un mese dall'ordine.

Un primo problema emerso durante l'incontro risiede nella variabilità intrinseca che possiede il piano di produzione e che comporta delle ripercussioni nella gestione degli ordini e degli acquisti delle risorse produttive. Tuttavia, le review settimanali di piano inevitabilmente riportano dei numeri che si discostano più o meno da quanto pianificato nelle settimane precedenti.

Data la natura fluttuante della domanda, questo punto non può essere del tutto risolto, ma semmai mitigato con analisi di previsione più accurate. Il principale punto di confronto e per il quale si è cercato di offrire una soluzione con lo sviluppo del progetto è stata l'incoerenza tra i numeri pianificati per la produzione a monte e le misure effettivamente in ingresso nella fase di spugnatura. Questo aspetto ha causato delle criticità per l'acquisto delle spugne, poichè come detto diverse misure IP5 possono richiedere differenti tipologie di spugne per il post-processo. Infatti, se in entrata in Area 2 giungono delle misure diverse rispetto a quelle previste a causa del disaccoppiamento dei piani, alla fine si realizzano delle coperture in funzione alle spugne disponibili nello stabilimento, che possono non essere quelle necessarie per le misure richieste dal mercato.

Quindi, l'obiettivo da portare a termine per soddisfare il fabbisgno del team Inbound e per risolvere le criticità riscontrate è quello di creare un piano di spugnatura che sia il più affidabile possibile nella vista sia mensile che trimestrale, al fine di garantire con l'acquisto mensile delle risorse una copertura di circa XX settimane presso la fabbrica Area 2.

Grazie al meeting di allineamento con il planner dello stabilimento dell'Area 1, invece, è stato possibile ricavare delle informazioni utili da tenere in considerazione durante la pianificazione della fase spugnatura. Come anticipato, il piano di spugnatura prevede tutte le misure del canale OE e una parte delle misure Replacement presenti a piano di produzione, oltre cui si contano quelle provenienti dallo stock di semi-lavorato. I *drivers* decisionali che permettono la stesura del piano sono la scorta presenta a magazzino in Italia e a livello mondo, le previsioni di vendita a Forecast per le misure ricambio, i call-off per il canale OE e il *back-order*.

Solitamente, per la pianificazione a livello mondo si considera uno stock target per assicurare almeno XX giorni di copertura, in base a quanto sono dislocate la fabbrica produttiva ed il magazzino di distribuzione sul mercato. Il numero di pezzi da garantire in magazzino viene calcolato in funzione alle previsioni di vendita mensile ed al *lead time* di trasporto verso il magazzino di distribuzione.

Considerando che la revisione settimanale di piano viene caricata entro il mercoledì sera o la mattinata di mercoledì, si è convenuto durante la riunione di fornire il piano di spugnatura alla fabbrica entro la sera del giovedì, così da permettere l'organizzazione delle risorse interne. L'idea condivisa è quella di elaborare un monitor di piano per la spugnatura con focus sulle misure ricambio e sulla loro provenienza (se nuova produzione o fonte magazzino intermedio), una volta effettuato il passaggio con il planner dello stabilimento a monte per avere conferma sulle misure Replacement da spugnare. Il consiglio del pianificatore dell'Area 1 è stato cercare di garantire una copertura a XX giorni per tutte

le misure *Prestige*, a causa dell'altissima variabilità della domanda, oltre che per tutte le misure dedicate alle spedizioni di *long pipeline*.

L'incontro con il dipartimento di logistica Italia, invece, ha dato l'opportunità di comprendere con più chiarezza le modalità di spedizione e le tempistiche necessarie per i trasferimenti. La logistica Italia considera il piano condiviso per la produzione dell'Area 1 e viene avvisata nel caso in cui ci fossero delle modifiche importanti dopo le review di piano settimanali, per quanto riguarda i numeri da trasferire, così da aggiornare le spedizioni. È l'unico degli attori coinvolti ad utilizzare l'informazione delle quantità trasferite dal magazzino intermedio all'Area 2 o quanto viene effettivamente spugnato ed immagazzinato presso i magazzini dedicati al prodotto finito (i magazzini di distribuzione del flusso logistico). La movimentazione delle coperture dall'Area 1 all'Area 2 avviene con cadenza giornaliera. Il trasferimento richiede mediamente un giorno intero, tuttavia, il lunedì, ovvero il giorno in cui viene movimentato il versato del weekend, non viene smaltita tutta la merce da trasferire. Le gomme sono caricate su pallet con una capacità di circa 12 unità ciascuno, il quale viene spugnato per intero in Area 2: la fabbrica non spugna parzialmente i pallet che giungono nello stabilimento.

Per quanto riguarda le misure versate dopo la fase di spugnatura, esiste una transazione specifica di SAP per mostrare le quantità esatte. I pezzi presi in carico dalla fabbrica, e che dovranno subire la fase di stagionatura e il processo di spugnatura, vengono individuati su SAP sotto la voce di "contolavoro" ed identificati attraverso IP5 + "finalino" (09 o 70, dato che si tratta di semi-lavorato). Una volta applicata la spugna, la scorta passa in stato blocked e successivamente risulterà come scorta disponibile (ATP, *Available To Promise*) in finalino -00 o -10, ecc., ovvero prodotto finito trasferibile nei magazzini di distribuzione.

Il dipartimento di logistica Italia, inoltre, fornisce indicazioni circa il DOT delle gomme a magazzino e può quindi informare la logistica centrale, che si occupa della pianificazione della produzione, se alcune misure a magazzino siano a rischio *overage*. In tal caso, sarà compito del dipartimento di logistica ristabilire la scorta adeguata. Una copertura *overage* viene spugnata e destinata alla vendita se, per esempio, viene destinata alla copertura del *back-order* esistente e non deve stazionare in magazzino per attendere la futura domanda prevista. Per questa ragione, è importante che ci sia un passaggio di informazioni e che ci sia un continuo riscontro tra logistica Italia e logistica centrale. Dopo 4 anni dalla data di produzione (DOT), incisa sul fianco dello pneumatico, le coperture risultano invendibili e quindi vengono necessariamente tagliate.

L'importante, quindi, è comunicare con anticipo le misure ricambio da trasferire all'Area 2 da nuova produzione o dal magazzino intermedio, così che la logistica Italia possa pianificare le spedizioni (organizzate di base due settimane prima) e mettere in atto i processi di controllo sullo stato e la disponibilità della scorta da inviare. In particolare, questo dipartimento acquisisce un ruolo attivo durante la fase di pianificazione della spugnatura, dato che informa circa le quantità effettivamente trasferibili, una volta svolte le proprie valutazioni. Con la logistica Italia vengono settimanalmente discussi i raggruppamenti per settimana delle misure in piano il mese corrente, al fine di gestire efficientemente le spedizioni, considerando la capacità di trasporto e che ciascun truck possa trasportare 400 gomme circa alla volta.

Infine, anche il meeting con la fabbrica dell'Area 2 ha permesso di giungere a delle conclusioni utili circa la modalità con cui presentare l'informazione e il piano di spugnatura stesso, quindi la

prospettiva temporale desiderata per organizzare e gestire nella maniera più efficiente le risorse e le tempistiche di condivisione dell'informazione. È stata un'occasione per concordare, quindi:

- il calendario per le review settimanali di piano;
- la strutturazione del piano circa le misure da spugnare;
- la condivisione del piano trimestrale, aggiornato mensilmente, affinché si fornisca una visione ad ampio raggio sulla richiesta di spugnatura e che sia utile, in particolare, al team di inbound per l'ordine e l'acquisto della materia prima.

4.2.3 I main drivers del piano

Prima di passare in rassegna i principali strumenti operativi elaborati per risolvere le criticità logistiche del flusso PNCS in Italia, è bene ricapitolare quali siano gli input necessari per la pianificazione della fase di spugnatura, enunciati nei paragrafi precedenti. Come affermato, il piano di produzione dello stabilimento a monte, che si occupa della realizzazione delle coperture "nere", prive di spugna, costituisce la principale guida per la pianificazione del prost-processo.

Grazie ad esso, si ottiene il *requirement* di spugnatura, calcolato considerando la domanda prevista del canale OE e Replacement, la scorta mondo e presso i magazzini e il *back-order* eventuale. Quest'ultimo fornisce le informazioni circa quali misure debbano essere post-processate ed in quali quantità, e che successivamente verranno incrociate con i dati di capacità produttiva della fabbrica, forniti dal dipartimento di Manufacturing. In uscita, si ricava un piano di spugnatura "prioritizzato", il quale indica le misure che dovranno essere spugnature con maggiore urgenza. A partire da ciò, è possibile stilare il piano di spugnatura effettivo, che verrà condiviso con la fabbrica, il team Inbound e la logistica Italia. Anche le informazioni raccolte attraverso gli incontri con i dipartimenti coinvolti costituiscono un *driver* di basilare importanza per lo sviluppo della soluzione progettuale.

I principali strumenti operativi elaborati, che verranno presentati nel dettaglio nel corso dei paragrafi successivi, sono riportati e schematizzati in *Figura 26*. Tra questi si riconosce in primo luogo il piano di spugnatura, che si struttura attraverso una vista settimanale, per quanto concerne il mese in corso. Quest'ultimo si accompagna al piano trimestrale, il quale invece offre una visione più ampia sebbene di minor affidabilità, includendo i due mesi seguenti, in funzione alle misure pianificate per la produzione dell'Area 1 nei mesi N+1 ed N+2. Oltre a questi, si prevede un monitor, denominato "cockpit", per il controllo della scorta mondo, la scorta di semi-lavorato ed il *back-order*, e con cui si rende possibile la stesura vera e propria del piano di spugnatura. In ultima istanza, è stato realizzato anche uno strumento per monitorare la spugnatura effettivamente portata a termine dall'Area 2 ed il file dedicato all'analisi di saturazione dello stabilimento, per ricavare come output la capacità richiesta alla fabbrica durante i mesi seguenti.

PIANO DI SPUGNATURA	Piano di spugnatura con vista settimanale, mese N + piani trimestrali
COCKPIT	Monitor dello stato attuale di <i>Back-Orders</i> , Scorta WW, Scorta WIP
MONITOR GOMME SPUGNATE	Per avere l'informazione delle coperture spugnature giorno per giorno
ANALISI DI SATURAZIONE	Analisi della capacità di spugnatura richiesta per i mesi successivi

Figura 26: Rappresentazione degli strumenti operativi realizzati durante il progetto (fonte propria)

In Figura 27, si presenta il calendario concordato per la condivisione dei piani elaborati. Esso presenta una vista mensile, e considera settimanalmente la consegna della review di piano del mese N. Mentre, con cadenza mensile, si prevede l'analisi della saturazione dello stabilimento per il post-processo e l'aggiornamento del piano trimestrale.

A continuazione, verranno trattati, uno ad uno, gli strumenti operativi per la risoluzione delle criticità di flusso riscontrate, per cui si presenterà sia la finalità che i ragionamenti e le logiche seguite per la loro strutturazione.

	PROD PLANNING	NCS PLANNING	Cosa condividere
1	MO	weekly review	
2	TU	weekly review	
3	WE	weekly review	weekly review
4	TH		weekly review
5	FR		review piano mese-N + piani trimestrali as is
6	SA		
7	SU		
8	MO	weekly review	
9	TU	weekly review	
10	WE	weekly review	weekly review
11	TH		weekly review
12	FR		review piano mese-N + piani trimestrali as is
13	SA		
14	SU		
15	MO	weekly review	analisi saturazione
16	TU	weekly review	stima di capacità di spugnatura necessaria per i mesi N+1,N+2,N+3
17	WE	weekly review	weekly review
18	TH	mothly plan	weekly review
19	FR	mothly plan	review piano mese-N + piani trimestrali as is
20	SA		
21	SU		
22	MO	mothly plan	
23	TU	mothly plan	
24	WE	mothly plan	monthly plan
25	TH		monthly plan
26	FR		piano mese-N+1 + piani trimestrali as is
27	SA		
28	SU		
29	MO	quarterly plan	
30	TU	quarterly plan	
31	WE	quarterly plan	quarterly plan
			review piano mese-N+1 + piani trimestrali aggiornati

Figura 27: Rappresentazione del calendario di condivisione dei piani (fonte propria)

4.2.4 L'analisi di saturazione della Spugnatura

Nel corso del paragrafo "L'analisi di saturazione della fabbrica" contenuto nel secondo Capitolo, erano stati presentati i concetti di sotto-saturazione, sovra-saturazione e Extra-produzione, e tutte le informazioni richieste per la stesura di questo documento. Come anticipato, l'analisi di saturazione permette di capire se lo stabilimento sia effettivamente in grado di produrre quanto la domanda richiede, sulla base della capacità massima indicata dalla fabbrica stessa. Grazie a questo studio, è possibile infatti identificare quale sia la capacità da richiedere alla fabbrica, calcolata in riferimento al fabbisogno di produzione futuro, e riconoscere situazioni di eventuale sovra-saturazione o sotto-saturazione.

A continuazione, verranno enunciati i passaggi logici e di calcolo che il file Excel esegue per l'elaborazione dell'analisi di saturazione applicata specificatamente al processo di spugnatura, svolto nello stabilimento dell'

Area 2.

Il primo passo è costituito dalla raccolta dati circa le Forecast, ovvero le previsioni di vendita dei mesi futuri per ciascun IP5 della gamma, che offrono anche il valore atteso della quantità di Extra-produzione. La resa OE in quest'ultimo caso, viene indicata come una percentuale specifica per quel particolare IP5. In questo modo, il calcolo dell'extra selezione per ciascuna misura (inevitabile a causa della resa OE necessariamente < 100%) fornisce un risultato più attendibile e ricavato attraverso la seguente formula in Excel:

$$= \text{MAX} (0; \text{SE} (\text{Produzione REPL}=0; \text{Extra selezione} - \text{Forecast REPL}; 0))$$

Con questa espressione si desidera indicare che, se la produzione pianificata destinata al canale ricambio di una specifica misura NCS fosse nulla, allora la quantità di coperture da produrre come extra selezione sarà pari al massimo tra 0 e la differenza tra quanto previsto come produzione Extra-produzione e quanto di questa quantità potrebbe essere venduto, per soddisfare la domanda Replacement (in tal caso, le coperture prodotte come Extra-produzione, ma vendute, non verrebbero immagazzinate come risultato dell'extra selezione).

Nel caso in cui, invece, la produzione pianificata per il canale ricambio non fosse nulla per la misura NCS in questione, allora l'extra selezione da considerare per l'analisi di saturazione sarebbe 0, in quanto la quantità ottenuta sarebbe già "scontata" alla nuova produzione ricambio e quindi non costituirebbe la quota parte di produzione aggiuntiva e non desiderata. Per svolgere l'analisi di capacità del processo di spugnatura, si parte dalle informazioni acquisite nel modo menzionato, affinché vengano ricavati dati sulle previsioni di vendita del canale OE + *fitted unit* e Replacement, per ciascuna misura NCS, e le quantità di extra selezione da produrre. Queste informazioni permettono di ottenere in uscita un numero di coperture mensili stimate per la produzione, che serviranno a valutare la saturazione della fabbrica dell'Area 2. Come mostrato nelle tabelle riportate in *Figura 28*, è possibile ragionare anche per stabilimenti di produzione separati, ovvero suddividere l'analisi tra il Polo Industriale Area 1 e l'impianto NEXT dell'Area 1, maggiormente automatizzato e dedicato alle misure di alto calettamento.

FORECAST IMPIANTO 1													
Chiave	gen-21	feb-21	mar-21	apr-21	mag-21	giu-21	lug-21	ago-21	set-21	ott-21	nov-21	dic-21	TOT
Domanda prio 1													
Domanda prio 2													
Spare capacity													

FORECAST IMPIANTO 2													
Chiave	gen-21	feb-21	mar-21	apr-21	mag-21	giu-21	lug-21	ago-21	set-21	ott-21	nov-21	dic-21	TOT
Domanda prio 1													
Domanda prio 2													
Spare capacity													

FORECAST TOTALE													
Chiave	gen-21	feb-21	mar-21	apr-21	mag-21	giu-21	lug-21	ago-21	set-21	ott-21	nov-21	dic-21	TOT
Domanda prio 1													
Domanda prio 2													
Spare capacity													

Figura 28: Tabella base per la stima di produzione delle misure NCS secondo le Forecast di vendita (fonte propria)

Le tabelle presentate serviranno come appoggio per la strutturazione dei grafici di saturazione, riportati in Figura 29. La capacità settata e comunicata dal dipartimento di Manufacturing viene confrontata con quanto richiesto da produrre per soddisfare la domanda del mercato di ciascun canale di selezione.

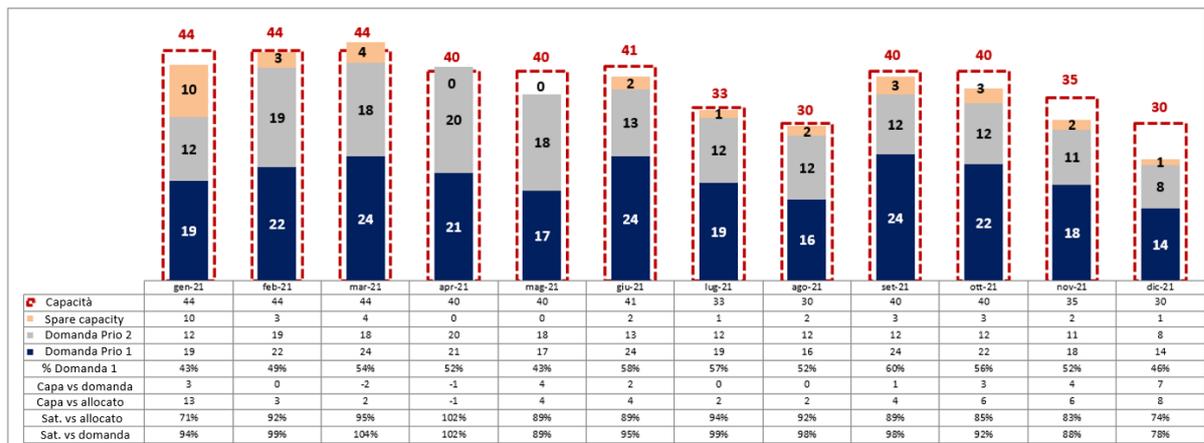


Figura 29: Grafici di saturazione risultanti dall'analisi (fonte propria – numeri definiti casualmente)

Da questo studio di saturazione si ricavano come output:

- la quota parte di capacità produttiva occupata per la spugnatura delle misure NCS dedicate alla domanda con maggiore priorità e legata a contratti di fornitura vincolanti:

FCST Domanda prioritaria / Capacità

- la quantità di coperture che lo stabilimento riuscirebbe a spugnare oltre a quanto richiesto da domanda prioritaria, domanda standard ed Extra-produzione (se il risultato fosse negativo, si avrebbe una condizione di sovra-saturazione):

Capacità – Extra produzione – FCST Domanda standard – FCST Domanda prioritaria

- la saturazione del processo di spugnatura della fabbrica considerando il fabbisogno a meno dell'Extra-produzione:

$$\text{(FCST Domanda prioritaria + FCST Domanda standard) / Capacità}$$

- la saturazione del processo di spugnatura della fabbrica considerando il totale fabbisogno di produzione:

$$\text{(FCST Domanda prioritaria + FCST Domanda standard + Extra Produzione) / Capacità}$$

È bene specificare che il fabbisogno di produzione su cui si basa questa analisi sia il piano relativo allo stabilimento dell'Area 1. La valutazione circa la coerenza tra la richiesta di produzione e la capacità di post-processo è svolta, quindi, ipotizzando che la quota parte non da spugnare, prodotta a monte, si compenserà con quanto invece inviato dal magazzino dei semi-lavorati. La riunione con il pianificatore dello stabilimento dell'Area 1 risulta utile per commentare il piano di produzione da un lato e la capacità di spugnatura dall'altro.

Inoltre, riguardo al calendario di condivisione, l'analisi di saturazione deve essere portata a termine prima di inviare il piano mensile finale, dato che serve per dare una prima idea alla fabbrica su quanto verrà chiesto di spugnare.

4.2.5 Il Piano di Spugnatura

Il piano di spugnatura, condiviso settimanalmente, costituisce la soluzione progettuale elaborata per risolvere le criticità dovute al disaccoppiamento dei processi di produzione a monte e di *post-curing* in Area 2, generate dall'avvento della richiesta delle coperture destinate al canale Replacement. Attraverso il file Excel presentato in questo paragrafo, è possibile definire e comunicare in via "non ufficiale" le quantità da spugnare per ciascuna misura coinvolta nel piano e indicare quali coperture ricambio debbano essere spedite alla fabbrica con fonte nuova produzione o dal magazzino intermedio dei semi-lavorati.

In prima istanza, è fondamentale commentare nel dettaglio la configurazione assunta dal piano di spugnatura, il quale si propone di presentare quali siano le quantità da spugnare settimanalmente durante il mese in corso. Il documento, riportante le informazioni relative alla spugnatura, è stato realizzato in modo da essere facilmente compreso e cercando di evitare qualsiasi tipo di ambiguità interpretativa. La sua strutturazione tiene conto delle esigenze emerse durante le riunioni con ciascuno dei dipartimenti coinvolti. Come è possibile apprezzare dalla *Figura 30*, il ragionamento è svolto per IP7, così da differenziare il canale e riconoscere univocamente ciascuna copertura ed il piano relativo. Il file permette di riconoscere chiaramente quale sia la fonte della misura, se il magazzino intermedio o l'Area 1, per poter agevolare l'attività di organizzazione delle spedizioni e dei trasporti. Inoltre, nella tabella base vengono riportate tutte le misure IP5 inserite nel piano mensile dell'Area 1, specificando se lo stabilimento d'origine sia il Polo o l'impianto NEXT (per le misure provenienti dal magazzino intermedio, il campo "Stabilimento" risulterà, ovviamente, vuoto).

La seguente visualizzazione definisce se le coperture considerate siano effettivamente da spugnare o no, attraverso la colonna dedicata, e offre una panoramica sulle quantità da post-processare in corrispondenza delle colonne indicanti il numero delle settimane. Nel caso in cui le misure di nuova

produzione non dovessero essere sottoposte al post-processo, la logistica Italia provvederà al loro trasferimento dall'Area 1 al magazzino.

Tipo	Da spugnare	Misura critica	Stabilimento	IP5	Material_Description	IP7	CHANNEL	21	22	23	24	25	26	Grand Tot
Stock fonte magazzino intermedio	SI			36282	255/40R21 102V XLP-ZERO(VOL)Ksncs	3628200	REPL	400			400			400
Stock fonte magazzino intermedio	SI			39563	255/40R20 101W XLWSZer3(T)0ncself	3956300	REPL	400				800	400	1.200
Stock fonte magazzino intermedio	SI			35204	245/45R21 104V XLP-ZERO(I)LR)ncs	3520400	REPL						800	800
Stock fonte magazzino intermedio	SI			36285	245/40R20 99W XL P-ZERO(VOL)ncs	3628500	REPL		800					800
Stock fonte magazzino intermedio	SI			27644	255/40R20 101Y XL P-ZERO(AO)ncs	2764400	REPL				400	800		1.200
Stock fonte magazzino intermedio	SI			36283	255/35R22 102V XL P-ZERO(VOL)ncs	3628300	REPL	400						0
Stock fonte magazzino intermedio	SI			28572	285/30Zr22 (101Y)XL P-ZERO(AO)ncs	2857200	REPL	400						0
Stock fonte magazzino intermedio	SI			31032	275/35R20 97V XL P7as(VOL)ncs	3103200	REPL				400	400		800
Stock fonte magazzino intermedio	SI			36352	275/35R22 104W XL P-ZERO(VOL)ncs	3635200	REPL							0
Stock fonte magazzino intermedio	SI			35591	235/40R19 96V XL WSZer3(T)0ncs	3559100	REPL							0
Produzione Pianificata Area 1	SI		POLO AREA 1	26820	265/35R22 102V XL P-ZERO(VOL)ncs	2682000	REPL	275	41	469	260	499	366	1.635
Produzione Pianificata Area 1	SI		POLO AREA 1	26820	265/35R22 102V XL P-ZERO(VOL)ncs	2682013	OE		189	493	330	250		1.262
Produzione Pianificata Area 1	SI		NEXT AREA 1	26823	255/40R21 102V XL SZROAS(VOL)ncs	2682300	REPL	19	18	420	239	300	47	1.024
Produzione Pianificata Area 1	SI		NEXT AREA 1	26823	255/40R21 102V XL SZROAS(VOL)ncs	2682312	OE				236	97	78	411
Produzione Pianificata Area 1	SI		NEXT AREA 1	26835	255/30R19 91Y XL P-ZERO(AO)ncs	2683500	REPL	79	284	113	230	273	56	956
Produzione Pianificata Area 1	NO		NEXT AREA 1	26793	305/35Zr21 (109Y)XL P-ZERO(B)ncs	2679300	REPL	497	382	196				578
Produzione Pianificata Area 1	SI		POLO AREA 1	26793	305/35Zr21 (109Y)XL P-ZERO(B)ncs	2679312	OE	364	367	158	193	249	236	1.203
Produzione Pianificata Area 1	SI		POLO AREA 1	27643	255/35R21 98Y XL P-ZERO(AO)ncs	2764300	REPL				92	436	142	670
Produzione Pianificata Area 1	SI		POLO AREA 1	27643	255/35R21 98Y XL P-ZERO(AO)ncs	2764311	OE	490	361	228	360	22	313	1.284
Produzione Pianificata Area 1	SI		POLO AREA 1	27825	265/35R22 102V XL S-WNTT ncs	2782500	REPL	376	167	258	430	81	412	1.348
Produzione Pianificata Area 1	NO		POLO AREA 1	28572	285/30Zr22 (101Y)XL P-ZERO(AO)ncs	2857200	REPL				302	461	48	811
Produzione Pianificata Area 1	SI		POLO AREA 1	28572	285/30Zr22 (101Y)XL P-ZERO(AO)ncs	2857210	OE				204	166	146	516

Figura 30: Piano di Spugnatura (fonte propria – numeri definiti casualmente)

Per quanto riguarda la comunicazione della capacità produttiva richiesta allo stabilimento dell'Area 2, è stato costruito un riquadro schematico di analisi, capace di monitorare la quantità di coperture da lavorare settimanalmente, come rappresentato in Figura 31.

Da spugnare	Tipo	CHANNEL	week					tot	
			21	22	23	24	25		26
SI	Produzione Pianificata Area 1	OE							
		REPL	3.256	3.234	3.557	3.834	3.916	3.476	21.273
		REPL	1.969	2.092	4.000	3.069	3.717	2.396	17.243
	Stock fonte magazzino intermedio	REPL	1.600	800	0	1.200	2.000	1.200	6.800
			6.825	6.126	7.557	8.103	9.633	7.072	45.316
		pezzi/settimana giorni lavorativi pezzi/giorno	5	4	5	5	5	5	29
			1.365	1.532	1.511	1.621	1.927	1.414	
NO	Produzione Pianificata Area 1	REPL	1.250	821	684	1.035	1.187	732	4.459

Figura 31: Riquadro riassuntivo delle quantità settimanali inserite nel piano di spugnatura (fonte propria)

Quest'ultimo permette la visualizzazione immediata dei dati caratterizzanti l'attività di post-processo, come il totale per settimana delle misure da spugnare differenziate per canale OE o Replacement, la quota parte delle misure ricambio provenienti dalla scorta di semi-lavorato e le informazioni riassuntive circa i pezzi/settimana o pezzi/giorno pianificati per la lavorazione.

Il foglio Excel presentato per la comunicazione del piano di spugnatura viene compilato grazie al supporto fornito da uno strumento denominato "Cockpit". Come affermato in precedenza, quest'ultimo non è altro che un monitor di controllo della scorta e della relativa copertura, del back-order e delle Forecast di vendita, per tutte le misure NCS industrializzate negli stabilimenti del Polo e NEXT presso l'Area 1 e con previsioni di domanda non nulle per l'anno in corso.

Il monitor appare come in Figura 32 e provvede, per ciascun codice IP7 della gamma coinvolta, una panoramica su quanto si prevede venga richiesto dal mercato; il back-order attuale e quanto si pensa rimarrà inavaso alla fine del mese; lo stock di apertura del mese considerato (a livello mondo, sul produttore, presso Area 2 o magazzino intermedio) e lo stock attualizzato al giorno corrente (a livello mondo, sul produttore, presso Area 2 o magazzino intermedio). Bisogna tenere presente che le voci di stock presso Area 2 e magazzino intermedio considerano dei prodotti semi-lavorati (WIP), dato che si riferiscono al prodotto non ancora spugnato.

PF	PF	PF	PF	WIP	WIP	PF	PF	WIP	WIP
BO+OOH	OPEN BO	Op. Stock World	Op. Stock Producer	Stock TODAY Area 2	Stock TODAY WIP WH	Stock TODAY World	Stock TODAY Producer	Stock TODAY Area 2	Stock TODAY WIP WH
0	0	711		0	1435	710		0	1435
0	0	1111		0	69	659		286	69
0	0	0		0	25	0		0	31
0	0	381		135	10	244		205	10
0	0	115		1	3	31		0	3
0	0	451		0	3	505		0	3
0	0	2168		1	2	588		1	2
0	0	242		0	2	53		0	2

Figura 32: Cockpit monitor (fonte propria)

I dati sopra enunciati, provenienti dalla reportistica ufficiale aziendale, vengono poi utilizzati e processati dalle formule impostate nel file, per offrire in uscita la copertura della scorta calcolata in giorni e la proiezione della giacenza di chiusura (a livello mondo e sul produttore), come riportato in Figura 33.

Questa tabella fornisce i dati di output necessari per procedere con la corretta compilazione del piano di spugnatura. Una volta ricavate queste informazioni, infatti, è possibile decidere se una misura in produzione a monte debba essere spugnata o no o se c'è il bisogno di post-processare alcune coperture stoccate nel magazzino intermedio. Le formule elaborate si basano sui numeri contenuti nelle colonne "Production Plan" e "Sponge from WIP WH".

Rispettivamente, esse indicano per ciascuna riga, e quindi per ciascun IP7 di semi-lavorato, la quantità totale prevista per la fase di spugnatura del mese corrente con fonte nuova produzione (osservazione: quando viene deciso di indirizzare verso l'Area 2 una misura prodotta in Area 1, le quantità da spugnare corrispondono alle quantità contenute nel piano di produzione a monte) e la quantità prevista con fonte magazzino di semi-lavorato. In questo modo sarà possibile definire le giuste quantità da spugnare, inserendo i dati nel foglio Excel del piano di spugnatura e visualizzare la copertura garantita con i numeri pianificati.

		PF	PF	PF	PF	
Production Plan	Sponge from WIP WH	Cl. Stock World	GG Cov. World	Cl. Stock Producer	GG cov. Producer	Requirement
0	0	711	-	-92	-	92
0	0	711	66	0	-	0
0	0	-57	-	0	-	0
0	0	-489	(17)	0	-	0
0	0	115	-	0	-	0
0	0	451	242	0	-	0
0	0	1.872	405	0	-	0
1139	0	1.331	1.261	1.139	1.079	0

Figura 33: Cockpit monitor (fonte propria)

La formattazione condizionale permette di riconoscere per quali misure IP7 i giorni di copertura siano negativi (domanda mese N maggiore rispetto alla scorta di chiusura del mese N) o sotto un certo target prestabilito.

Nel dettaglio, le formule Excel che permettono il calcolo delle voci presentate sono:

- Stock di chiusura a livello mondo: ottenuto dal totale tra quantità stoccata come prodotto finito e quantità da post-processare durante il mese, sottraendo la richiesta prevista per il mese in corso.

Stock di apertura mondo + Production Plan + Sponge from WIP WH – Forecast mese N

- Giorni di copertura a livello mondo: ottenuto calcolando la copertura in riferimento alla domanda prevista per i mesi futuri. Il principio del ragionamento è che se lo stock di chiusura fosse uguale alla domanda prevista per il mese corrente allora la copertura sarebbe a XX giorni. In caso contrario, si calcola proporzionalmente la differenza in eccesso o in difetto. Come esplicitato nella formula sottostante, se le condizioni espresse non fossero rispettate, allora la copertura si calcolerebbe come il rapporto tra lo stock di chiusura e la media delle previsioni mensili di vendita dal mese corrente a dicembre, moltiplicato per XX.

= SE.ERRORE(SE((stock chiusura mese N)<Forecast mese N;stock chiusura mese N/Forecast mese N*30;SE((stock chiusura mese N-Forecast mese N)<Forecast mese N+1;(stock chiusura mese N-Forecast mese N)/Forecast mese N+1*30+30;SE((stock chiusura mese N-Forecast mese N-Forecast mese N+1)<Forecast mese N+2;(stock chiusura mese N-Forecast mese N-Forecast mese N+1)/Forecast mese N+2*30+60;stock chiusura mese N/MEDIA(Forecast mese N:Forecast dicembre)*30));0

- Stock di chiusura sul produttore: ottenuto dal totale tra quantità stoccata come prodotto finito e quantità da post-processare durante il mese, sottraendo la richiesta prevista di produzione per il mese in corso.

Stock di apertura sul produttore + Production Plan + Sponge from WIP WH – Requirement

- Giorni di copertura sul produttore: la logica è analoga al caso dei giorni di copertura livello mondo.

= SE.ERRORE(SE((stock chiusura mese N sul produttore)<Forecast mese N;stock chiusura mese N sul produttore/Forecast mese N*30;SE((stock chiusura mese N sul produttore-Forecast mese N)<AO4;(stock chiusura mese N sul produttore-Forecast mese N)/Forecast mese N+1*30+30;SE((stock chiusura mese N sul produttore-Forecast mese N-Forecast mese N+1)<Forecast mese N+2;(stock chiusura mese N sul produttore-Forecast mese N-Forecast mese N+1)/Forecast mese N+2*30+60;stock chiusura mese N sul produttore/MEDIA(Forecast mese N:Forecast dicembre)*30));0

Utilizzando i file e le formule indicate, è possibile compilare la tabella relativa al piano di spugnatura del mese in corso con vista settimanale. Oltre alla pianificazione mensile, però, è bene indicare alla fabbrica anche i volumi previsti per la spugnatura dei due mesi successivi. In questo caso, si parla di piano trimestrale, il quale non è che una riorganizzazione delle informazioni contenute nel piano trimestrale dello stabilimento dell'Area 1.

La sua strutturazione, come in *Figura 34*, prevede il piano del mese in corso e dei mesi N+1 ed N+2. L'aggiornamento delle quantità pianificate per il mese in corso avviene settimanalmente con la revisione di piano, mentre, le quantità dei due mesi successivi vengono aggiornate una volta al mese, dopo la comunicazione del piano trimestrale definito per lo stabilimento a monte.

Stabilimento	IPS	IP7	Material_Description	2021/06	2021/06	2021/06	2021/06	2021/06	2021/07	2021/07	2021/07	2021/07	2021/08	2021/08	2021/08	2021/08	2021/08	Grand Total
				22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
POLO AREA 1	36282	3628200	255/40R21 102V XLP-ZERO(VOL)KSnCS															
POLO AREA 1	39563	3956300	255/40R20 101W XLWSZer3(TO)ncselT															
POLO AREA 1	35204	3520400	245/45R21 104Y XLP-ZERO(U)LR)ncs															
POLO AREA 1	36285	3628500	245/40R20 99W XL P-ZERO(VOL)ncs															
POLO AREA 1	27644	2764400	255/40R20 101Y XL P-ZERO(AO)ncs															
POLO AREA 1	36283	3628300	265/35R22 102V XL P-ZERO(VOL)ncs															

Figura 34: Rappresentazione del piano trimestrale di spugnatura (fonte propria)

4.2.6 La review settimanale di piano

In questo paragrafo verranno enunciati i passaggi logici compiuti durante l'attività di revisione settimanale di piano, al fine di ricavare in uscita il piano di spugnatura precedentemente illustrato. Come anticipato, questo processo di review punta ad aggiornare le quantità ed il piano relativo al mese in corso, dato che il piano trimestrale dei mesi N ed N+1 viene aggiornato mensilmente.

Innanzitutto, l'elaborazione del piano di post-processo segue ragionamenti diversi rispetto a quelli considerati per la pianificazione della produzione delle coperture "nere". In particolare, l'attenzione viene puntata sulle coperture appartenenti al canale ricambio. Questo strumento serve proprio a definire quali delle coperture Replacement debbano essere post-processate e quali no, al contrario di quanto accade per la pianificazione della produzione a monte, in cui si conferisce la priorità alla selezione OE. In realtà, il principio di base risulta lo stesso, ovvero soddisfare gli ordini emessi dalle case auto per salvaguardare l'immagine e l'affidabilità del marchio. Tuttavia, la priorità del canale OE fa sì che tutte le coperture appartenenti a questo canale debbano essere spugnature, una volta pianificate per la produzione dell'Area 1. Quindi, la difficoltà della pianificazione del post-processo risiede appunto nel determinare la quota parte di misure ricambio da spugnare con fonte Area 1 o magazzino intermedio e la quota parte da trasferire come stock non spugnato.

Per giungere a questa conclusione, durante ogni review di piano è bene effettuare i passaggi indicati. Per prima cosa, si devono aggiornare le informazioni contenute nel *Cockpit* e presentate nel precedente paragrafo, circa il *back-order*, l'*open back-order*, le Forecast di vendite (una volta al mese, quando vengono pubblicate quelle ufficiali riguardanti l'anno in corso) e soprattutto le voci di stock attualizzate al giorno corrente. Questo è possibile attraverso delle semplici formule "*vlookup*", che permettono di ricavare i dati dai file aziendali condivisi dalla reportistica ufficiale.

Dopodiché, si aggiornano i numeri relativi alla pianificazione a monte, contenuti nello sheet del piano di spugnatura che verrà condiviso con le parti interessate. Ogni settimana, infatti, il planner dell'Area 1 pubblica delle quantità di produzione revisionate per le settimane del mese in corso. Il piano di spugnatura riporta i numeri ufficialmente pianificati, che possono ovviamente differire da quanto dichiarato la settimana prima. Per rendere più chiaro il confronto tra il piano precedente e quello attuale, si propone la visualizzazione del "delta", come in *Figura 35*. In questo modo, si agevola la lettura del nuovo piano alla fabbrica, che dovrà gestire le risorse ed organizzare il post-processo,

offrendole i numeri riguardanti le variazioni quantitative del piano. Un ulteriore passo consiste nel verificare l'aggiunta o l'eliminazione di misure a piano rispetto al precedente.

		PIANO							DELTA VS PREVIOUS PLAN						
IP7	CHANNEL	21	22	23	24	25	26	Grand Tot	21	22	23	24	25	26	Grand Total
3628200	REPL	400			400			400	400	0	-400	0	0	0	-400
3956300	REPL	400				800	400	1.200	400	0	-300	0	800	400	900
3520400	REPL						800	800	0	0	-500	0	0	800	300
3628500	REPL		800					800	0	800	-400	0	0	0	-400
2764400	REPL				400	800		1.200	0	0	0	400	800	-400	800
3628300	REPL	400						0	400	0	0	0	0	-400	-400
2857200	REPL	400						0	400	0	-400	-800	0	0	-1.200
3103200	REPL				400	400		800	0	0	-400	400	400	0	400
3635200	REPL							0	-400	0	0	0	0	-400	-400
3559100	REPL							0	-800	-400	0	0	0	-70	-470
2682000	REPL	430	199	99	189	230	53	770	311	78	45	189	230	53	595
2682013	OE			171	331	317	227	1.046	-455	-445	-27	331	317	227	403
2682300	REPL	72	429	260	139	219	134	1.181	-593	222	260	139	219	134	974
2682312	OE				398	277	246	921	0	-256	0	398	277	246	665
2683500	REPL	208	104	202	192	110	377	985	-625	-1.339	-905	-669	-136	377	-2.672
2679300	REPL	243	497	452				949	-30	222	165	-287	-82	0	18
2679312	OE	367	227	139	301	168	337	1.172	94	-43	-141	21	88	337	262
2764300	REPL				440	246	497	1.183	-344	-74	-77	363	114	392	718
2764311	OE	348	368	126	265	89	351	1.199	69	-177	-441	-302	-883	-424	-2.227
2782500	REPL	470	165	116	47	423	376	1.127	470	165	116	47	423	376	1.127

Figura 35: Piano di Spugnatura con il "delta" rispetto alla pianificazione della settimana n-1
(fonte propria – numeri definiti casualmente)

Una volta aggiornate le informazioni di partenza, ossia tutti gli input del piano, per la revisione settimanale si procede con una serie di controlli atti a verificare la consistenza della pianificazione precedente:

- con riferimento alle misure pianificate con fonte magazzino dei semi-lavorati, bisogna assicurarsi che la spugnatura sia necessaria e pianificata nelle giuste quantità, rispetto ai giorni di copertura, il *back-order* e lo stock di chiusura indicati nel monitor;
- verificare se è necessario spugnare ulteriori misure non coinvolte nell'attuale piano di produzione, controllando il livello di scorta e la copertura proiettate fine mese. Nel caso ci fosse effettivo bisogno, si dovrebbe spugnare la scorta di semi-lavorato;
- controllare che tutte le coperture OE siano incluse tra quelle da spugnare;
- controllare che le misure non pianificate per la spugnatura, non abbiano ordini improvvisi in entrata. In caso contrario, è doveroso procedere con la modifica del piano. In questo passaggio è fondamentale l'uso di SAP, per ricavare dati puntuali sull'attuale disponibilità a scorta, spedizioni e ordini;
- controllare che le misure ricambio targate come non da spugnare abbiano effettivamente richiesta sul canale OE. Infatti, se per lo stesso IP5 fosse pianificata produzione sia per Replacement che per OE, allora la produzione ricambio potrebbe essere il frutto della resa OE e non dovuta ad una richiesta ricambio. Altrimenti, significherebbe che la produzione è stata pianificata per soddisfare proprio la domanda del canale ricambio e le quantità andrebbero spugnature;
- controllare se sussiste ancora la necessità di spugnare le misure ricambio precedentemente indicate per la fase di spugnatura;
- monitorare la capacità richiesta, raffigurata nello schema riassuntivo di analisi e calcolata sulle quantità aggiornate a piano. Quest'ultima deve essere sempre allineata con quella

concordata con la fabbrica a fine mese, evidenziando le eventuali criticità emerse durante la revisione di piano:

- attraverso il *Cockpit* monitor, valutare se le misure con giorni di copertura critici possano essere spugnati da nuova produzione o post-processando la scorta di semi-lavorato;
- infine, sempre attraverso il *Cockpit* monitor, valutare se le misure con alta scorta presso il magazzino intermedio possano essere inserite a piano per coprire eventuali criticità.

I ragionamenti descritti si ripetono, quindi, settimanalmente.

Ogni fine mese, però, si pianifica la spugnatura per il mese N+1 e si crea così un piano “da zero”. Le logiche seguite durante la realizzazione del piano del mese N+1 sono fondamentalmente le stesse di quelle sopra enunciate circa i giorni di copertura garantiti, sebbene con alcune differenze. In primo luogo, tutti i passaggi di cui sopra vengono svolti senza un piano di base già stilato.

Perciò, partendo dal piano di produzione ufficiale per il mese seguente, per ciascuna misura si dovrà controllare il *back-order* e la scorta non aggiornata al giorno corrente, ma proiettata al primo giorno del mese successivo. Come rappresentato in *Figura 36*, esistono delle colonne appositamente aggiornate ogni fine mese, per fornire le informazioni necessarie riguardanti la scorta mondo, sul produttore e presso il magazzino intermedio e l’Area 2 (come *WIP* o semi-lavorato). Una volta aggiornati questi dati, si procederà con l’attività di pianificazione, che basilarmente fa leva su tre aspetti principali:

- comprendere se le quantità delle misure ricambio pianificate per la produzione dell’Area 1 devono essere spuginate;
- valutare la spedizione delle misure ricambio dal magazzino intermedio, affinché siano post-processate;
- confrontare i numeri pianificati con la capacità dello stabilimento dell’Area 2.

update @ 01-Jun			
PF	PF	WIP	WIP
Op. Stock World	Op. Stock Producer	Stock TODAY Area 2	Stock TODAY WIP WH
711		0	1435
1111		0	69
0		0	25
381		135	10
115		1	3
451		0	3
2168		1	2
242		0	2
4512		532	0
6606		1132	0

Figura 36: Cockpit monitor per la pianificazione del mese n+1 (fonte propria)

4.3 Il processo a regime

Nelle pagine precedenti sono state presentate le criticità caratterizzanti il flusso logistico in Italia delle misure PNCS, causate dal disaccoppiamento dei piani di produzione e di spugnatura, a sua volta indotto dalla segmentazione della fase produttiva tra due stabilimenti dislocati geograficamente.

Questa distanza fisica, tra la fabbrica di produzione del “nero” e quella atta alla spugnatura, ha costituito un problema a seguito dell’avvento della domanda ricambio. Infatti, da quel momento, le coperture ricambio in ingresso alla fabbrica dell’Area 2 per il post-processo iniziarono a differire rispetto a quelle prodotte a monte, conducendo a una discrepanza e un disallineamento di flusso.

Il progetto è stato condotto con il fine di strutturare un piano di spugnatura che fosse capace di proporre le quantità effettive da post-processare, considerando sia le misure provenienti da nuova produzione, sia quelle appartenenti al canale ricambio depositate a presso il magazzino intermedio fino ad allora e prodotte come conseguenza della resa OE.

La soluzione progettuale presentata ha fornito una strutturazione maggiormente regolamentata del flusso logistico delle misure NCS, sebbene esistano ancora dei punti aperti. Il flusso logistico “*to-be*”, ovvero l’obiettivo da raggiungere con il processo a regime, consiste nel conferire un carattere “ufficiale” al piano di spugnatura realizzato. Come anticipato, l’acquisto di materie prime avviene sulla base dei numeri pianificati per la produzione riportati su SAP, il quale considera le quantità inserite nella piattaforma ufficiale aziendale utilizzata per il caricamento dei piani di produzione. In questo caso, dato che il piano di spugnatura e quello di produzione (inserito nelle piattaforme aziendali ufficiali) non combaciano, l’ordine delle spugne viene effettuato sulla base dei numeri contenuti nei file condivisi per la comunicazione del piano spugnatura. Il flusso “*to-be*” consiste, quindi, nell’integrazione degli attuali sistemi IT, affinché il piano di spugnatura dell’Area 2 possa essere letto dalle piattaforme ufficiali, senza incorrere nel rischio che quest’ultimo sia interpretato come un piano di produzione ulteriore a quello dell’Area 1. L’obiettivo finale sarà risolvere il disallineamento tra il piano di spugnatura reale e quanto dichiarato su SAP, per poter ordinare la materia prima direttamente attraverso i numeri indicati dalle piattaforme ufficiali e senza ricorrere a piani fuori sistema.

La soluzione proposta per regolamentare il flusso del processo di spugnatura può essere considerata come modello per la gestione di altri post-processi. Nel Capitolo seguente, verrà trattato il flusso relativo al post-processo di applicazione dei sensori, dedicato alla realizzazione delle coperture *Cyber*. Nell’impianto di post-processo, infatti, prende luogo anche il processo di sensorizzazione, il quale prevede a monte un disaccoppiamento del tutto simile al caso della spugnatura: la produzione delle coperture “nere”, in questo caso prive di sensori, continua ad essere realizzata nello stabilimento dell’Area 1, il quale delega il post-processo di applicazione dei sensori allo stabilimento dell’Area 2, così come avveniva per le misure NCS.

5 Il Piano di Sensorizzazione delle misure Cyber

5.1 Introduzione al problema

La soluzione progettuale elaborata per la pianificazione della fase di spugnatura costituisce un modello per la strutturazione di un qualsiasi flusso logistico di post-processo, in cui il *post-curing* sia portato a termine in uno stabilimento dislocato geograficamente rispetto alla fabbrica di produzione delle coperture “nere”.

Come anticipato nelle pagine precedenti, la logica gestionale applicata al flusso degli pneumatici NCS può essere trasferita a quello delle coperture sensorizzate. Le misure in questione vengono definite come Cyber, le quali rappresentano il risultato dell’integrazione dell’elettronica all’interno della struttura dello pneumatico, con l’obiettivo di offrire al conducente un continuo flusso di informazioni e di condividere in tempo reale i valori circa la pressione e la temperatura istantanea ad alta precisione, il carico dell’auto per una stima accurata della durata della batteria e per il gonfiaggio ottimale degli pneumatici e il rischio di *acquaplaning*. In questo modo si garantisce il monitoraggio costante e la trasmissione delle notifiche di avviso che consigliano la velocità ideale di marcia, con l’intento di ottimizzare le funzionalità e la performance di guida.

Anche in questo caso, lo pneumatico viene prodotto in Area 1 ed in seguito post-processato in Area 2, attraverso l’applicazione di un sensore.

Tuttavia, subentrano alcune differenti premesse rispetto alla gestione del flusso delle misure NCS:

- una considerazione da fare è che non tutta la produzione OE a monte viene post-processata, ma solamente la quota parte richiesta effettivamente dal cliente. Questo aspetto rappresenta una prima differenza basilare in confronto al processo di spugnatura, dovuta dal fatto che i sensori possiedono una propria vita utile e quindi devono essere installati al più tardi possibile e a ridosso della vendita;
- nel caso del Cyber, il sensore possiede un DOT differente rispetto alla copertura su cui viene montato. Per il caso della spugnatura, invece, si considerava solamente il DOT della copertura;
- è necessario definire due linee diverse di *requirement*. Una relativa ai sensori e l’altra alle coperture “nere”. La differenza risiede nella natura di questa materia prima. Il sensore non è parte della specifica di miscela e deve essere gestito diversamente dal punto di vista dell’ordine. La specifica nel caso delle coperture NCS, invece, costituiva una ricetta indicativa sia per i processi che per i materiali utilizzati, inclusa la tipologia di spugna. Per questa ragione, l’acquisto dei sensori non viene affidato al team di Inbound, come al contrario avveniva per le spugne;
- una conseguenza del fatto che non tutta la produzione OE deve essere post-processata consiste nel carattere disaccoppiato del flusso delle misure Cyber per il canale OE. In questo caso, la richiesta OE viene soddisfatta attraverso un sistema di gestione del tipo MTO, sensorizzando solo ciò che viene realmente ordinato dal cliente e comunicato settimanalmente con la condivisione dei *call-off*.

Tenendo presenti le considerazioni sopra-riportate, è chiaro che la pianificazione del processo di sensorizzazione necessita di maggiore precisione per quanto riguarda la domanda futura da considerare. Per questa ragione, si parte dai *call-off* del cliente condivisi settimanalmente, i quali verranno poi incrociati con la scorta di prodotto finito e semi-lavorato, per determinare il fabbisogno di coperture da sensorizzare, considerando il lead time di spedizione al magazzino di distribuzione regionale. Il compito consiste nell'ottenere in uscita il *requirement* di sensorizzazione, concordato anche con il pianificatore della produzione dello stabilimento in Area 1.

Gli pneumatici Cyber sono in fase di lancio e la domanda attualmente conta le misure appartenenti al canale OE delle coperture P-ZERO, P-CORSA e P-Zero Winter, montate dalla McLaren Artura, come riportato in *Figura 37*.

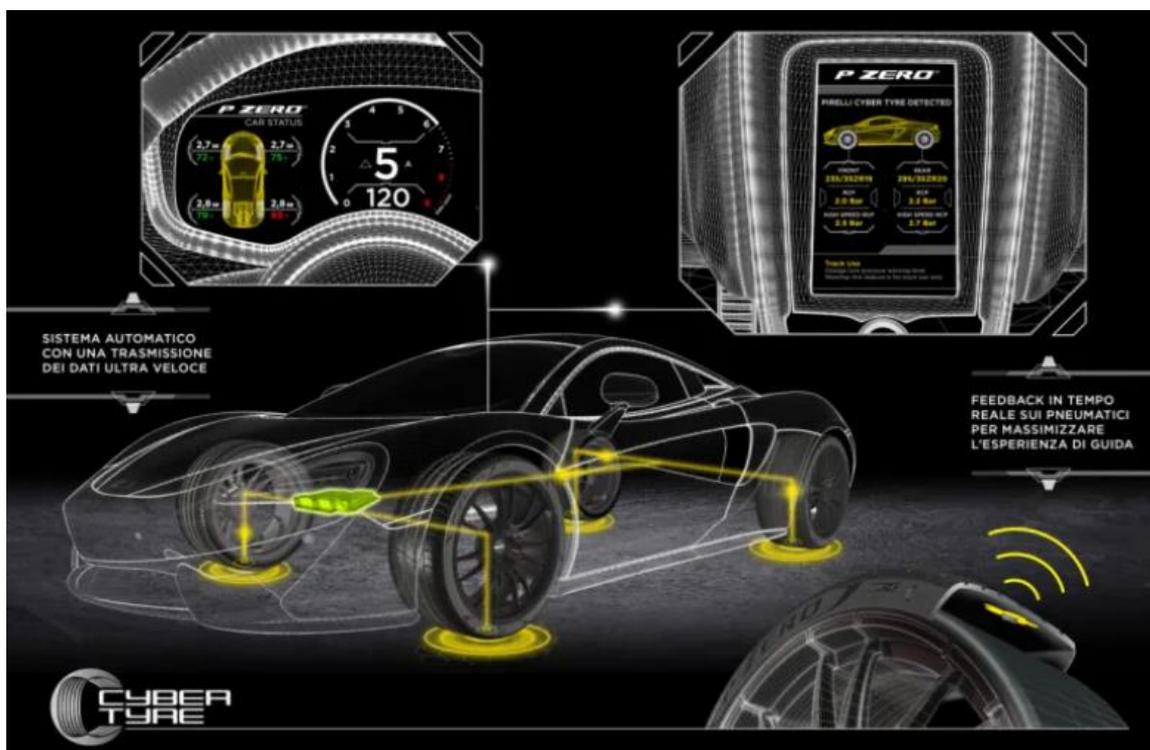


Figura 37: Sistema di connessione e trasmissione dei dati per le misure Cyber (applicazione su McLaren Artura)

Il sistema Pirelli Cyber Tyre permette di individuare situazioni potenzialmente pericolose al conducente del veicolo. Le informazioni raccolte vengono trasmesse in tempo reale con grande precisione, dato che il sensore risulta posizionato a contatto diretto con lo pneumatico. Le Cyber Tyre avvisano quando viene superata la velocità massima consentita. Per il caso specifico della McLaren Artura, sono state introdotte una serie di funzionalità specifiche per l'uso su pista, definendo i momenti in cui si raggiunge la temperatura ottimale per le coperture e che permettono di raggiungere le massime prestazioni o quando invece è necessario farle raffreddare.

Pirelli ha sviluppato in sinergia con la Casa automobilistica inglese gli pneumatici P Zero e P Zero Corsa, caratterizzate da un battistrada asimmetrico per garantire il massimo delle prestazioni durante la

frenata e assicurare il controllo del veicolo. Pensati appositamente per la stagione invernale, sono stati configurati i nuovi P Zero Winter, in una versione dedicata alla linea McLaren Artura.

La nuova frontiera consisterà negli pneumatici connessi all'infrastruttura stradale, costituendo un cardine fondamentale per la crescita del livello di autonomia nella guida da parte delle vetture. Gli pneumatici saranno in grado, quindi, di percepire le condizioni di aderenza al manto stradale, adeguando la marcia per aumentare la sicurezza a bordo, quasi conferendo all'auto un senso tattile attraverso appunto le coperture.

Per quanto riguarda la gestione interna del flusso, che verrà presentato nelle pagine successive, risulta necessaria l'introduzione di un particolare IP code per individuare univocamente le coperture. In questo caso, si parla di Kit Code, ovvero un codice che identifica le caratteristiche appartenenti a differenti IP Code insieme. Questa tipologia di codice è stata utilizzata anche per indicare altre categorie di prodotto dotate di post-process, come ad esempio la gamma chiodata: si tratta di coperture "nera" a cui viene aggiunta un'ulteriore componente, ossia il chiodo. Anche per il Cyber si è pensato di usare lo stesso procedimento, dato che il sensore viene applicato a posteriori nella fase finale di *post-curing* e non viene definito nella specifica della mescola. Una stessa categoria di cyber può essere applicata a differenti tipologie di pneumatico e perciò il Kit code si definisce dalla combinazione tra la misura della copertura "nera" e la tipologia di sensore applicata.

Il processo di sensorizzazione risulta disaccoppiato a quello di produzione a monte, come avveniva per le misure NCS. Questa caratteristica di flusso, però, comporta dei vantaggi per il processo effettivo. Infatti, risulta utile il disaccoppiamento della fase produttiva della copertura da quella di post-processo sia da una prospettiva di lotto minimo per la produzione, in quanto così è possibile mettere a scorta quanto desiderato, e sia per una questione di durata del sensore. La frammentazione del flusso produttivo permette di gestire nel modo più flessibile la produzione del "nero" e di sensorizzare al più tardi le coperture stoccate a magazzino. Inoltre, anche la produzione del sensore stesso deve essere pianificata quanto più vicina possibile alla fase di sensorizzazione: così come per la copertura, anche per il sensore viene definito un DOT di produzione che va a determinare la vita utile del componente. Per questo motivo è opportuno prevedere la produzione del sensore il più a ridosso possibile della data di utilizzo.

Il flusso di informazione Cyber inizialmente era strutturato per la gestione dei prototipi, con un parziale coinvolgimento della Pianificazione Logistica centrale. Nel momento in cui è iniziata la fornitura in serie, si è reso necessario rivedere tale flusso. Per questo motivo, si è posto l'obiettivo di estendere il progetto NCS, applicando la logica elaborata anche al flusso delle misure sensorizzate, al fine di standardizzare e regolamentare il processo e ricreare un piano anche per questa fase di post-processo. Il flusso presentato nel corso di questo Capitolo presenta alcune particolarità. Come anticipato, la gestione è inizialmente limitata alla fornitura della prima super-car che utilizza tale tecnologia, per cui la gamma coinvolta e i volumi di vendita previsti (*call-off* delle settimane future) sono ridotti.

La produzione dei sensori non avviene JIT, ma si realizza pianificando le fasi produttive rispetto alla visione di medio/lungo periodo fornita dal piano di sensorizzazione; in ottica di più lungo periodo invece si fa riferimento ai volumi di vendita previsti a Forecast.

5.2 Il flusso logistico

La movimentazione e la gestione del flusso logistico delle misure Cyber, come preannunciato nel paragrafo precedente, avviene attraverso l'utilizzo di codici definiti Kit Code, i quali contengono l'informazione riguardante la misura della copertura ed il sensore applicato. Questa modalità di rappresentazione venne introdotta per altre tipologie di coperture, come le colorate o le chiodate.

La spedizione delle misure sensorizzate avviene secondo una gestione standard via truck, ma impilate sul fianco.

Per comprendere al meglio il flusso delle misure sensorizzate, è bene introdurre i "finalini" utilizzati per indicare le coperture coinvolte durante le fasi di produzione interessate. In *Figura 38*, si evidenzia come la copertura prodotta in Area 1 venga identificata attraverso l'IP5 dedicato a quella specifica misura di pneumatico e dal finalino del semi-lavorato, il quale differisce in base al canale OE o Ricambio. Una volta portato a termine il processo di sensorizzazione, la copertura viene identificata con lo stesso IP5, accompagnato però dal finalino rispettivamente dedicato al prodotto finito. Il codice definitivo composto da Kit Code e stesso finalino, si ottiene invece solamente in un secondo momento. Infatti, è inevitabile questo passaggio di transizione tra i codici dedicati, fino a che il finalino del Kit Code non risulterà svincolato dal finalino delle coperture "nere" (da cui attualmente deriva).

CANALE	BPP chiuso	IP code WIP	IP code PF	IP code kit versato
REPL	SI	IP5 -09	IP5 -00	IP5kit -00
OE	SI	IP5 -70	IP5 -10	IP5kit -10
OE	SI	IP5 -71	IP5 -11	IP5kit -11
OE	SI	IP5 -72	IP5 -12	IP5kit -12
OE	SI	IP5 -73	IP5 -13	IP5kit -13
OE	SI	IP5 -74	IP5 -14	IP5kit -14
OE	SI	IP5 -75	IP5 -15	IP5kit -15

Figura 38: Tabella riportante i codici identificativi dedicati alle misure Cyber (fonte propria)

Come schematizzato in *Figura 39*, per quanto concerne il flusso logistico, le misure continuano ad essere prodotte nello stabilimento dell'Area 1, come accade per le coperture NCS, e successivamente vengono movimentate verso il magazzino dedicato al semi-lavorato, in attesa della fase di post-processo. Nell'immagine, viene riportato solamente il flusso delle coperture appartenenti alla selezione OE, dato che la domanda attuale coinvolge unicamente quel canale, mentre il canale Replacement non possiede ancora una strutturazione definita a riguardo.

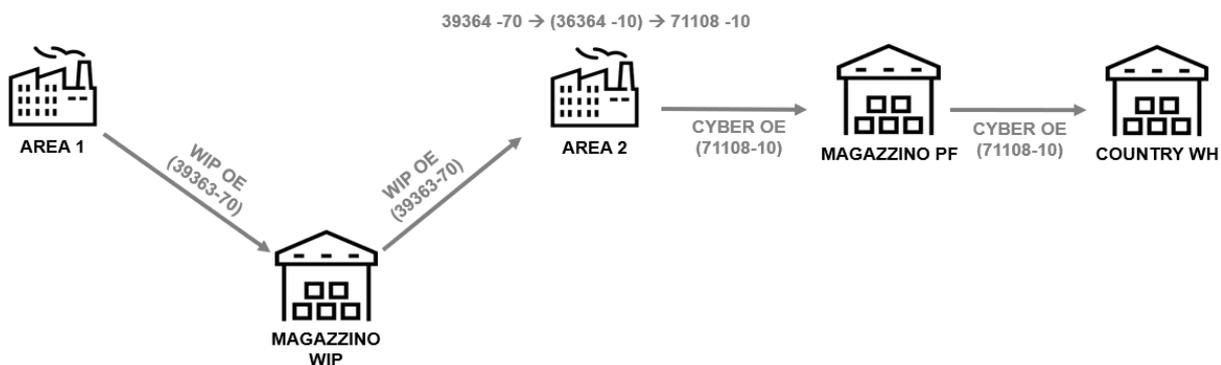


Figura 39: Rappresentazione schematica del flusso logistico dedicato alle coperture Cyber (fonte propria)

Nel momento in cui le scorte di semilavorato sono ridotte, le coperture possono avere un flusso teso tra l'Area 1 e l'Area 2, come raffigurato in Figura 40, dato che si è nella fase di lancio del prodotto, ovvero della sua introduzione nel mercato, e quindi il processo di produzione non è ancora arrivato a costituire un certo livello di scorta a magazzino. Una volta applicato il sensore con la fase di *post-curing*, le coperture vengono spedite verso il magazzino per lo stoccaggio del prodotto finito. Sulla base della domanda prevista dai call-off condivisi settimanalmente, infine, si organizza il trasferimento del prodotto finito verso il magazzino di distribuzione regionale. Il margine temporale di spedizione verso il magazzino di distribuzione gira attorno alle due settimane.

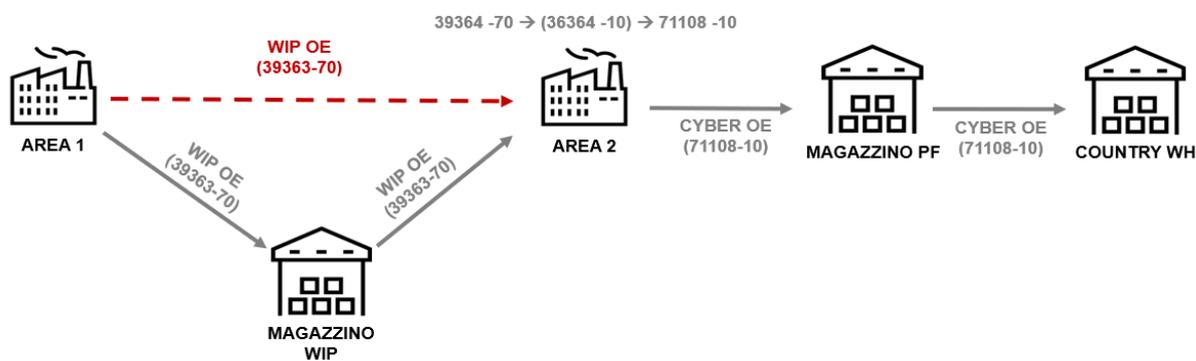


Figura 40: Rappresentazione schematica del flusso logistico seguito attualmente dalle coperture Cyber (fonte propria)

In particolare, il progetto consiste nell'applicazione della logica elaborata per la strutturazione del flusso PNCS anche al flusso dedicato alle coperture Cyber, con l'obiettivo di regolamentarne la gestione. Un aspetto di fondamentale importanza, per pianificare il post-processo di sensorizzazione nel modo più efficiente, è la ricezione attiva dei call-off condivisi settimanalmente. Quest'ultimi, infatti, rappresentano gli ordini del cliente, i quali costituiscono il principale input per la pianificazione del processo di sensorizzazione, che come anticipato viene gestito secondo una logica MTO. L'orizzonte temporale dei call-off si aggira attorno alle 4-6 settimane.

Quindi, per ragionare con una vista sul lungo periodo e stimare la capacità richiesta per il piano trimestrale, diventa necessario integrare ai call-off l'informazione ricavata dalle Forecast, circa la domanda futura attesa.

Dal punto di vista della pianificazione, il compito principale è ottenere in uscita il *requirement* di sensorizzazione, determinando quali misure e in quali quantità post-processare, sulla base del piano di produzione delle coperture "nere" dello stabilimento Area 1.

5.3 I punti aperti

Nelle pagine seguenti verranno analizzati nel dettaglio gli strumenti operativi elaborati sulla base della logica applicata al flusso delle coperture PNCS. Il ragionamento utilizzato per la condivisione e la strutturazione dei file utili alla pianificazione della fase di post-processo, perciò, prende origine dai passaggi esplicitati nel secondo Capitolo. Tuttavia, persistono delle questioni di discussione e di miglioramento, per le quali si dovrà trovare una soluzione per riuscire a rendere il flusso più efficiente e maggiormente regolamentato.

A continuazione, si propongono i punti ancora da definire:

- per quanto riguarda la gestione della scorta, la complicazione deriva dall'immagazzinamento delle coperture "nere", considerate come semi-lavorato. Una volta raggiunta la produzione di regime, le coperture verranno quindi stoccate prima di essere inviate alla fabbrica di post-processo. Il problema risiede nell'individuazione della migliore scelta allocativa per le misure appartenenti al canale di domanda OE, che dovranno essere sensorizzate in un secondo momento rispetto alla produzione a monte.

Un altro punto di criticità viene riscontrato in relazione all'utilizzo e alla gestione del Kit Code. Come anticipato, dal punto di vista logistico si continua a considerare unicamente il DOT della copertura, anche se a livello gestionale è necessario tenere in considerazione anche il DOT del sensore applicato allo pneumatico. Questo perchè la vita utile del sensore viene conteggiata dal momento in cui viene assemblato (*selective soldering date*) e non dal momento in cui viene applicato alla copertura; quindi per tutti i sensori già assemblati non ha senso il ragionamento del "sensorizzare il più tardi possibile". Per questo motivo, diventa necessario pianificare questa fase secondo il principio per cui sensore può essere applicato alla copertura da processare solo se possiede al massimo XX settimane in più rispetto allo pneumatico in questione, come rappresentato in *Figura 41*.



Figura 41: Rappresentazione della logica adottata per la tolleranza di aging del sensore (fonte propria)

Secondo la logica descritta, i sensori dovranno essere gestiti secondo una logica FEFO, per cui viene prelevato da magazzino per l'applicazione il sensore che ha la data di scadenza più ravvicinata. Il caso ottimale sarebbe saldare il sensore nel momento in cui deve essere applicato sulla copertura da vendere.

Un ulteriore punto di attenzione va verso la necessità di svincolare il "finalino" del Kit Code rispetto al "finalino" del nero. Infatti, come si può evincere dal flusso presentato nel paragrafo precedente, all'interno dell'Area 2 durante la fase di post-processo, su SAP avviene un movimento contabile per cui è possibile ottenere in uscita il Kit Code della copertura sensorizzata soltanto se prima viene realizzata la transazione sull' IP Code del "nero" dal "finalino" del semi-lavorato a quello rispettivo per il prodotto finito.

- In aggiunta, un punto aperto risiede anche nella gestione del flusso esistente tra i magazzini di prodotto finito ed i WH di distribuzione regionale. Soprattutto, dalla prospettiva di ordini con destinazione situata a differenti mesi di lead time di spedizione, si sta valutando la possibilità di avere diversi hub di applicazione del sensore (*local for local*), in modo da migliorare la reattività sul mercato e ridurre il tempo intercorso tra applicazione del sensore e montaggio.
- Infine, è in corso di valutazione e definizione il flusso relativo all'approvvigionamento della domanda Ricambio, dato che in quel caso si avrà a che vedere con una complessità di mercati e di flussi differente da quella trattata attualmente. In quel caso, sarà necessario quindi intendere al meglio il volume della domanda prevista, da quando prenderà piede anche quel tipo di richiesta e quali siano i mercati interessati. Inoltre, quando partirà la domanda Replacement, che tendenzialmente viene gestita attraverso una logica MTS con consultazione delle Forecast di vendita, bisognerà stabilire uno stock target corretto per evitare di incorrere in un flusso teso.

5.4 Il Diagramma logico di flusso

Gli input per la formulazione del Piano di Sensorizzazione sono costituiti dalla domanda, che si suddivide principalmente in canale OE e Ricambio ed il livello di scorta presso il magazzino del prodotto finito, sempre tenendo in mente gli stock target e di copertura prestabiliti. Come schematizzato in *Figura 42*, queste due informazioni in entrata permettono di definire un *requirement* di coperture sensorizzate, a partire dal quale si definisce quanta giacenza di semi-lavorato debba essere post-processata. Si ottiene così in uscita il Piano di Sensorizzazione, il quale settimanalmente viene condiviso con le parti coinvolte:

- la Logistica Italia, per indicare quanta merce dovrà essere trasferita durante le settimane successive dal magazzino dedicato all'immagazzinamento del semi-lavorato all'Area 2 dedicata al post-processo;
- la Supply Chain Cyber per l'acquisto delle materie prime, in particolare i sensori in questo caso, i quali dovranno essere acquistati in funzione al *requirement* di prodotto finito determinato. Questo per evitare di creare una scorta di sensori non necessaria e incorrere

nel rischio di raggiungere, previa applicazione nella copertura, la data di scadenza del componente;

- il team manufacturing dell'Area 2, che sulla base della pianificazione di sensorizzazione e la capacità richiesta per il post-processo organizza le risorse interne.

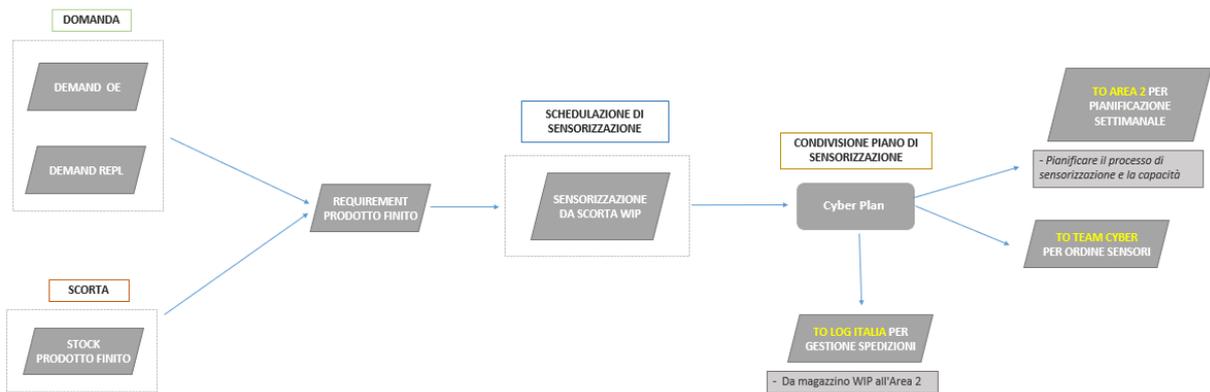


Figura 42: Diagramma per la pianificazione della fase di sensorizzazione e la condivisione delle informazioni (fonte propria)

5.5 La raccolta delle informazioni

Prima di procedere con l'elaborazione del Piano di *post-processing* per la fase di sensorizzazione, condotta presso l'Area 2, è stato fondamentale raccogliere quante più informazioni possibili circa il processo ed il flusso seguito delle coperture Cyber. Le logiche di indagine sono del tutto concordi con quelle messe in atto per la strutturazione del Piano di Spugnatura. Sono state coinvolte tutte le funzioni interessate per riuscire ad individuare i punti di miglioramento all'interno del flusso Cyber, per poter costruire un piano capace di fornire le informazioni ricercate.

Per prima cosa, si è cercato di intendere al meglio come venisse gestita la fase di sensorizzazione all'interno della fabbrica, da un punto di vista operativo. Dagli incontri organizzati con l'Area 2, è emerso che il tempo di preparazione della copertura, in attesa dell'applicazione del sensore, è simile a quello richiesto per l'applicazione della spugna nel processo NCS. Per quanto riguarda il processo di applicazione del sensore, come anticipato, esiste un vincolo relativo al DOT dello pneumatico e del sensore stesso. Il DOT del sensore viene definito al momento della produzione, ed in particolare nel momento in cui la batteria viene unita al corpo principale.

Da normativa interna, è previsto una differenza massima di DOT del sensore e DOT dello pneumatico in modo tale che le performance di entrambi i componenti siano in linea con le attese del cliente. Per questo motivo, prima di procedere con l'applicazione del cyber, diviene fondamentale valutare questo dato dei due componenti. In questo modo, le gomme verranno processate al più tardi possibile (mantenendo una gestione di tipo MTO), mentre i sensori dovranno essere inseriti il prima possibile una volta saldata la batteria. In aggiunta, è possibile che alcune misure riportino sia la tecnologia PNCS che Cyber.

Per questi casi, il vincolo di processo impone che sia effettuata prima la spugnatura e solo in un secondo momento la sensorizzazione, entrambe svolte nello stabilimento Area 2. Ciò viene richiesto per una questione di sensibilità del materiale coinvolto. In ogni caso, è sempre bene portare a termine i due post-processi senza creare delle “attese” intermedie, le quali creerebbero delle complicazioni a livello di gestione dei codici identificativi e dei rispettivi “finalini”.

In secondo luogo, oltre all’aspetto processuale, è stato doveroso prendere alcune decisioni circa la pianificazione ed il flusso logistico dedicato a queste coperture: sono stati determinati lo stock target da garantire presso il magazzino regionale di distribuzione, calcolato in giorni e stabilito sulla base del lead time di spedizione, ed il magazzino in cui stoccare l’extra selezione della domanda prioritaria OE.

5.6 I *main drivers* del piano

Al fine di comprendere al meglio la logica seguita per la strutturazione del Piano di Sensorizzazione, che verrà presentato nei paragrafi successivi, è bene soffermarsi sugli obiettivi e la finalità per cui questo Piano si è reso necessario. Innanzitutto, la condivisione di un documento riportante la pianificazione della fase di sensorizzazione permette di assicurare uno scambio di informazioni pratico ed efficace con la fabbrica dell’Area 2, al fine di rendere più efficiente la gestione delle risorse interne e delle materie prime. Tutto questo fornendo con cadenza settimanale un piano aggiornato considerando i call-off della domanda OE e con cui poter monitorare il livello di scorta di prodotto finito. Il file elaborato gioca un ruolo chiave per la comunicazione del fabbisogno di sensorizzazione del semi-lavorato in Area 2 e della produzione del semi-lavorato in Area 1, oltre alla capacità di sensorizzazione futura richiesta alla fabbrica del *post-curing*.

Infatti, il piano è stato elaborato in modo da trasmettere le quantità pianificate per la sensorizzazione, con l’idea poi di integrare questa informazione con una panoramica di consuntivazione, per i versamenti effettuati di pneumatici sensorizzati, le numeriche dei sensori scartati e di quelli residui a stock alla fine della settimana. Il principale *driver* del Piano di Sensorizzazione è costituito dagli ordini dei clienti, comunicati settimanalmente attraverso i call-off, i quali vengono valutati tenendo in considerazione la scorta di prodotto finito presso il mercato, la scorta di semi-lavorato nel magazzino intermedio ed il valore di stock target da garantire. È fondamentale il passaggio e l’allineamento con il pianificatore dello stabilimento in Area 1 per la produzione del WIP.

Lo scopo principale del Piano di Sensorizzazione è fornire in uscita un *requirement* di post-processo, capace di rispondere reattivamente alle variazioni e alle fluttuazioni della domanda.

Gli strumenti operativi attraverso cui si rende possibile lo svolgimento dell’attività di pianificazione della fase di sensorizzazione degli pneumatici Cyber vengono elencati in *Figura 43*.

STRUMENTI OPERATIVI	
PIANO DI SENSORIZZAZIONE	Piano di sensorizzazione con vista settimanale, mese N + piani trimestrali
COCKPIT	Monitor dello stato attuale dei call-offs, Scorta WW, Scorta magazzino WIP
MONITOR GOMME SENSORIZZATE	Monitoraggio delle gomme sensorizzate by day
ANALISI DI SATURAZIONE	Analisi della capacità di sensorizzazione richiesta per i mesi successivi

Figura 43: Schematizzazione degli strumenti operativi elaborati durante il progetto (fonte propria)

Analogamente al caso del processo di spugnatura, il Piano di Sensorizzazione fornisce il *requirement* di post-processo, con vista settimanale, per il mese N in corso ed i due mesi successivi, fornendo così una visione trimestrale di più lungo periodo, al fine di indicare il fabbisogno futuro e offrire in uscita le informazioni necessarie all'ordine di acquisto delle materie prime. Il Piano si accompagna al Monitor di controllo della scorta a livello mondo di prodotto finito e presso il magazzino dei semi-lavorati, oltre al valore aggiornato dei call-offs dei clienti, con visione fino alla settimana N+8. Questi due file principali vengono supportati dal Monitor delle gomme sensorizzate, il quale teoricamente dovrebbe permettere la supervisione degli pneumatici versati giorno per giorno al magazzino del prodotto finito, e il file elaborato per l'Analisi di Saturazione che si propone di definire la capacità richiesta all'Area 2 per il *post-process* durante i mesi successivi.

Il calendario di condivisione delle informazioni, come esplicitato in *Figura 44*, assume una struttura del tutto identica a quanto stabilito per il flusso PNCS. Il timing prevede la condivisione settimanale dei Piani di post-processo per la Spugnatura e la Sensorizzazione, una volta pubblicata ufficialmente la review settimanale del piano di produzione dell'Area 1 delle coperture "nere". Ciò si aggiunge all'aggiornamento a fine mese del piano trimestrale, il quale fornisce la vista sul mese N+1 e i due mesi successivi (il cui piano rimarrà invariato nel corso del mese N+1) e l'analisi mensile di saturazione dell'Area 2 per entrambe le fasi di *post-curing*.

		PROD PLANNING	NCS PLANNING	CYBER PLANNING
1	TH		weekly review	weekly review
2	FR		quarterly plan	
3	SA			
4	SU			
5	MO	weekly review		
6	TU	weekly review		
7	WE		weekly review	
8	TH		weekly review	weekly review
9	FR			
10	SA			
11	SU			
12	MO	weekly review		
13	TU	weekly review		
14	WE		weekly review	
15	TH		weekly review	weekly review
16	FR		analisi saturazione	
17	SA			
18	SU			
19	MO	mothly plan		
20	TU	mothly plan		
21	WE	mothly plan	monthly plan	
22	TH		monthly plan	monthly plan
23	FR			
24	SA			
25	SU			
26	MO	weekly review		
27	TU	weekly review		
28	WE			
29	TH			weekly review
30	FR	quarterly plan		

Figura 44: Calendario di condivisione del Piano di Sensorizzazione e l'analisi di saturazione (fonte propria)

5.7 Il Piano di Sensorizzazione

Rispetto a quanto detto precedentemente, il Piano di Sensorizzazione ha lo scopo di fornire in uscita le quantità da sensorizzare per ciascun IP Code coinvolto, al fine di garantire la copertura di scorta prestabilita, presso il magazzino di distribuzione regionale in prossimità del mercato interessato. Tutto ciò tenendo presente il lead time di spedizione verso il WH di distribuzione e il livello di giacenza di prodotto finito e di semi-lavorato nei magazzini presso le fabbriche dell'Area 1 e dell'Area 2.

La sensorizzazione viene determinata, quindi, in funzione della copertura da assicurare. Formalmente, gli strumenti operativi quali il *Cockpit* per il monitoraggio della scorta e delle previsioni di vendita o il file utilizzato per la comunicazione delle quantità pianificate assumono la stessa struttura dei documenti riportati nel Capitolo precedente, in riferimento al post-processo di spugnatura.

Come presentato in *Figura 45*, rispetto ai dati per la spugnatura, nello sheet Excel del Monitor vengono aggiunte le informazioni circa i call-off di vendita, essenziali per supervisionare la domanda OE dei clienti finali e la scorta aggiornata di prodotto finito e di semi-lavorato, accompagnata dallo stock target minimo da rispettare. La differenza rispetto alla pianificazione della spugnatura consiste, infatti, nel conferire maggiore importanza ai call-off rispetto alle Forecast di vendita, dato che la domanda è attualmente focalizzata sul canale di primo equipaggiamento ed incentrata nel captare le variazioni degli ordini diretti del cliente finale (logica MTO).

Tutte le informazioni sono organizzate per IP5 ed IP7, canale di vendita (OE o Replacement) e per Cluster (dato che il Monitor è comune, diventa necessario distinguere tra misure NCS o Cyber).

Cluster	IP5	Mat.Descr.	IP7	STOCK TGT MIN	STOCK @ TODAY WIP	STOCK @ TODAY PF	CALL-OFFS							
							WK24	WK25	WK26	WK27	WK28	WK29	WK30	WK31
Cyber	31380	235/35ZR19 (91Y)XLP-ZEROMIC-Cncsco	3138010											
Cyber	31380	235/35ZR19 (91Y)XLP-ZEROMIC-Cncsco	3138080											
Cyber	39363	235/35ZR19 (91Y)XL-PCORSA(MC-C)co	3936310											
Cyber	39363	235/35ZR19 (91Y)XL-PCORSA(MC-C)co	3936380											
Cyber	39364	295/35ZR20 (105Y)XLP-CORSA(MC-C)co	3936410											
Cyber	39364	295/35ZR20 (105Y)XLP-CORSA(MC-C)co	3936480											
Cyber	39365	295/35ZR20(105Y)XLP-ZEROMIC-Cncsco	3936510											
Cyber	39365	295/35ZR20(105Y)XLP-ZEROMIC-Cncsco	3936580											

Figura 45: Rappresentazione del Monitor di controllo per la fase di sensorizzazione (fonte propria)

Come indicato in Figura 46, a partire dall'input principale, ovvero i call-off di vendita, aggiornati e condivisi settimanalmente, si calcola poi il requirement di sensorizzazione con visione settimanale dalla week N alla week N+8, riportando la proiezione di scorta calcolata nel seguente modo:

Proiezione scorta week N = Stock prodotto finito attualizzato – Call-off week N + Piano Sensorizzazione week N

Proiezione scorta week N+1 = Proiezione scorta week N – Call-off week N+1 + Piano Sensorizzazione week N+1

Cluster	IP5	Mat.Descr.	IP7	SENSORIZZAZIONE								PROIEZIONE SCORTA													
				WK24	WK25	WK26	WK27	WK28	WK29	WK30	WK31	WK32	WK24	WK25	WK26	WK27	WK28	WK29	WK30	WK31	WK32				
Cyber	31380	235/35ZR19 (91Y)XLP-ZEROMIC-Cncsco	3138010																						
Cyber	31380	235/35ZR19 (91Y)XLP-ZEROMIC-Cncsco	3138080																						
Cyber	39363	235/35ZR19 (91Y)XL-PCORSA(MC-C)co	3936310																						
Cyber	39363	235/35ZR19 (91Y)XL-PCORSA(MC-C)co	3936380																						
Cyber	39364	295/35ZR20 (105Y)XLP-CORSA(MC-C)co	3936410																						
Cyber	39364	295/35ZR20 (105Y)XLP-CORSA(MC-C)co	3936480																						
Cyber	39365	295/35ZR20(105Y)XLP-ZEROMIC-Cncsco	3936510																						
Cyber	39365	295/35ZR20(105Y)XLP-ZEROMIC-Cncsco	3936580																						

Figura 46: Rappresentazione del Monitor di controllo per la fase di sensorizzazione (fonte propria)

Il Piano di Sensorizzazione viene elaborato sulla base delle informazioni contenute nel Monitor descritto in precedenza. Quest'ultimo riporta una struttura identica comparata al Piano di Spugnatura, per facilitarne l'interpretazione da parte delle funzioni interessate, quali la Logistica Italia per la pianificazione delle spedizioni, la fabbrica dell'Area 2 per l'organizzazione delle risorse coinvolte nel post-processo di sensorizzazione ed il team di Inbound per l'ordine delle materie prime.

Come si può apprezzare dalla Figura 47, la struttura offre una vista settimanale, in cui vengono indicati i volumi da post-processare per ciascun IP Code coinvolto ed il Delta rispetto a quanto pianificato la settimana precedente, come invece rappresentato in Figura 48. Anche in questo caso, si propone uno schema riassuntivo di analisi per mantenere una panoramica sulle quantità da lavorare, per ciascuna settimana e canale e indicando il numero di pezzi / giorno.

Da Sensorizzare	Tipo	CHANNEL	21	22	23	24	25	26	27	28	29	tot	
SI	Produzione Pianificata Area 1	OE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		REPL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Stock magazzino WIP	REPL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	44
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO	Produzione Pianificata Area 1	REPL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

IP5	Material_Description	IP7 WIP	IP PF	CHANNEL	21	22	23	24	25	26	27	28	29	Grand Tot
31380	235/35ZR19 (91Y)XLP-ZEROMC-Cncsco	3138082	7109880	OE										0
39365	295/35ZR20(105Y)XLP-ZEROMC-Cncsco	3936582	7110580	OE		50	50	50						150
39364	295/35ZR20 (105Y)XLP-CORSA(MC-C)co	3936482	7110980	OE				70	70	80				220
39363	235/35ZR19 (91Y)XLP-CORSA(MC-C)co	3936382	7110880	OE								90	90	180

Figura 47: Rappresentazione del Piano di Sensorizzazione (fonte propria)

IP7 WIP	IP PF	CHANNEL	21	22	23	24	25	26	27	28	29	Grand Tot	21	22	23	24	25	26	27	28	29	Grand Total
3138082	7109880	OE										0	-60	-60	-60	-60	-60	-56	-39	0	0	-455
3936582	7110580	OE		50	50	50						150	-50	-10	-10	-10	-60	-60	-51	0	0	-311
3936482	7110980	OE				70	70	80				220	0	0	-38	70	70	80	0	0	0	182
3936382	7110880	OE									90	90	0	0	0	0	0	0	0	90	90	180

Figura 48: Rappresentazione del Delta di sensorizzazione rispetto a quanto pianificato in settimana N-1 (fonte propria – numeri definiti casualmente)

Una volta stilato il *requirement* del piano di post-processo, è necessario valutare i possibili disallineamenti con il piano di produzione delle coperture “nere” presso l’Area 1, sia dalla prospettiva settimanale che trimestrale.

5.8 La review settimanale del piano

Come accadeva nel caso del post-processo di spugnatura, il file contenente il Piano di Sensorizzazione viene aggiornato settimanalmente, andando ad inserire i valori atualizzati circa i call-off dei clienti e gli altri input necessari alla pianificazione della fase, come il livello di scorta di prodotto finito presso i mercati o di semi-lavorato presso i magazzini intermedi. Quindi, vengono aggiornati il Monitor di sensorizzazione e lo sheet Excel che riporta le quantità pianificate, analizzato nel paragrafo precedente. Per avere un dato più puntuale riguardo la giacenza, è consigliato ricercare il valore direttamente da SAP. Inoltre, su SAP è possibile rintracciare le quantità vendute al cliente durante la settimana in corso, controllando il valore presente nella colonna “*delivery*”, se questa è associata alla voce del magazzino di distribuzione regionale. Altrimenti, il valore della stessa colonna, ma in relazione al magazzino di fabbrica o all’Area 2, indicherebbe la quantità spedita verso il magazzino finale di distribuzione.

Per l’attività di pianificazione vera e propria, si deve tenere in considerazione l’input della domanda, indicata direttamente dagli ordini dei clienti, dato che la logica è del tipo MTO, e la proiezione di scorta, calcolata come enunciato precedentemente. In uscita si ottengono le quantità di semi-lavorato da post-processare, al fine di garantire il livello di copertura target prestabilito. Una volta definito il *requirement* di sensorizzazione, è necessario valutare la disponibilità di WIP da processare. In caso contrario, si deve procedere avvisando il planner dello stabilimento a monte (Area 1) circa il fabbisogno di semi-lavorato della specifica misura.

Dopodiché, sarà il planner ad informare sulle tempistiche con cui la misura potrà essere post-processata ed eventualmente farla entrare in produzione, nel momento in cui non fosse già pianificata. I volumi inseriti per la pianificazione della fase di sensorizzazione, relativi a ciascuna misura coinvolta, sono determinati considerando una copertura di XX settimane, calcolata come media dei call-off settimanale moltiplicata per il numero di settimane target da coprire. Questo perché attualmente la richiesta di pneumatici cyber proviene solamente dal canale OE.

La review settimanale di piano permette di mantenere aggiornato il fabbisogno indicato per il post-processo, così da allineare il più possibile l'attività produttiva della fabbrica alla domanda del cliente finale. Come nel caso della spugnatura, si offre il valore del delta rispetto a quanto era indicato a piano per una stessa misura la settimana precedente. Inoltre, la vista trimestrale garantisce anche una visione di più lungo periodo, per fornire le indicazioni necessarie all'ordine di acquisto della materia prima.

5.9 Il processo a regime

Nelle pagine precedenti, è stata affrontata l'analisi del flusso "as-is" caratterizzante la gestione delle misure Cyber e la descrizione dei passaggi logici e degli elementi progettuali operativi elaborati durante il progetto, che consentono di raggiungere la regolamentazione del flusso attraverso la pianificazione della fase di post-processo di applicazione del sensore. Nel corso di questo paragrafo conclusivo relativo al Piano di Sensorizzazione, è bene individuare gli step futuri e gli obiettivi verso cui il flusso logistico Cyber tende. In una condizione di regime, sarà possibile gestire sia la domanda OE che quella Ricambio con logica MTO o MTS, in funzione delle condizioni che si presentano sul mercato. In questa prima fase, invece, il processo produttivo prevede che tutta la richiesta appartenente al canale OE sia sensorizzata in presa diretta, cioè le coperture verranno prodotte e post-processate sulla base della domanda del cliente finale (call-off), senza disaccoppiare l'attività di sensorizzazione da quella di spugnatura, nel caso quest'ultima fosse necessaria. Per quanto riguarda il Replacement, invece, la fase di *post-curing* viene pianificata secondo una logica MTS, per cui le coperture prodotte vengono versate a magazzino, spugnature, e poi sensorizzate solo se effettivamente richiesto.

Un punto di miglioria riguarda la gestione dei finalini e del Kit Code. Infatti, il Kit Code risulta vincolato nel dover mantenere lo stesso finalino del IP Code del semi-lavorato, dato che non è possibile cambiare contemporaneamente IP e finalino. In particolare, a regime si dovrà tendere ad un flusso che renda possibile svincolare il finalino del Kit Code a quello della copertura semi-lavorato, dato che attualmente il sistema non lo permette ancora. Questo comporterebbe una maggiore efficienza anche in vista di un aumento dei volumi di vendita. Come rappresentato in *Figura 49*, una volta messa in atto questa nuova regolamentazione, le coperture prodotte in Area 1 (canale OE) verrebbero trasferite in Area 2 per il post-processo, di sensorizzazione e in caso accompagnato anche dalla spugnatura, e al termine della fase si avrebbe direttamente il versamento in Kit Code + finalino prodotto finito, senza dover passare dallo step intermedio di versamento del Kit Code + finalino WIP.

Il Kit Code ed il DOT della copertura prodotta in Area 1 costituiscono il punto di partenza per la gestione del flusso logistico. Dato che il sensore possiede un'anima elettronica, in futuro potrebbe emergere la

necessità di aggiornare il firmware e quindi un altro obiettivo riguarda la possibilità di tenere tracciata anche la tipologia di sensore applicata ad una certa copertura. L'unica soluzione in quel caso sarebbe gestire la variante sensore attraverso il Kit Code e avere, perciò, Kit Code differenti per firmware differenti.

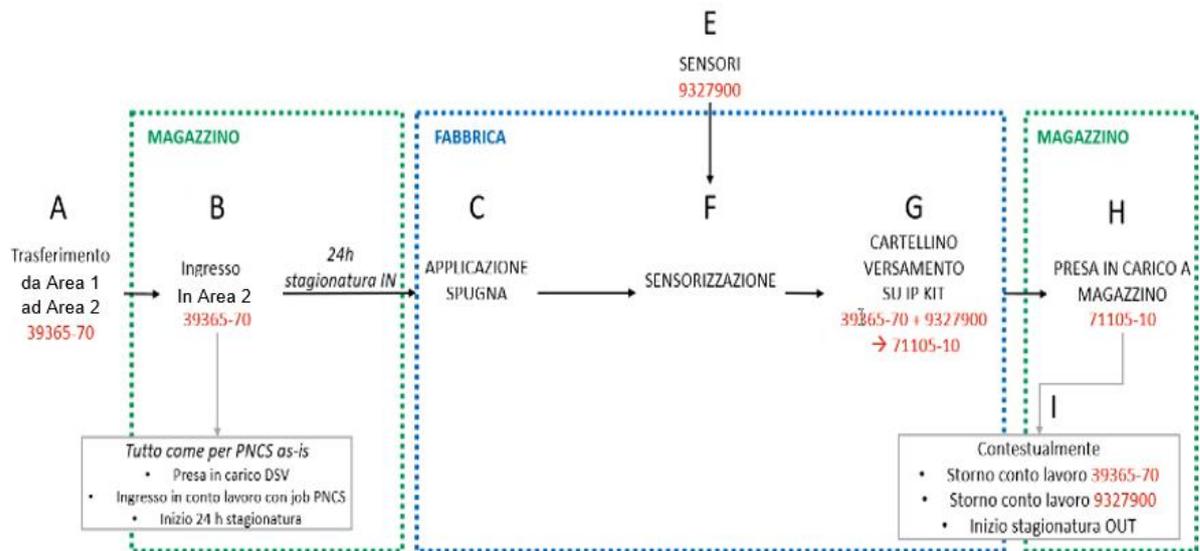


Figura 49: Flusso di produzione e di gestione dei codici a sistema per la fase di sensorizzazione a regime (fonte propria)

6 Conclusione

Il progetto esposto nel corso di questo lavoro finale è stato incentrato sull'elaborazione di una soluzione, quanto più efficace e reattiva possibile, alle problematiche che affliggevano il flusso logistico dedicato agli pneumatici appartenenti alla categoria PNCS.

Le misure *Pirelli Noise Cancelling System* sono caratterizzate dalla presenza al loro interno di una spugna in poliuretano, in grado di assorbire le vibrazioni originate dalle sollecitazioni a cui lo pneumatico è sottoposto durante la marcia. Nello specifico, la tesi si è focalizzata nell'analisi della strutturazione "as-is" del flusso in questione, nell'approfondimento delle condizioni che causavano le principali criticità e nella realizzazione di uno strumento operativo capace di attutire nel breve periodo gli effetti negativi annessi, con la prospettiva di raggiungere una regolamentazione più consistente nel medio-lungo periodo. Il processo produttivo seguito dalle coperture NCS presenta, infatti, delle anomalie con cui l'azienda Pirelli Tyre S.p.A. non si era mai interfacciata e che hanno reso necessario un intervento a supporto dell'attività di pianificazione della produzione della suddetta tipologia di coperture. L'aspetto che maggiormente ha impattato sull'efficacia di questo flusso logistico risiede nella natura segmentata dello stesso. In questo caso particolare, le fasi che compongono il processo costruttivo degli pneumatici non prendono parte tutte in un unico stabilimento, ma si suddividono in due unità produttive distinte e dislocate geograficamente a km di distanza.

La segmentazione del flusso produttivo ha condotto, quindi, verso il disaccoppiamento dell'attività di produzione delle coperture "standard" presso l'Area 1 e quella di post-processo per l'applicazione della spugna in poliuretano presso l'Area 2. Tuttavia, la vera ragione che ha comportato la definizione di un flusso non teso sta nell'avvento della domanda appartenente al canale ricambio e nella logica con cui viene gestita la soddisfazione di questo fabbisogno. Fino a che la richiesta del mercato interessava unicamente il canale OE, gli ordini venivano totalmente evasi secondo una logica MTO (*Make to Order*). Tutte le misure prodotte a monte venivano anche post-processate in Area 2, dato che la loro produzione era pianificata al fine di rispondere alle esigenze dei clienti finali (le Case automobilistiche). In questo modo, sebbene permanesse la distanza fisica tra lo stabilimento a monte e quello di post-processo, il flusso manteneva un aspetto teso, facendo sì che, in quantità e qualità, le misure a piano nello stabilimento dell'Area 1 combaciassero con quelle poi effettivamente in entrata nello stabilimento dell'Area 2. Il disaccoppiamento tra le fasi produttive delle coperture è nato con l'emergere della richiesta sul canale ricambio, dato che la gestione MTO iniziava ad accompagnarsi alla logica MTS (*Make to Stock*) dedicata alle coperture Replacement. Gli pneumatici ricambio non vengono infatti prodotti per soddisfare gli ordini accolti direttamente dai clienti finali, ma vengono destinati all'immagazzinamento a scorta, sulla base delle previsioni di vendita futura. Se una copertura è destinata allo stoccaggio, questa viene spugnata al più tardi possibile e solo quando è richiesto dal mercato. Ovvero, la logica MTS è finalizzata a produrre una scorta di semi-lavorato, stoccata in un magazzino intermedio, che viene post-processata all'occorrenza, andando a sommarsi in ingresso all'Area 2 alla quota parte di coperture provenienti dalla nuova produzione dell'Area 1.

Quando il mercato delle coperture PNCS ha iniziato a registrare una richiesta sempre più consistente relativa al canale ricambio, l'attività del post-processo ha iniziato a discostarsi sempre più dalla

produzione a monte, per la tipologia e la quantità delle misure da lavorare. Questo fatto ha dato origine alla necessità di elaborare ed introdurre un Piano per il post-processo di Spugnatura, che andasse ad affiancarsi al Piano di Produzione a monte, costituendo un ulteriore punto di riferimento per la gestione del flusso logistico degli pneumatici PNCS. Per questo motivo, l'azienda ha deciso di dedicare tempo e risorse allo sviluppo di una soluzione di pianificazione, capace di fornire allo stabilimento dell'Area 2 le giuste indicazioni per post-processare e gestire nella maniera più efficiente il flusso delle coperture spugmate. Il progetto, condotto con il dipartimento di Logistica, ha prodotto in output lo strumento operativo di cui si è trattato nelle pagine precedenti e che nel breve tempo è riuscito a regolamentare le attività annesse alla gestione del flusso considerato.

La soluzione elaborata e la logica seguita per la ristrutturazione dei processi sono state poi prese come riferimento per la formulazione di un altro flusso di post-processo, che allo stesso modo coinvolgeva le attività produttive dell'Area 1 e 2. Questo caso ulteriore di post-processo riguardava gli pneumatici Cyber, ovvero misure capaci di trasmettere in tempo reale al conducente informazioni circa la pressione e la temperatura delle gomme, grazie all'impiego di un sensore applicato in una posizione specifica all'interno della fascia battistrada. In conclusione, si è potuto notare come gli strumenti e le logiche sviluppate durante lo svolgimento del progetto siano poi risultate effettivamente utili per la riorganizzazione di un post-processo di altra natura, ma caratterizzato dagli stessi presupposti e criticità iniziali.

7 Bibliografia e Sitografia

- Dimensione Ambientale, <http://annual-sustainability-report-2013.pirelli.it/it/dimensione-ambientale#.YHFux-gzZPY>
- Il processo di produzione di uno pneumatico, <http://annual-sustainability-report-2013.pirelli.it/it/dimensione-ambientale/limpatto-ambientale-produzione/processo-produzione-pneumatico#.YHFoOegzZPY>
- Lo Pneumatico, <https://www.ingegnerando.it/pneumatico/>
- Pneumatico, <https://it.wikipedia.org/wiki/Pneumatico>
- Produzione degli pneumatici – passo dopo passo, <https://www.oponeo.it/blog/produzione-degli-pneumatici>
- Produzione degli pneumatici: in che modo avviene? <https://www.gomme-auto.it/blog/produzione-dei-pneumatici-in-che-modo-avviene>
- Prof. Maurizio Schenone, *Presentazioni del Corso di Programmazione della Produzione e Logistica*, Politecnico di Torino, A.A. 2020/2021
- Scullino D. *Meccanica dell'Automobile*, 5° Edizione, Sandit s.r.l.; 2021