



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

A.a. 2022/2023

Sessione di Laurea Marzo 2023

E-fulfillment WeJo

Implementazione di algoritmi per l'ottimizzazione dei
processi di magazzino

Relatore:
Buzzacchi Luigi

Candidato:
Dessì Gianluca

Sommario

ABSTRACT	2
1. E-FULFILMENT WEJO	3
1.1. E-fulfilment: cos'è	3
1.2. Magazzino: introduzione, layout, sistemi di stoccaggio, sistemi di movimentazione e processi	11
1.3. Il modello di costo (tariffe peso-volumetriche): confronto con modelli di costo tradizionali	28
1.4. Il Database aziendale	37
2. RIORGANIZZAZIONE MAGAZZINO ALTO: COMPATTAMENTI	43
2.1. Situazione iniziale	43
2.2. I motivi del compattamento	45
2.3. Operazioni preliminari	48
2.4. Algoritmo	54
2.5. Analisi dei risultati, punti di forza e criticità del modello	57
3. L'ALGORITMO DI REPLENISHMENT	62
3.1. Situazione iniziale	62
3.2. I motivi dell'algoritmo	64
3.3. Algoritmo	66
3.4. Vantaggi e criticità del modello	79
CONCLUSIONI	82
APPENDICE	83
BIBLIOGRAFIA / SITOGRAFIA	92
RINGRAZIAMENTI	95

ABSTRACT

L'obiettivo del presente elaborato di tesi è l'ottimizzazione dei flussi di magazzino dell'azienda di e-fulfillment WeJo, attraverso l'implementazione di algoritmi ad hoc. Dopo uno studio preliminare, sono state proposte soluzioni per risolvere le criticità presenti, sia per quanto riguarda problematiche di ottimizzazione dello spazio che di flussi di magazzino. L'ottimizzazione dei processi è ormai un punto fondamentale nella logistica, ancor più nel caso dell'e-fulfillment, per essere competitivi nel mercato nazionale e internazionale.

Nel primo capitolo si fornisce la contestualizzazione del lavoro di tesi, partendo dalla definizione di e-fulfillment, passando per la struttura del magazzino e del modello di costo aziendale, e finendo con il presentare la struttura del database aziendale.

Successivamente, nel secondo capitolo, si descrive l'applicazione di un algoritmo per l'ottimizzazione dello spazio occupato in magazzino, analizzando poi i risultati ottenuti.

Infine, nel terzo capitolo, si propone un modello matematico per l'ottimizzazione dei flussi di magazzino tra la zona dedicata al picking e quella dedicata allo stoccaggio per i clienti B2B.

1. E-FULFILMENT WEJO

1.1. E-fulfilment: cos'è

La gestione degli ordini e-commerce (e-commerce order fulfillment in inglese) è la fase logistica che comprende tutte le azioni che si svolgono in un magazzino, dal momento in cui il prodotto entra in magazzino fino a quando il prodotto viene ricevuto dal consumatore¹. Nel dettaglio, l'e-fulfillment riguarda tutto l'insieme di attività che comprendono la ricezione e la gestione dell'ordine, il picking, l'imballaggio, l'etichettatura, l'assistenza clienti, la gestione dei metodi di pagamento e la gestione dei resi. Parte, dunque, dal momento in cui l'ordine viene processato sull'e-Commerce a quello in cui l'utente riceve il pacco nelle sue mani. Il processo integra flussi di prodotto, come la movimentazione e la spedizione, con servizi di cura (customer care) e di supporto al cliente².

Il consolidamento del commercio elettronico dal 2017 ad oggi (Figura 1) ha aumentato la complessità del servizio logistico ad esso associato, questo a causa dei diversi canali in cui l'azienda e gli utenti interagiscono (omnicanalità), come ad esempio i diversi siti web su cui è possibile acquistare i prodotti. Omnicanalità è il termine usato per far riferimento alla gestione sinergica di tutti i punti di contatto tra l'azienda e i clienti (online e offline) che devono essere interconnessi tra loro. Si punta a fare in modo di fornire

¹ E-commerce fulfillment: sfide e soluzioni logistiche. (s.d.). Mecalux Italia | Soluzioni di Stoccaggio - Mecalux.it. <https://www.mecalux.it/blog/ecommerce-fulfillment>

² EconomyUp. (2022, 10 maggio). Che cos'è il fulfillment e la startup byrd che ha preso 56 milioni. Economyup. <https://www.economyup.it/retail/cose-il-fulfillment-per-lecommerce-e-perche-la-startup-byrd-ha-preso-56-milioni/>

un'esperienza ottimale di contatto con il cliente, priva di interruzioni e totalmente incentrata sul consumatore³.

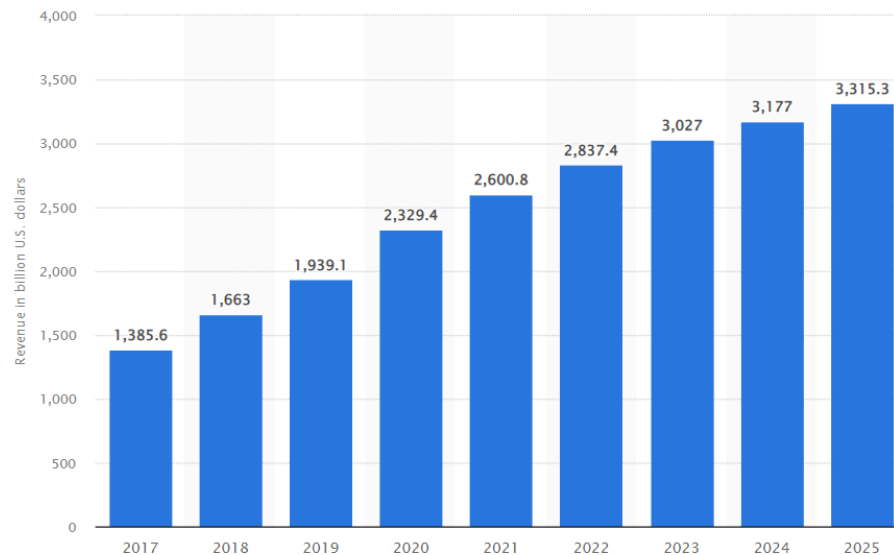


Figura 1: fatturato e-commerce nel mondo dal 2017 al 2025 (consuntivo e previsioni), da www.statista.com

Per quanto riguarda l'Italia, l'e-commerce continua a crescere ma rallenta la sua corsa, dopo l'accelerazione degli ultimi due anni, tornando ai livelli pre-covid. Nel 2022 le vendite online raggiungono il valore di 34 miliardi di euro (+10% rispetto al 2021) crescendo di "soli" 3 miliardi, rispetto agli 8 miliardi in più registrati nel 2020 e a +5 miliardi nel 2021. E' quanto emerge dall'Osservatorio eCommerce B2C della School of Management del Politecnico di Milano, in collaborazione con Netcomm, secondo cui, l'incremento registrato, seppur ridimensionato,

³ Omnicanalità: significato ed esempi di strategie - Inside Marketing. (s.d.). Inside Marketing. <https://www.insidemarketing.it/glossario/definizione/omnicanalita/>

consente all'eCommerce di prodotto di guadagnare un altro punto percentuale di penetrazione: l'incidenza dei consumi online sui consumi totali passa infatti dal 10% nel 2021 all'11% nel 2022⁴.

Tra i settori, l'alimentare continua a crescere sopra la media (+17% rispetto al 2021) e raggiunge un valore di 4,8 miliardi di euro, seguito dall'arredamento (+14%), che vale 3,9 miliardi. In positivo anche abbigliamento (+10%), a 5,6 miliardi, e beauty (+8%), che raggiunge 1,2 miliardi. "L'eCommerce di prodotto, dopo due anni di crescita "straordinaria", si trova in una fase di evoluzione più strutturata e controllata". Per il presidente di Netcomm, Roberto Liscia, "siamo entrati in una nuova fase dell'eCommerce, dove i canali digitali sono ormai al centro dei percorsi di acquisto di 33,3 milioni dei consumatori in Italia. Se la pandemia ha dato impulso all'eCommerce, l'eCommerce ha dato a sua volta impulso all'acquisto multicanale, con un cliente su quattro che dichiara di aver acquistato sia off che online da una stessa insegna"⁵.

Ritornando sul livello operativo, la gestione dello stock è uno dei cicli operativi più complessi e che più influenzano la preparazione degli ordini online: negli ultimi anni, i cartoni si sono sommati ai pallet come unità di carico abituale nei magazzini; ciò ha obbligato le aziende a dotarsi di sistemi di stoccaggio specifici per ogni unità di carico. A questo bisogna aggiungere la comparsa degli ordini

⁴ E-commerce torna a livelli pre-Covid,34 miliardi nel 2022 (+10%) - News. (s.d.). ANSA.it. https://www.ansa.it/industry_4_0/notizie/news/2022/05/24/e-commerce-torna-a-livelli-pre-covid34-miliardi-nel-2022-10_74f20053-0230-43e6-829b-727442f025f6.html

⁵ E-commerce torna a livelli pre-Covid,34 miliardi nel 2022 (+10%) - News. (s.d.). ANSA.it. https://www.ansa.it/industry_4_0/notizie/news/2022/05/24/e-commerce-torna-a-livelli-pre-covid34-miliardi-nel-2022-10_74f20053-0230-43e6-829b-727442f025f6.html

multi-referenza, che rendono più difficili le operazioni di picking. Per evadere rapidamente così tanti ordini eterogenei, è indispensabile un'organizzazione impeccabile della merce e delle attività di approvvigionamento. Conoscere in dettaglio lo stato della merce permette ai fornitori di inviare i prodotti in tempo evitando ritardi e interruzioni nella preparazione degli ordini. È opportuno, inoltre, che il lavoro venga suddiviso tra gli operatori in modo efficace, affinché ognuno possa dedicarsi a completare il maggior numero di ordini possibile.

Inoltre, il commercio elettronico ha trasformato i centri logistici, per cui il layout di un magazzino orientato alla vendita al dettaglio online (B2C), di solito, risulta differente rispetto a uno tradizionale in cui la merce viene scambiata tra aziende (B2B). Le caratteristiche intrinseche della logistica e-commerce obbligano dunque i magazzini tradizionali ad adattare la loro disposizione per essere più efficienti con questi nuovi cicli operativi⁶.

Gli aspetti chiave che devono essere tenuti in considerazione per una gestione ottimale degli ordini online sono:

-Diminuzione dei tempi logistici

Il commercio elettronico richiede alle aziende di sveltire i processi del magazzino per rispettare lo standard di spedizione in 24 ore (sebbene esistano servizi logistici con tempi di consegna ancora più brevi, vedi Amazon). La preparazione degli ordini richiede una gran velocità dei cicli operativi e degli spostamenti degli operatori,

⁶ E-commerce fulfillment: sfide e soluzioni logistiche. (s.d.). Mecalux Italia | Soluzioni di Stoccaggio - Mecalux.it. <https://www.mecalux.it/blog/ecommerce-fulfillment>

quindi, i primi devono essere ottimizzati per aumentare la loro produttività. Il software di gestione magazzino gioca qui un ruolo rilevante: consente di definire preventivamente una strategia di picking specifica, in base alle caratteristiche del prodotto e del magazzino.⁷.

-Riduzione degli errori nel picking

Per garantire una preparazione degli ordini e-commerce efficiente, è essenziale ridurre al minimo gli errori. I resi dei prodotti sono uno dei principali problemi per le aziende che vendono online: la Società di consulenza Deloitte indica che, nell'ultimo decennio, l'auge dell'e-commerce ha incrementato del 33% il tasso dei resi e prevede che nel 2022 verranno restituiti prodotti per un valore di 573 milioni di dollari. Questa cifra rappresenta 4 volte il volume di affari del commercio elettronico raggiunto nel 2008⁸.

-Mantenimento dello stock aggiornato e sincronizzato

L'implementazione dei canali di vendita e la varietà di referenze nel magazzino rende le operazioni logistiche, come il picking, ancora più complicate. Per controllare lo stock in tempo reale, è fondamentale sostituire i processi di inventario manuali con un software di gestione magazzino che coordini integralmente tutto ciò che accade nell'installazione (WMS). Un WMS può essere

⁷ E-commerce fulfillment: sfide e soluzioni logistiche. (s.d.). Mecalux Italia | Soluzioni di Stoccaggio - Mecalux.it. <https://www.mecalux.it/blog/ecommerce-fulfillment>

⁸ E-commerce fulfillment: sfide e soluzioni logistiche. (s.d.). Mecalux Italia | Soluzioni di Stoccaggio - Mecalux.it. <https://www.mecalux.it/blog/ecommerce-fulfillment>

integrato con un terminale a radiofrequenza o qualunque altro dispositivo di assistenza al picking che eviti la perdita di prodotti e migliori la produttività dell'operatore durante la preparazione degli ordini⁹.

-Evitare una proliferazione degli SKU

Le caratteristiche del commercio elettronico necessitano di una pianificazione logistica che analizzi la rotazione di ogni referenza e la stagionalità dei prodotti. Questo limita la proliferazione degli SKU, cioè, il processo di incorporare un maggior numero di referenze senza effettuare uno studio preliminare della domanda, che rende complessa la gestione del magazzino e facilita gli errori nella preparazione degli ordini e-commerce¹⁰.

-Ottimizzazione dei processi di packaging e kitting

Oltre alle difficoltà dei cicli operativi, i magazzini e-commerce devono adeguare anche i loro processi di imballaggio e di spedizione secondo il periodo dell'anno. Ad esempio, è normale personalizzare la scatola o l'etichetta degli ordini in date importanti, come il Black Friday, San Valentino, o il Cyber Monday. I magazzini e-commerce hanno adottato questa tendenza riservando

⁹ E-commerce fulfillment: sfide e soluzioni logistiche. (s.d.). Mecalux Italia | Soluzioni di Stoccaggio - Mecalux.it. <https://www.mecalux.it/blog/ecommerce-fulfillment>

¹⁰ E-commerce fulfillment: sfide e soluzioni logistiche. (s.d.). Mecalux Italia | Soluzioni di Stoccaggio - Mecalux.it. <https://www.mecalux.it/blog/ecommerce-fulfillment>

apposite aree a postazioni di lavoro per personalizzare i prodotti o gli ordini in base alle richieste del cliente finale¹¹.

-Gestione efficiente dell'ultimo miglio

A tutto quello che è stato detto finora bisogna sommare i costi derivati dall'ultimo miglio (consegna al cliente finale). Questa fase logistica richiede la massima organizzazione per evitare sovraccosti che possano compromettere la competitività dell'azienda. Bisogna, pertanto, disporre di strumenti che permettano una comunicazione fluida tra il magazzino e le varie agenzie di trasporto¹².

-Dispositivi di assistenza al picking

La preparazione degli ordini può essere ottimizzata anche mediante soluzioni di assistenza al picking come il pick to light (processo di picking comandato da luci poste nelle ubicazioni) o il voice picking (processo di picking guidato da comandi vocali), che migliorano la produttività ed eliminano il margine d'errore durante il prelievo dei prodotti¹³.

¹¹ E-commerce fulfillment: sfide e soluzioni logistiche. (s.d.). Mecalux Italia | Soluzioni di Stoccaggio - Mecalux.it. <https://www.mecalux.it/blog/ecommerce-fulfillment>

¹² E-commerce fulfillment: sfide e soluzioni logistiche. (s.d.). Mecalux Italia | Soluzioni di Stoccaggio - Mecalux.it. <https://www.mecalux.it/blog/ecommerce-fulfillment>

¹³ E-commerce fulfillment: sfide e soluzioni logistiche. (s.d.). Mecalux Italia | Soluzioni di Stoccaggio - Mecalux.it. <https://www.mecalux.it/blog/ecommerce-fulfillment>

-Presenza di software specializzato

La digitalizzazione dei processi logistici evita di commettere errori derivati dalla gestione manuale del magazzino. Un software WMS possiede differenti funzionalità avanzate orientate al commercio elettronico come, ad esempio, la sincronizzazione del catalogo online dell'azienda con lo stock fisico presente nel magazzino per eliminare gli errori¹⁴.

-Picking automatizzato

Il processo di preparazione degli ordini può essere automatizzato equipaggiando il magazzino e-commerce con soluzioni automatiche come i trasloelevatori per contenitori casse, che accelerano il deposito e il prelievo della merce. Questo sistema può essere integrato con sistemi di trasporto per contenitori, che aumentano il flusso della merce fino alle postazioni di preparazione degli ordini. Con il magazzino automatico per contenitori, la merce viene trasferita automaticamente fino alle postazioni per la preparazione degli ordini¹⁵.

¹⁴ E-commerce fulfillment: sfide e soluzioni logistiche. (s.d.). Mecalux Italia | Soluzioni di Stoccaggio - Mecalux.it. <https://www.mecalux.it/blog/ecommerce-fulfillment>

¹⁵ E-commerce fulfillment: sfide e soluzioni logistiche. (s.d.). Mecalux Italia | Soluzioni di Stoccaggio - Mecalux.it. <https://www.mecalux.it/blog/ecommerce-fulfillment>

1.2. Magazzino: introduzione, layout, sistemi di stoccaggio, sistemi di movimentazione e processi

Un magazzino è una struttura il cui compito è quello di ricevere merce, conservarla e renderla disponibile all'utilizzo o alla spedizione nella quantità richiesta. Oggi tutte le aziende hanno bisogno di un magazzino, sia che esse lavorino in ambito produttivo che in ambito puramente commerciale. Una gestione ottimale di questo spazio garantisce infatti un vantaggio competitivo nel proprio settore sia a livello di costi (che si riflettono sul prezzo che si può fare al mercato), sia come livello di servizio garantito al cliente. I magazzini presenti in impianti produttivi sono sostanzialmente uguali a quelli presenti in impianti di pura e mera distribuzione, la differenza principale è che nel primo caso si avranno a stock tre tipologie di prodotti (materie prime, semilavorati e prodotti finiti), nel secondo solo uno (prodotti finiti). WeJo lavora solo con prodotti finiti.

Il trade-off principale di cui si deve tenere conto quando si gestisce un magazzino è quello tra scorta di prodotto e costi: il livello di scorte dovrebbe essere sempre tale da soddisfare la domanda di prodotti finiti del cliente finale, coprendo anche eventuali picchi di domanda imprevisti, mentre i costi dovrebbero tendere a zero, per massimizzare i profitti. Evidentemente queste due facce della stessa medaglia non possono essere massimizzate contemporaneamente, più sale il livello di scorte in magazzino e più sale il costo associato, viceversa più minimizzo i costi e meno prodotti posso avere in giacenza. L'obiettivo è dunque quello di soddisfare i bisogni del consumatore finale tenendo sempre sotto

controllo i costi generati dal magazzino. In particolare, i costi in un magazzino possono essere suddivisi in tre classi (Mocellin): costi riguardanti la superficie di stoccaggio; costi di movimentazione dei prodotti; costi di trasporto¹⁶.

I magazzini possono essere anche classificati secondo altri criteri, ad esempio di distinguono (Maraschi)¹⁷: magazzini all'aperto o al coperto; • magazzini per materie prime, semilavorati e prodotti finiti; • magazzini statici o dinamici. I magazzini all'aperto o al coperto si differenziano in base all'esposizione o meno dei prodotti agli agenti atmosferici. Se i prodotti non richiedono particolari esigenze di conservazione, in quanto non deperibili, la soluzione di adottare un magazzino all'aperto è preferibile, perché è meno costosa. In base alla fase di lavorazione in cui si trova il prodotto da stoccare, si possono individuare magazzini per materie prime, per semilavorati e per prodotti finiti: il primo viene costituito per superare eventuali imprevisti che sospendano i rifornimenti esterni; quello contenente i semilavorati rappresenta un passaggio di attesa tra stadi di lavorazione differenti caratterizzati da ritmi produttivi diversi; il terzo, il magazzino dei prodotti finiti, serve ad attenuare la differenza tra i ritmi di produzione e quelli di vendita. Un particolare magazzino di prodotti finiti è il centro di distribuzione, una grande struttura al centro della catena di fornitura di grandi imprese commerciali operanti nel settore della Grande Distribuzione Organizzata. In tale tipologia di magazzino transitano i prodotti finiti provenienti dai fornitori e destinati ai

¹⁶ Mocellin, F. (2017), *La gestione delle scorte e del magazzino. Metodi logistici per il lean manufacturing*, Franco Angeli, prima edizione, Milano.

¹⁷ Maraschi, E. (2011), *Caratteristiche del magazzino*, E-formazione by Consulman S.p.A, Torino.

punti vendita o ai clienti. In base al grado di meccanizzazione delle scaffalature si possono distinguere i magazzini dinamici, nei quali la merce stoccata cambia locazione in continuazione, dai magazzini statici, nei quali i prodotti rimangono posizionati nella stessa locazione durante il tempo necessario al loro immagazzinamento¹⁸. WeJo ha un magazzino statico, al coperto, per prodotti finiti.

Fatta la classificazione dei magazzini bisogna considerare quelle che sono le difficoltà ad esso associate. Le tre macrocategorie sono: fisiche, operative e gestionali¹⁹. Le problematiche fisiche sono la determinazione della superficie e del volume necessario, la definizione del layout e la scelta dei mezzi di movimentazione. Per quanto riguarda la categoria operativa si hanno la scelta dei mezzi e delle procedure per il ricevimento della merce, la scelta delle ubicazioni in cui stoccare la merce, i sistemi di picking, l'utilizzo degli imballaggi di packing e la formazione di unità di carico. Infine, per le problematiche gestionali, si devono tenere in considerazione la determinazione dei livelli di merce dei singoli prodotti, la gestione degli inventari, delle risorse umane, dei costi e il controllo di tutte quelle attività che sono svolte all'interno del magazzino²⁰.

Per quanto riguarda il layout di magazzino, è diviso in zone. Questa divisione può essere fatta in base alla tipologia di merce stoccata come sulla base della funzione della zona stessa. Le funzioni comuni ad ogni magazzino sono il ricevimento della

¹⁸ Lucca Elisa, "Applicazione di un framework per la gestione Lean di un magazzino: il caso Gruppo Poli": tesi di laurea magistrale, Politecnico di Torino, 2018

¹⁹ Vignati, G. (2002), Manuale di logistica, Hoepli, Milano.

²⁰ Lucca Elisa, "Applicazione di un framework per la gestione Lean di un magazzino: il caso Gruppo Poli": tesi di laurea magistrale, Politecnico di Torino, 2018

merce, lo stoccaggio e l'uscita della merce²¹. La zona di ricevimento merce è dedicata allo scaricamento della merce che è presente sugli autocarri dei fornitori, questi arrivano e attendono che si liberi una baia di scarico. Una volta che si scarica la merce vi è il processo di modifica dell'unità di carico, ovvero la modifica del supporto su cui è posta la merce. Ciò può essere fatto per motivi logistici oppure per vincoli presenti nei contratti, tuttavia, è possibile omettere quest'ultimo passaggio accordandosi preventivamente con i fornitori per far sì che la merce arrivi nell'unità di carico desiderata. Sempre nella fase di ricezione vi è il controllo quali-quantitativo della merce arrivata, gli operatori devono controllare che la merce in ingresso corrisponda per qualità (codice prodotto) e quantità a quello preventivato con il fornitore. Per i prodotti sotto controllo doganale vi è anche il processo di "sdoganamento". WeJo ha a disposizione due baie di scarico e oltre alle fasi prime citate ve ne è una di etichettatura, prevista nel caso in cui la merce non lo sia già (lavorazione extra pagata dal fornitore).

Successivamente vi è la fase di stoccaggio e la relativa strategia. Secondo Mocellin ci sono due possibili strategie, quella con allocazioni randomizzate e quella con allocazioni dedicate²². Nel primo caso ogni ubicazione può essere dedicata a qualsiasi prodotto, il sistema informativo gioca qui un ruolo importantissimo nell'immagazzinare le informazioni relative alle ubicazioni dei singoli prodotti, che sarebbero altrimenti

²¹ Mocellin, F. (2017), La gestione delle scorte e del magazzino. Metodi logistici per il lean manufacturing, Franco Angeli, prima edizione, Milano.

²² Mocellin, F. (2017), La gestione delle scorte e del magazzino. Metodi logistici per il lean manufacturing, Franco Angeli, prima edizione, Milano.

difficilissimi da ritrovare con enormi perdite di tempo per gli operatori di magazzino. Un vantaggio di questa strategia è che si ottimizza lo spazio in magazzino poiché il posto scelto per ogni unità di carico è dato sulla base delle caratteristiche dell'unità stessa e dell'ubicazione che gli viene dedicata (si cerca di evitare sprechi di spazio). Nel caso della strategia di allocazioni dedicate si ha che ogni ubicazione è dedicata ad una famiglia di articoli con caratteristiche simili (forma, fornitore, ecc.). Questa strategia permette di rintracciare molto facilmente il prodotto all'interno del magazzino poiché un certo prodotto riceverà sempre la stessa ubicazione nel tempo. Dal lato opposto però se il prodotto non è presente in magazzino si spreca un'ubicazione poiché il suo posto non può essere dedicato ad un altro codice ma resta vuoto, in attesa che il codice a cui è dedicata l'ubicazione torni disponibile. Wejo utilizza la strategia ad allocazioni randomizzate, il magazzino è poi diviso fisicamente in due zone, collegate fra di loro, che sono dette "zona alta" e zona "bassa". Le due zone sono così chiamate per l'altezza di stoccaggio, nel primo caso si arriva sopra gli 11 metri di altezza ed è una zona dedicata all'ubicazione di pedane (120cmx80cmx130cm), intese sia come prodotto finito per i clienti B2B sia come stock per la "zona bassa". Quest'ultima ha un'altezza di stoccaggio massima di 2 metri ed è dedicata al picking per gli ordini B2C.

Infine, vi è la zona delle spedizioni, dove hanno luogo la fase di consolidamento, di controllo in partenza e di attesa in partenza²³. La prima consiste nel raggruppare tutte le unità di carico che devono essere spedite tramite lo stesso mezzo di trasporto, la

²³ Mocellin, F. (2017), La gestione delle scorte e del magazzino. Metodi logistici per il lean manufacturing, Franco Angeli, prima edizione, Milano.

seconda nel controllo della merce prima che essa venga spedita ed infine l'ultima fase consiste nel far transitare in una zona dedicata la merce che deve essere spedita ma per cui non è ancora disponibile un mezzo di trasporto.

Secondo Monte, il sistema di stoccaggio all'interno di un magazzino deve essere fatto sulla base di due considerazioni, una tecnica e una economica²⁴. La prima tiene conto della merce che deve essere immagazzinata, in particolare del peso, del volume, delle dimensioni, della sua rotazione (quando velocemente esce dal magazzino dopo essere entrata) e delle condizioni di igiene e sicurezza. La seconda ha come obiettivo quello della minimizzazione dei costi, siano questi per manutenzione ordinaria, straordinaria, ammortamento, di capitale o di manodopera. Fatte queste considerazioni si deve scegliere se optare per un sistema di stoccaggio tradizionale (statico) o automatico.

Di seguito elencati alcuni dei principali sistemi di stoccaggio:

- Scaffalature per bancali

Sono scaffalature, tendenzialmente in metallo, formate da montanti verticali e correnti orizzontali, utilizzate per stoccare merci pesanti o ubicate su pedane. L'altezza degli scaffali è variabile ed è modificata in base alla dimensione della pedana che si utilizza e del sistema di movimentazione del magazzino. Tra i vantaggi troviamo la possibilità di sfruttare il magazzino in altezza oltre l'economicità della scaffalatura stessa.

²⁴ Monte, A. (2009), Elementi di impianti industriali, Libreria Cortina, seconda edizione, Torino.

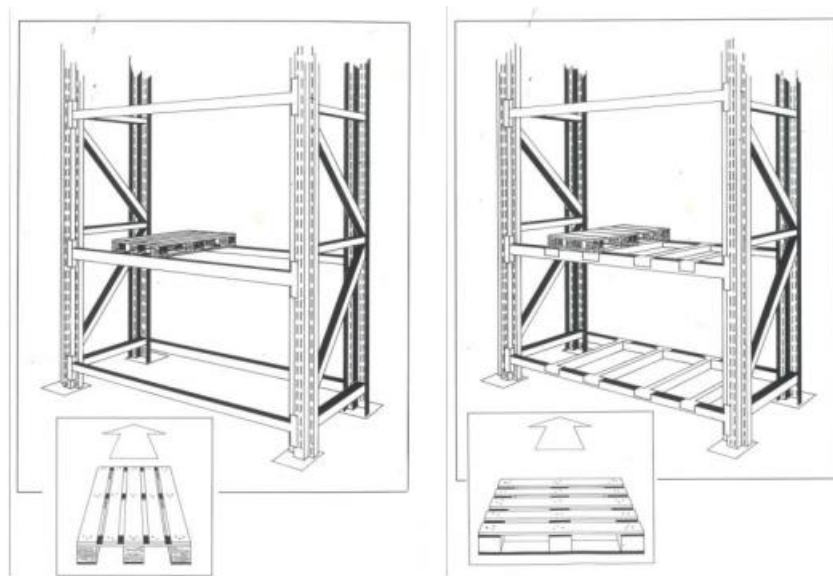


Figura 2: Scaffalature per bancali

- Cantilever

Una scaffalatura metallica formata da elementi verticali (le colonne) a supporto dei ripiani o sostegni a sbalzo. In questo modo, è possibile garantire lo stoccaggio orizzontale di carichi lunghi o ingombranti, come tubi, profilati, tavole²⁵.

- Scaffalature passanti

Le scaffalature passanti sono dei sistemi di stoccaggio per pallet, non adatti a unità di carico non sovrapponibili ma che permettono di passare all'interno del corridoio con il mezzo di movimentazione, lasciando la possibilità di prelevare e stoccare merce. Se il prelievo e lo stoccaggio della merce avvengono dallo stesso lato si parla di scaffalatura Drive-In e si segue la logica

²⁵ Portapallet: Cosa sono e Perché installarli nel proprio Magazzino. (s.d.). Scaffalature metalliche industriali Block Sistem s.r.l. (Marche - Abruzzo - Molise). <https://www.blocksistem.com/portapallet-cosa-sono/>

LIFO (Last In First Out). Viceversa, se la logica seguita è quella FIFO (First In First Out), si carica da un lato e si scarica dall'altro e si parla di scaffalature Drive-Through. Il vantaggio principale di questi tipi di scaffalature è lo sfruttamento in altezza del magazzino.

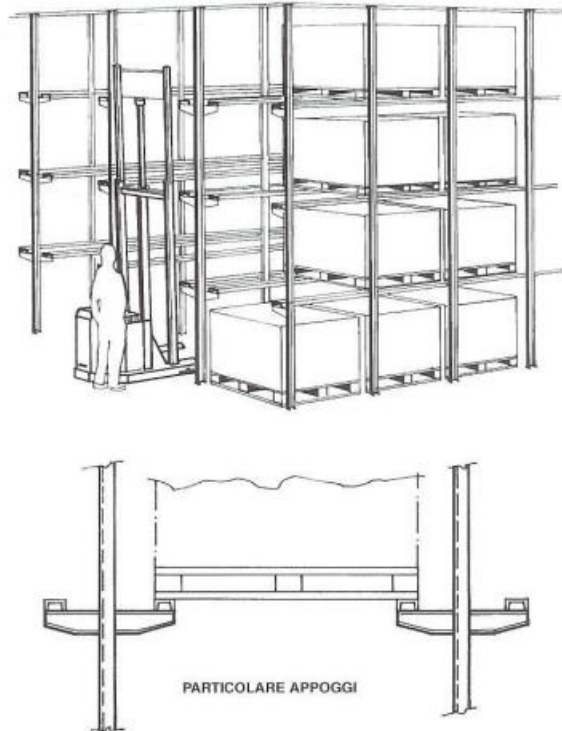


Figura 3: Scaffalature passanti

- Strutture a gravità

I magazzini dove sono presenti strutture a gravità sono dinamici, la merce cambia infatti posizione nel tempo.

Da Figura 4, si vede come lo scaffale a gravità prevede il carico dei materiali da una parte e il prelievo dall'altra. Man mano che la prima unità di carico viene prelevata la merce scende e si rende disponibile al prelievo la seconda unità di carico, e così via. Le

strutture a gravità seguono una logica FIFO ed ogni corsia deve essere dedicata ad una sola referenza.

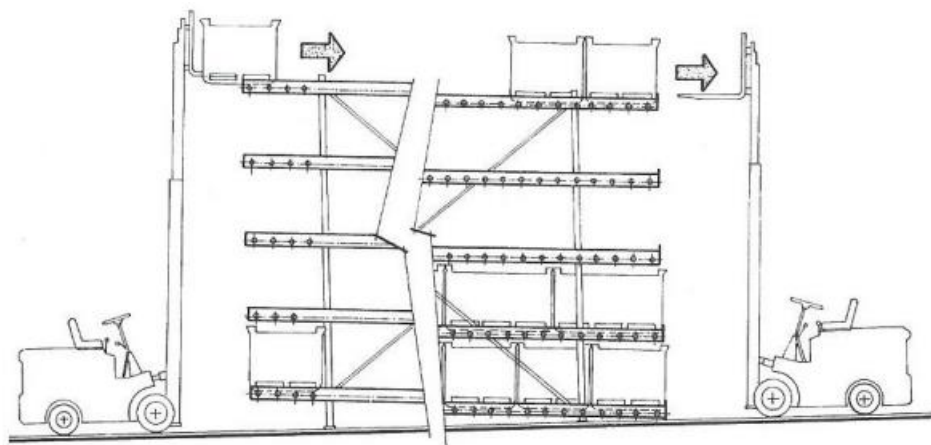


Figura 4: Strutture a gravità

- Scaffali mobili

Si tratta di scaffalature dotate di ruote scorrevoli su apposite rotaie che consentono l'accesso alle locazioni di stoccaggio. Agendo su un comando posto in corrispondenza della testata di ciascun scaffale, si possono spostare gli elementi necessari per ricavare un corridoio di accesso nella posizione voluta. In questo modo l'operatore o il mezzo di trasporto, percorrendo tale corridoio, può effettuare i prelievi o i depositi di materiale²⁶. Questa attrezzatura di stoccaggio permette di sfruttare lo spazio disponibile e non è necessario rispettare delle logiche FIFO o LIFO per il prelievo, ma lo svantaggio è la poca flessibilità, in quanto è accessibile un solo corridoio alla volta. Per questa ragione è adatta a prodotti con bassa

²⁶ Monte, A. (2009), Elementi di impianti industriali, Libreria Cortina, seconda edizione, Torino.

rotazione, poiché il tempo di accesso alla scaffalatura è più elevato²⁷.

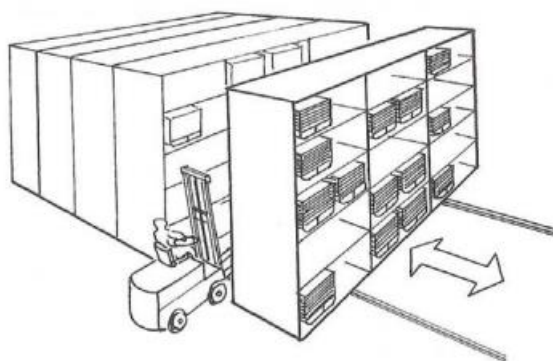


Figura 5: Scaffali mobili

- Caroselli verticali e orizzontali

Si tratta di una struttura automatizzata in cui vi sono diverse locazioni di stoccaggio che si muovono orizzontalmente o verticalmente. L'operatore si trova solitamente ad un terminale in prossimità della struttura, e l'attività di stoccaggio e prelievo è resa più veloce grazie ad un sistema informatico che consente all'operatore di selezionare la locazione che contiene il prodotto desiderato. Queste strutture richiedono un ingente investimento e sono adatte per prodotti di piccole dimensioni e suddivisi in molte voci²⁸.

²⁷ Lucca Elisa, "Applicazione di un framework per la gestione Lean di un magazzino: il caso Gruppo Poli": tesi di laurea magistrale, Politecnico di Torino, 2018

²⁸ Lucca Elisa, "Applicazione di un framework per la gestione Lean di un magazzino: il caso Gruppo Poli": tesi di laurea magistrale, Politecnico di Torino, 2018

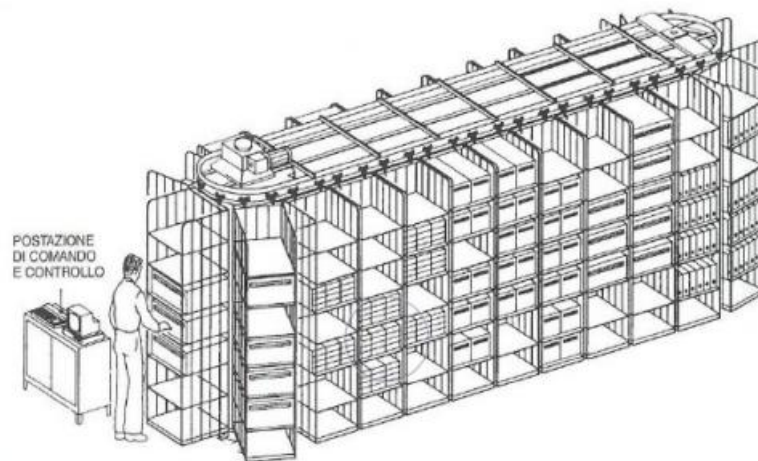


Figura 6: Caroselli verticali e orizzontali

-Scaffali picking

Sistema base di stoccaggio manuale e archiviazione destinato ai carichi medi e leggeri. Scaffalature formate da spalle verticali e ripiani orizzontali che consentono di depositare merce frazionata o in scatole di piccole dimensioni. I vari accessori di cui dispongono permettono di suddividere i livelli e di posizionare dei cassetti per classificare i prodotti sfusi, ma anche archivi, cartelle, articoli sospesi²⁹.

WeJo utilizza scaffalature per bancali nella zona alta e scaffali picking nella zona bassa. Questo permette di sfruttare al meglio la zona alta per stoccare la merce e ottimizzare lo spazio, mentre nella zona bassa l'utilizzo di scaffali picking dà la possibilità di concentrare molti codici diversi su uno stesso ripiano e avere uno stock dedicato solo al picking per il B2C a portata degli operatori.

²⁹ Scaffalature leggere M3. (s.d.). Mecalux Italia | Soluzioni di Stoccaggio - Mecalux.it.
<https://www.mecalux.it/scaffali-picking/scaffalature-leggere>

Una volta definito il sistema di stoccaggio si deve analizzare come la merce si muove all'interno del magazzino. I trasporti interni prendono anche il nome, dall'inglese, di material handling.

Secondo Monte, lo studio dei trasporti interni ha quattro principali obiettivi³⁰: limitazione dei costi, riduzione della possibilità di danni durante la movimentazione, miglioramento della condizione di lavoro limitando le operazioni ridondanti e ripetitive, aumento dell'efficienza del lavoro. Sempre Monte identifica tre categorie di sistemi di movimentazione, sulla base della modalità di azionamento³¹. Ci sono carrelli a traslazione manuale, carrelli trasportatori-elevatori azionati manualmente e carrelli trasportatori-elevatori motorizzati.

Di seguito l'elenco dei principali mezzi di movimentazione:

- Transpallet

È un carrello trasportatore-elevatore ad azionamento manuale, può trasportare pallet con una massa fino a 3 tonnellate. Gli spazi di manovra sono limitati dunque il transpallet è utilizzato solo per brevi distanze. Si possono sollevare pallet da terra ed il movimento può essere attivato grazie ad una manopola o un pedale, con funzionamento di tipo idraulico.

³⁰ Monte, A. (2009), Elementi di impianti industriali, Libreria Cortina, seconda edizione, Torino.

³¹ Monte, A. (2009), Elementi di impianti industriali, Libreria Cortina, seconda edizione, Torino.

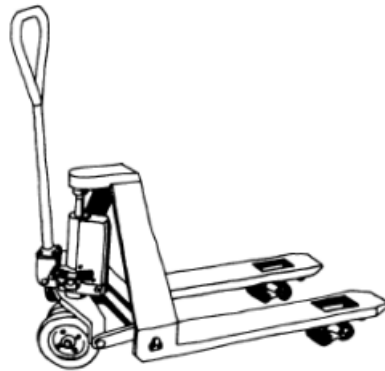


Figura 7: Transpallet

- Carrello a forche ricoprenti e transpallet elevatore

Tra i carrelli trasportatori-elevatori si trovano anche il carrello a forche ricoprenti e il transpallet elevatore. Rispetto al transpallet, questi carrelli sono azionati da un motore ed il sollevamento del pallet è permesso fino a medi livelli di altezza. Con questi tipi di carrelli è possibile ridurre notevolmente la larghezza dei corridoi, non necessitando di elevati spazi di manovra.

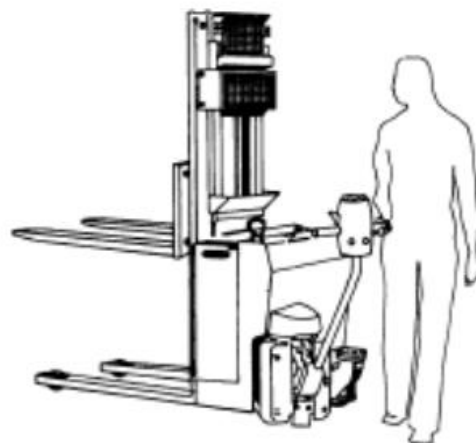


Figura 8: Carrello a forche ricoprenti e transpallet elevatore

- Carrello con forche a sbalzo

Questo tipo di carrello è utilizzato principalmente negli impianti produttivi poiché permette di circolare anche all'esterno su terreni non regolari. Si possono sollevare pedane fino a 6 metri di altezza e la velocità di traslazione tocca punte di 15 km/h. L'ingombro di manovra è maggiore rispetto a quelli visti fino ad ora e si necessita di corridoi larghi dai 3 ai 4 metri.

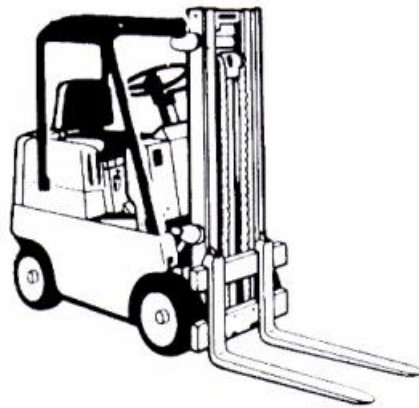


Figura 9: Carrello con forche a sbalzo

- Carrello a forche con montanti retrattili

I carrelli con forche a sbalzo retrattili sono caratterizzati da montanti che possono traslare in avanti grazie ad un apposito sistema. Sia lo spostamento dei montanti che il sollevamento delle forche sono elettro-idraulici. Il fatto che le forche siano retrattili permette di avere corridoi più stretti. Si raggiungono i 7 metri di altezza.

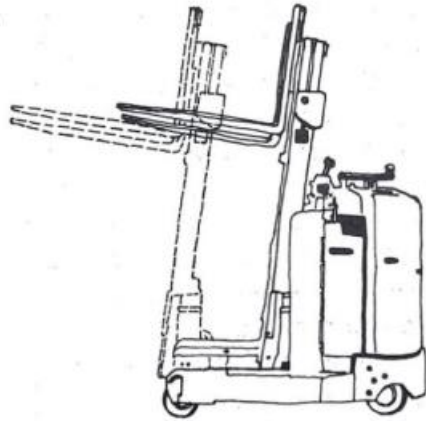


Figura 10: Carrello a forche con montanti retrattili

- Carrello a presa laterale

I carrelli a forche laterali hanno la caratteristica peculiare che le forche sono posizionate lateralmente rispetto al senso di marcia. Ciò permette di fare le attività di prelievo e scarico senza dover sterzare per mettersi perpendicolarmente all'ubicazione, come si fa con gli altri carrelli. Per questo motivo sono utilizzati in corridoi stretti.



Figura 11: Carrello a presa laterale

- Carrelli a grande altezza

Questi carrelli sono utilizzati per prelevare e stoccare le diverse unità di carico sugli ultimi ripiani di scaffalature molto alte poiché i carrelli a grande altezza permettono il sollevamento delle forche fino ad altezze di 13-14 m. Il manovratore può rimanere a terra, non essendo previsto il sollevamento dell'operatore al livello del prelievo, a differenza del carrello commissionatore.

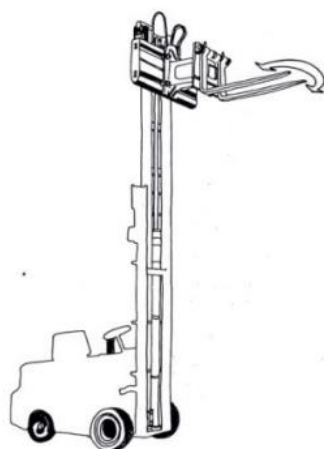


Figura 12: Carrello a grande altezza

- Carrelli commissionatori

Questa tipologia di carrelli è impiegata per l'attività di picking perché consente all'operatore di accedere a tutte le unità di carico riposte sulla scaffalatura, in modo da prelevare i singoli colli per la preparazione degli ordinativi. L'operatore si trova su una piattaforma e può raggiungere altezze di 6-8 m da terra. Inoltre, questa attrezzatura permette di circolare in corridoi stretti meno di 3 m. Una variante dei carrelli commissionatori è rappresentata dal carrello commissionatore combinato, tramite il quale è possibile

effettuare sia il prelievo manuale di singoli colli che la movimentazione di bancali interi³².

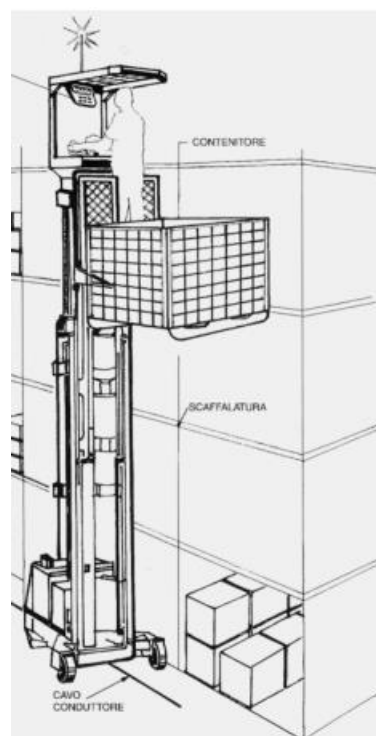


Figura 13: Carrello commissionatore

³² Lucca Elisa, "Applicazione di un framework per la gestione Lean di un magazzino: il caso Gruppo Poli": tesi di laurea magistrale, Politecnico di Torino, 2018

1.3. Il modello di costo (tariffe peso-volumetriche): confronto con modelli di costo tradizionali

Prima di analizzare il modello di costo di WeJo è necessario introdurre il concetto di “layer” e altre nozioni generali riguardanti la logistica.

- GTIN, EAN e UPC

Il GTIN (Global Trade Item Number) è un identificatore internazionale che non cambia mai, dalla produzione al Cliente finale. Tipicamente i codici GTINs sono composti da 12-14 digit. Per i piccoli prodotti è ancora in uso il GTIN-8. Il GTIN è spesso chiamato con nomi differenti. Due casi notevoli: EAN code in Europa e UPC code negli USA. Quale dei due usare dipende dalla localizzazione del business. La logistica è in grado di identificarli entrambi grazie al codice a barre. È importante utilizzare i codici GTIN non solo per la corretta identificazione del prodotto ma anche nell' ECommerce per costruire credibilità nei prodotti, specialmente per i motori di ricerca e gli aggregatori, che sono in grado di scansionare tutto l'inventario, confrontare i GTIN verificati e migliorare il SEO (Search Engine Optimization). Il GTIN è un codice invariabile, dalla produzione all'utente finale. Normalmente viene utilizzato il GTIN-13 (per unità di imballo omogenee o miste) ma sono comuni anche il GTIN-14 ed il GTIN-8.

- SKU

Un prodotto base o unità commerciale è definito da un suo codice articolo. Talvolta il codice articolo è chiamato referenza oppure ha altri nomi. A livello internazionale, è noto come SKU: Stock Keeping Unit. Ogni tuo prodotto sarà caratterizzato da un proprio SKU e questo deve essere sempre scritto in chiaro sull'etichetta. In chiaro vuol dire leggibile da un operatore, ovvero non codificato con un codice a barre. Ogni prodotto ha bisogno anche di un codice a barre scannerizzabile dal magazzino. In tal modo non c'è spazio per l'errore. Il barcode può essere un comune GTIN (per es. EAN) oppure la codifica a barre del codice dello SKU, che potrai generare automaticamente sulla nostra piattaforma.

- Packing

I prodotti finiti non viaggiano sfusi. Per spedirli generalmente si utilizzano scatole di cartone. Le scatole potrebbero essere impilate ed impacchettate in modo da formare una pedana perché questo facilita le operazioni di movimentazione e di scarico. Tutto il sistema di packaging può avere una "gerarchia", a seconda delle dimensioni e di come sono impacchettate le scatole (si identificano così i diversi layer). Una scatola potrebbe contenere molti pezzi dello stesso articolo (SKU) oppure articoli diversi. Le scatole devono quindi avere un sistema di etichettatura che permetta al magazzino di riconoscerle, senza errori, in fase di ricezione della merce. A qualsiasi livello di packaging, le scatole, esattamente come il prodotto base, hanno bisogno di uno SKU e di un BARCODE per essere accettate dal magazzino.

- Prodotto Base

Un Prodotto Base o Unità Base è l'unità commerciale di un particolare prodotto, caratterizzata da un proprio SKU (Stock Keeping Unit) ed un singolo codice GTIN (EAN o UPC etc..) corrispondente a quello SKU.

- Inner Pack

Gli Inner Pack sono scatole contenenti un certo numero di prodotti base. Tutte le unità all'interno dell'Inner Pack devono essere identiche, ovvero avere lo stesso SKU del prodotto base.

- Master Carton

Master Case o Master Carton (MC) sono scatole più grandi monoreferenza (i.e. più unità ma un solo SKU) contenenti un certo numero di Inner Packs oppure un certo numero di unità base qualora gli inner pack non siano utilizzati.

- Pallet

I Pallet sono composti da uno o più livelli di Master Case impilati su una pedana di legno o un frame di plastica o cartone. La relazione tra gli SKU è la seguente: il pallet conterrà un certo numero di master case, i quali contengono multipli inner pack ognuno dei quali contiene molte unità base.

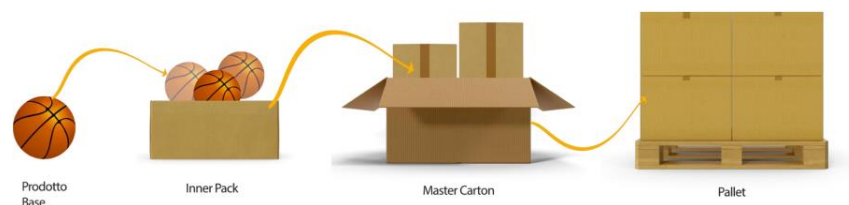


Figura 14: differenza tra Prodotto Base, Inner Pack, Master Carton e Pallet

Compresa la parte introduttiva si può procedere con la visione delle principali voci di costo dei competitors (Tabella 1), per poi analizzare il modello di costo di WeJo.

Tabella 1: Principali voci di costo dei competitors

Tipologia di costo	Descrizione	Costo medio
Stoccaggio	Posto pallet standard	4-12 €/mese
Stoccaggio	Posto pallet slow mover	3,5-7 €/mese
Stoccaggio	Affitto area dedicata	Estremamente variabile
Handling in	Master Carton	0,7-7 €
Handling out	Master Carton	0,7-7 €
Handling out	Costo packaging	0,5-2 €
Handling out	Wrapping pallets	1-2 €

Il range di costi è dovuto a diversi fattori: prestigio del competitor, localizzazione del fulfillment center, indice di saturazione del competitor alle condizioni attuali, skill del commerciale nell'interpretazione corretta delle specifiche ricevute dall'affidante e valutazione dell'offerta conseguente, volumi di storage e movimentazione previsti dalla commessa. Infine, ogni riga della tabella può variare il costo in dipendenza dalle tariffazioni applicate alle altre righe. Inoltre che non sono state riportate e tariffazioni riguardanti attività accessorie come gestione dei resi, etichettature in ingresso (se mancante), smaltimento rifiuti, gestione delle bolle in ingresso, delle bolle in uscita e dei DDT.

Dopo una prima analisi si evidenzia come i modelli di costi classici, nonostante siano molto semplici da applicare e comprendere,

soffrano di varie indeterminazioni. I pesi ed i volumi dei vari livelli di packing (prodotto base, inner carton, master carton, pallet) non sono tracciati. Per questo motivo l'affidatario applica sempre tariffe sovradimensionate che lo coprano nel caso in cui le operazioni non siano aderenti a quanto preventivato. Allo stesso modo, quando il cliente cambia il suo modello di business, ad esempio introducendo nel proprio catalogo referenze di dimensioni e peso molto diverse oppure inseguendo la tendenza del B2C, l'affidatario potrebbe non riuscire ad onorare gli SLA previsti. In generale con il modello classico è impossibile coprire un ampio spettro di esigenze ed è difficile implementare un business B2C (per sé stessi o per i propri Clienti), nel quale un costo basso e proporzionato è indispensabile per il successo del business stesso. Infine, l'incidenza del costo della logistica sul fatturato è sproporzionata per alcuni articoli di basso valore e non è possibile conoscere la reale redditività nella vendita di questi prodotti.

Nell'ottica di una ottimizzazione logistica, è possibile pensare ad un modello di costi differente. Il modello di costi applicato da Wejo, per la movimentazione e lo storage, è un modello innovativo utilizzato dagli operatori E-fulfillment. Esso garantisce scalabilità, flessibilità e sicurezza in caso di sizing up o down. Le tariffazioni sono trasparenti ed esposte, a livello di riga (ordine) e pezzo, nell'apposito ambiente all'interno del framework. Il modello consente calcoli di redditività accurati, a livello di sku e materie prime, nonché un livello di ottimizzazione elevato. Nell'ottica di una logistica moderna e conforme agli standard internazionali di stoccaggio e spedizione, è indispensabile la misura dei pesi e dei volumi di ogni livello di packaging. La misura garantisce il

controllo dei costi e l'eventuale ottimizzazione. La gestione della logistica include tre componenti: movimentazione in ingresso, stoccaggio e Movimentazione in uscita. I relativi costi sono fatturati su base mensile. Sulla piattaforma informatica logistica (eventualmente combinata con quella e-commerce e CRM) sono disponibili numerosi tool per la gestione ottimale della logistica: gestione scorte, gestione interstock, creazione carichi, controllo status magazzino, magazzino deteriorati, magazzino temporanei, logistica di ritorno, contabilità analitica etc. Le operazioni di movimentazione e stoccaggio sono consultabili in tempo reale con numerosi dettagli a livello di SKU e una dashboard per il monitoring degli SLA e KPI. La piattaforma, dedicata al Cliente, espone già servizi API per interfacciarsi con il gestionale /ERP del Cliente, con i CMS E-Commerce più comuni, con i WMS, TMS o CRM. Sono disponibili numerosi connettori per garantire operatività e flessibilità presenti e future.

Si analizzi ora il breakdown dei costi:

- movimentazioni in/out

L'handling-in è tariffato sulla base del peso volumetrico della merce e fatturato su base mensile (Tabella 2). In tal modo - rispetto ad altri tipi di tariffazione basate sul pezzo, sul costo dello scarico dei mezzi etc - il Cliente è certo di pagare esattamente il peso volumetrico movimentato. Per quantificare l'handling-in è necessario calcolare il peso volumetrico di ogni SKU. L'handling-out segue le medesime tariffe e logiche della movimentazione in ingresso (Tabella 2). La sua presenza è dovuta a tutte quelle

operazioni necessarie all'evasione di un ordine: dalla pick, passando per l'imballaggio, fino alla presa in carico da parte del corriere. L'handling-out non include il costo del packaging.

Tabella 2: Tariffe a fasce pondo-volumetriche

Fascia	Peso min [Kg]	Peso max [Kg]	Volume max [L]	Costo per unità movimentata
0	0,00	0,03	0,15	0,01€
1	0,03	0,10	0,5	0,05€
2	0,1	0,3	1,5	0,10€
3	0,3	1	5	0,15€
4	1	3	15	0,25
5	3	10	50	0,50
...

Per comprendere i vantaggi del modello e l'importanza dei layer di packaging si procede con un esempio. Si ipotizzi che ci sia in ingresso un prodotto molto piccolo e leggero, non è presente nessun inner carton o master carton, tutti i prodotti sono sfusi, quindi si rientra nella fascia 0. Se su una pedana ci fossero mille pezzi di questo codice allora il costo per l'handling-in sarebbe di $1000 \cdot 0,01 = 10€$. Si pensi ora al costo da pagare nel caso in cui i mille pezzi fossero raggruppati in 10 master carton, ciascun da 100 pezzi. Il master carton, nella peggiore delle ipotesi, rientrerebbe nella fascia 4, in cui il costo di movimentazione è di 0,25€ per unità movimentata. Il costo totale, lavorando con Master Carton, sarebbe

dunque di $0,25 \cdot 10 = 2,50\text{€}$. Il vantaggio economico per il cliente è evidente. Dal punto di vista di WeJo il vantaggio è nella parte operativa e ciò si riflette anche sui costi sostenuti; non sarà necessario etichettare ogni singolo prodotto se si lavora con i Master Carton ma basterà etichettare il cartone corrispondente, evitando così sprechi di tempo e di denaro (per le etichette dei singoli prodotti).

- Stoccaggio

Lo storage è influenzato dal tempo di permanenza dell'item in magazzino e dal suo volume. Una normale tariffa di magazzino prevede costi legati all'utilizzo delle strutture ricettive: cassette, scaffali, ripiani ecc. e non è dato al Cliente sapere con che efficienza siano riempiti od utilizzati i volumi ricettivi. Un altro modello classico si basa su costi fissi di affitto spazi; tuttavia, necessita di continue revisioni in dipendenza dalla distribuzione volumetrica stoccata e non permette calcoli raffinati di contabilità analitica molto utili per determinare la redditività del prodotto e per il pricing. Wejo applica tariffe on-demand sul solo volume del prodotto (Tabella 3). Per aderire quanto più possibile alla distribuzione volumetrica delle anagrafiche dei prodotti, si applica, ad esempio, la tariffa a fasce volumetriche seguente:

Tabella 3: Tariffario a fasce volumetriche

Fascia	Volume min [L]	Volume max [L]	Costo mensile
1	0,01	0,1	0,08€
2	0,1	0,3	0,10€
3	0,3	1	0,15€

4	1	3	0,20€
...

Le stesse considerazioni fatte per i livelli di packaging nell'handling-in e nell'handling-out sono valide per lo stoccaggio. Inoltre, la fatturazione è su base mensile ma la tariffazione è su base giornaliera; quindi, se un prodotto di fascia 4 rimane in giacenza metà mese allora il costo da sostenere per il cliente non sarà 0,20€ ma la metà, 0,10€.

- Non sono applicate limitazioni di peso nello storage, tariffe di gestione backoffice, tariffe di emissione o gestione DDT, tariffe di smaltimento rifiuti o tariffe extra di carico/scarico mezzi

Concludendo, la fatturazione logistica avviene su base mensile, sommando i costi di handling-in, handling-out e storage occupato, più eventuali operazioni a valore aggiunto o trasporti.

1.4. Il Database aziendale

Il database aziendale è un database relazionale.

Un database è un insieme di informazioni (o dati) strutturate, in genere archiviate elettronicamente in un sistema informatico. Di solito, il database viene controllato da un sistema DBMS (Database Management System). Si fa riferimento ai dati, al sistema DBMS e alle applicazioni associate come sistema di database, spesso abbreviato solo in database. I dati all'interno dei tipi più comuni di database attualmente in funzione vengono generalmente presentati in righe e colonne contenute in una serie di tabelle per garantire l'efficienza di elaborazione e query dei dati. Tali dati possono poi essere facilmente visualizzati, gestiti, modificati, aggiornati, controllati e organizzati³³.

In particolare, un database relazionale è una tipologia di database che organizza i dati in tabelle, righe e colonne collegate tra loro tramite delle relazioni. Ogni tabella è divisa in record (righe) e attributi (colonne). In termine tecnico, le righe sono dette anche “tuple”, le colonne “attributi” e le tabelle “relazioni”. Per ogni tabella spesso si identifica una “chiave primaria”, ovvero un identificatore univoco per ogni riga all'interno della tabella stessa. Questa chiave primaria consente di indicizzare i dati e viene utilizzata per fare collegamenti tra diverse tabelle. Le chiavi primarie che sono importate da tabelle terze si chiamano “chiavi esterne”. La chiave primaria può essere definita da una singola

³³ Che cos'è un database relazionale? (s.d.). Oracle | Cloud Applications and Cloud Platform. <https://www.oracle.com/it/database/what-is-a-relational-database/>

colonna (tabella 4), oppure la chiave può essere composta da più colonne insieme (tabella 5)³⁴.

Tabella 4: Tabella con chiave primaria corrispondente a singolo attributo

Codice prodotto	Peso [Kg]	Fornitore	Costo
COD 1	0,50	F1	15,75€
COD 2	0,33	F1	22,50€
COD 3	0,01	F2	120,00€
...

Tabella 5: Tabella con chiave primaria corrispondente a due attributi

Codice	Colore	Fornitore	Quantità
COD 1	Giallo	F1	150
COD 1	Blu	F1	200
COD 2	Rosso	F2	75
...

In tabella 4 la chiave primaria è data dall'attributo "Codice prodotto", che identifica in modo univoco ogni singola riga della tabella. In tabella 5, invece, l'attributo "Codice" non è sufficiente a identificare in modo univoco la riga, ma lo sarebbe se associato all'attributo "Colore". La coppia di attributi "Codice" e "Colore" definisce quindi la chiave primaria della tabella.

³⁴ Cos'è un Database relazionale e a cosa serve. (s.d.). GeekandJob.
<https://www.geekandjob.com/wiki/database-relazionale>

I dati presenti in un database relazionale vengono interrogati usando un linguaggio chiamato SQL (Structured Query Language). Le query SQL possono creare, leggere, modificare ed eliminare dati e tabelle. IL linguaggio SQL è stato sviluppato per la prima volta negli anni '70 in IBM con l'importante contributo di Oracle, che ha determinato l'implementazione dello standard SQL ANSI, SQL è stato fonte di ispirazione per numerose estensioni create da aziende quali IBM, Oracle e Microsoft.

Il linguaggio SQL è un linguaggio a livello di set ed è dichiarativo, ciò significa che gli operatori operano su relazioni e che il risultato è sempre una relazione, oltre al fatto che non descrive il “come fare” ma il “cosa fare”, ponendosi dunque ad un livello di astrazione superiore rispetto ai linguaggi di programmazione tradizionali. Il linguaggio può essere usato sia in modalità interattiva che compilativa, in quest'ultimo caso il linguaggio ospite contiene le istruzioni SQL e le istruzioni SQL si distinguono da quelle dell'host mediante degli adeguati artifici sintattici.

Le istruzioni più usate per l'estrazione di dati sono SELECT, WHERE e INNER JOIN, oltre alle espressioni booleane AND e OR e la clausola ORDER BY.

- SELECT permette di estrarre da una tabella gli attributi specificati. Si pensi ad esempio alla tabella 3, l'obiettivo è quello di estrarre solamente il codice prodotto e la relativa quantità, senza visualizzare quale sia il fornitore e quale sia il costo (Tabella 6). Per specificare da quale tabella estrapolare i dati si utilizza la sintassi FROM. La query diventa quindi la seguente:

```
SELECT Codice prodotto, quantità  
FROM Tabella 4
```

Tabella 6: Risultato query SQL con istruzione SELECT

Codice prodotto	Quantità
COD 1	10
COD 2	45
COD 3	7
...	...

Se si volessero estrapolare tutte le colonne di una tabella bisognerebbe utilizzare la sintassi SELECT *.

- WHERE permette di estrarre da una tabella tutte le righe in cui un attributo assume un determinato valore. Facendo sempre riferimento alla tabella 4 si pensi di voler estrapolare le occorrenze per cui il fornitore è F1 (Tabella 7). La clausola WHERE va inserita dopo il FROM, bisogna specificare quale sia l'attributo su cui fare il controllo e quale è il valore da cercare, nel caso in esame si guarderà che l'attributo "Fornitore" sia uguale a "F1":

```
SELECT *  
FROM Tabella 4  
WHERE Codice Fornitore='F1'
```

Tabella 7: Risultato query SQL con istruzione WHERE

Codice prodotto	Quantità	Fornitore	Costo
COD 1	10	F1	15,75€
COD 2	45	F1	22,50€

- INNER JOIN consente di combinare le tuple di due tabelle che contengono valori corrispondenti in un campo comune a entrambe le tabelle. Ad esempio, potrebbe essere necessario sapere il costo dei prodotti per cui la quantità presente in magazzino è maggiore di 100 pezzi. La prima informazione, riguardante il costo, è presente in tabella 4, mentre, la seconda informazione sulla quantità è presente in tabella 5. L'inner join unisce le informazioni presenti nelle due tabelle e restituisce una tupla con le informazioni dell'una e dell'altra. È necessario specificare un "punto di contatto" tra le due tabelle, in questo caso si tratta del codice prodotto, utile per associare i valori di riga della tabella 4 ai corrispondenti valori di riga della tabella 5. Per fare ciò si utilizza la clausola ON.

La sintassi è la seguente:

```
SELECT *  
FROM Tabella 4  
INNER JOIN Tabella 5  
ON Tabella3.Codice=Tabella4.CodiceProdotto  
WHERE Quantità>100
```

Il risultato della query è in tabella 8.

Tabella 8: Risultato query SQL con istruzione INNER JOIN

Codice Prodotto	Peso	Fornitore	Costo	Colore	Quantità
COD 1	0,50	F1	15,75€	Giallo	150
COD 1	0,50	F1	15,75€	Blu	200
...

- AND e OR sono espressioni booleane che vengono utilizzate ad esempio con la clausola WHERE. Potrebbe essere necessario applicare due vincoli sugli attributi, in questo caso si utilizza AND tra un vincolo e il successivo. Nel caso in cui di più vincoli sia necessario che se ne soddisfi almeno uno si utilizza l'espressione OR, la cui sintassi è la stessa di AND.

- ORDER BY è una clausola che permette di ordinare le tuple secondo il criterio stabilito. La sintassi è ORDER BY + attributo+ ASC/DESC. Se si volesse ad esempio ordinare la Tabella 5 per valori di quantità crescenti si scriverebbe il seguente codice

```
SELECT *  
FROM Tabella 5  
ORDER BY Quantità ASC
```

Nel caso in cui l'ordine voluto sia decrescente si utilizza la dicitura DESC.

2. RIORGANIZZAZIONE MAGAZZINO ALTO: COMPATTAMENTI

2.1. Situazione iniziale

L'azienda ha ottenuto una commessa molto importante e si prevede che entro maggio 2023 entreranno in magazzino tra le 1500 e le 2500 pedane, numero di gran lunga superiore ai posti pallet attualmente disponibili. Il cliente, ad oggi, lascia in gestione il 10% dei suoi volumi di vendita a WeJo; dopo l'entrata in vigore del nuovo contratto la percentuale salirà al 60%.

Sorgono dunque i primi problemi di spazio, fino ad ora non affrontati, in quanto le commesse precedenti non sono mai arrivate a far saturare il magazzino con i volumi di lavoro generati.

Nel tempo, ad esempio, sono entrate in magazzino pedane alte 60cm, contro i 130cm disponibili in ogni ubicazione. Questo genera un'inefficienza a livello di volume occupato, si hanno infatti le ubicazioni piene ma con una percentuale del volume occupato del solo 50%.

Altra casistica è quella in cui siano stati fatti prelievi, in tempi diversi, dello stesso codice, da ubicazioni diverse, ottenendo così come risultato l'aver tante pedane mezze piene dello stesso codice disperse nel magazzino.

Dopo una prima visione del magazzino è chiaro che sia possibile recuperare diversi posti pedana semplicemente cercando di risolvere i due problemi sopracitati.

La soluzione pensata è quella di creare un algoritmo in grado, a partire dalla giacenza degli SKU nelle singole ubicazioni, di restituire la migliore scelta possibile, in termine di

movimentazione. Ad esempio, dato un certo SKU, in una certa ubicazione, con una certa quantità, l’algoritmo deve essere in grado di dire se bisogna lasciare in quell’ubicazione il prodotto o se è meglio spostarlo in un’altra ubicazione aggregandolo ad un’altra giacenza dello stesso SKU (d’ora in poi quest’ultimo processo sarà chiamato compattamento).

Parlando di dati, in tabella 9 è possibile vedere come i dati confermino la necessità di ottimizzare lo spazio occupato, la percentuale media di volume posto pallet occupato è del solo 52,93%, con 297 ubicazioni occupate.

Tabella 9: Analisi posti pallet dedicati al cliente

%VOLUME MEDIO OCCUPATO (MAGAZZINO ALTO)	52,93%
UBICAZIONI OCCUPATE (MAGAZZINO ALTO)	297
UBICAZIONI OCCUPATE (MAGAZZINO BASSO)	550

2.2. I motivi del compattamento

Il compattamento, nonostante comporti un grande utilizzo di risorse in magazzino (operatori, pistole, mezzi di movimentazione), è vantaggioso per l'azienda sotto diversi punti di vista.

In primo luogo, si riesce a sfruttare meglio il volume del singolo posto pallet. Ad oggi la media del volume occupato nel singolo posto pallet dai prodotti del cliente è di solo 52,93%. Ciò indica un duplice spreco. Da un lato, si occupa il posto pallet per neanche un mezzo del suo potenziale volume, dall'altro si accantonano potenziali nuove commesse o lo stoccaggio di nuovi prodotti per mancanza di ubicazioni da dedicare.

Un altro vantaggio portato dai compattamenti è quello di ottimizzare il flusso operativo: le pedane saranno associate ad una sola UDC e per le movimentazioni delle stesse il processo manuale dell'operatore risulterà lineare e snellito. Ad esempio, dopo i compattamenti, se si volesse cambiare ubicazione ad una pedana, bisognerebbe sparare il barcode della stessa e automaticamente tutti i cartoni in essa vedranno cambiata la propria ubicazione. La medesima procedura si presenta durante la presa in carico della merce, per la scelta della prima ubicazione, e per l'outbound. La presenza di un'UDC per pedana permetterebbe dunque un notevole risparmio di tempo. Fino ad ora questo non era possibile, nel caso in cui si voglia cambiare l'ubicazione dei cartoni su una pedana sarebbe necessario sparare singolarmente i cartoni e l'operatore ripeterebbe n volte la stessa procedura prima di completare il cambio ubicazione.

Gli operatori saranno avvantaggiati in fase di inbound anche da come le nuove pedane arriveranno in magazzino. Ad ora non c'è uno standard di pedana per codice (Ad esempio: il codice COD1 deve arrivare con 48 cartoni per pedana), dopo i compattamenti sì. Grazie a ciò sarà possibile ubicare la merce non appena verrà scaricata; infatti, i fornitori del cliente invieranno la merce al magazzino di WeJo già con pedane conformi a quelle registrate nel sistema informativo aziendale, il magazziniere dovrà semplicemente controllare che le quantità dei cartoni sulla pedana corrispondano a quelle riportate sul DDT, applicare l'etichetta dell'UDC, sparare l'UDC e scegliere dove ubicare la pedana. Precedentemente avrebbe dovuto etichettare tutti i cartoni e sbancalare eventuali pedane miste.

Oltre a vantaggi operativi si vedranno anche vantaggi a livello economico, sia per WeJo che per il cliente: la presenza di pedane standardizzate dà la possibilità di aggiungere un layer di magazzino, la pedana. Questa sarà un livello sopra il Master Carton e lato cliente garantisce costi unitari minori. Ad esempio, gestire una pedana da 48 cartoni con il layer pedana è più conveniente che gestire 48 cartoni singolarmente con il layer Master Carton. È comunque sempre possibile passare da un layer maggiore ad uno inferiore; in caso di necessità, una pedana arrivata con il layer "pedana", può essere scomposta ad esempio in 48 layer Master Carton, garantendo così flessibilità per il cliente, ma ad un costo minore di prima. Rimarranno inalterati i costi di handling out (calcolati sul layer Master Carton, come in precedenza) ma saranno minori quelli di handling in e storage (calcolati sul layer pedana).

Per quanto riguarda WeJo, il layer pedana garantisce una maggiore competitività, si abbassano sensibilmente i costi di handling in, storage ed handling out. Questo porta, in fase di contrattazione con il cliente, all'aumento dei volumi di lavoro, il cliente infatti spende una cifra unitaria minore ed è dunque incentivato ad aumentare le quantità. L'aumento delle quantità, in proporzione, è maggiore dello sconto effettuato e questo porta ad un aumento del profitto per WeJo.

2.3. Operazioni preliminari

L'algoritmo, per funzionare correttamente, necessita in input di un foglio Excel, formato da sei colonne (tabella 10). I dati necessari sono stati estratti dal database aziendale, fatta eccezione per l'ultima colonna, i cui valori sono ricavati tramite formule matematiche o trasmessi dagli operatori di magazzino, a seconda dei casi.

Tabella 10: Input dell'algoritmo

SKU	COR	SCAF	PIANO	QTA	MC PEDANA
COD 1	82	2	A	11	18
COD 1	82	4	A	14	18
COD 1	84	3	D	5	18
COD 1	84	3	F	3	18
COD 1	84	9	G	10	18
COD 2	84	10	G	10	16
COD 2	84	12	D	4	16
COD 2	84	13	D	6	16

COD 3	84	13	E	8	8
COD 4	84	13	F	6	72
COD 4	84	13	F	18	72
COD 4	84	13	F	40	72

Le prime cinque colonne sono state estratte dal database relazionale aziendale tramite la seguente query:

```
with tabel as(
select * from wjo_dat.eubas00f where bacdci = '000208' and
baimb1 <> 'Default'),
```

```
giacenza as ( select sacart, sacor1, sacor2, sacor3, sacor4,
sum(saqtpz) giacenza from wjo_dat.rfsau13l where sacart in
(select bacart from wjo_dat.eubas00f where bacdci = '000208')
group by sacart, sacmag, sacor1, sacor2, sacor3, sacor4)
```

```
select bacart, baqtc1, giacenza. * from tabel left join giacenza on
bacart=sacart
where sacart is not null;
```

Il comando “with tabel as (select * from wjo_dat.eubas00f where bacdci = '000208' and baimb1 <> 'Default’)” permette di generare una tabella chiamata “tabel” estrapolando dalla tabella “wjo_dat.eubas00f” le sole occorrenze dove il codice cliente “bacdci” è pari a “000208” (identificativo del cliente in questione). L’altro vincolo della query è che layer dello SKU sia il Master Carton: “baimb1” indica il layer del packaging e “Default” il pezzo

singolo sfuso, di conseguenza il risultato è estrarre le occorrenze dove il layer di packaging è il cartone.

Successivamente viene creata una seconda tabella, a partire dalla “wjo_dat.rfsau13l”, in cui sono presenti lo SKU del prodotto “sacart”, il magazzino in cui è presente lo SKU “sacor1”, il corridoio “sacor2”, lo scaffale “sacor3”, il piano “sacor 4” e la quantità “sum(qta)” presente in ubicazione di quel codice. Avendo inserito la funzione “sum(qta)” è necessario raggruppare le occorrenze attraverso la funzione “group by sacart, sacor1, sacor2, sacor3, sacor4”, in questo modo si ottiene la giacenza per ubicazione del singolo SKU (tabella 12). Senza quest’ultimo vincolo ci si potrebbe ritrovare nella situazione in cui due righe fanno riferimento allo stesso codice, nella stessa ubicazione (tabella 11), ma la giacenza attuale è data dalla somma delle giacenze nelle due righe. Infine, gli SKU presenti in questa tabella sono solo quelli venduti dal cliente in questione. Questo vincolo è imposto dalla condizione “where sacart in (select bacart from wjo_dat.eubas00f where bacdci = '000208)”, la quale richiede che gli SKU “sacart” da prendere in considerazione sono quelli con per cui il codice cliente è “000208” attraverso la funzione “in”.

Tabella 11: Giacenze prodotti con ubicazioni duplicate

SKU	MAG	COR	SCAF	PIANO	QTA
COD1	AA	85	28	A	6
COD1	AA	85	28	A	1
COD1	AA	84	6	D	13
COD1	AA	82	13	B	8
COD1	AA	82	13	B	7

Tabella 12: Giacenze prodotti

SKU	MAG	COR	SCAF	PIANO	QTA
COD1	AA	85	28	A	7
COD1	AA	84	6	D	13
COD1	AA	82	13	B	15

L'ultima parte della query "select bacart, giacenza. * from tabel inner join giacenza on bacart=sacart where sacart is not null;" restituisce in output lo SKU "bacart" dalla tabella tabel più tutte le informazioni contenute nella tabella giacenza (il comando ".*" permette di estrapolare tutti i dati dalla tabella), l'unione delle due tabelle è realizzata grazie alla funzione "inner join".

Tornando all'input dell'algoritmo, l'ultima colonna, MC PEDANA, indica quanti Master Carton sono necessari per conformare una pedana. Ad esempio, nel caso del codice 1, la pedana standard è formata da 18 cartoni. Nel caso del codice 4 sono necessari 72 cartoni per ottenere una pedana standard. Questi dati, nella maggior parte dei casi, sono stati ricavati automaticamente su Excel (tabella 13). Partendo dalle dimensioni e dal peso del singolo SKU è possibile ricavare il numero ottimale di cartoni per pedana, tenendo conto dei vincoli di volume del posto pallet (120cm*80cm*115cm) e di carico dinamico dell'EPAL (1500kg).

Tabella 13: Dimensioni e MC pedana per SKU

SKU	DIM 1 (CM)	DIM 2 (CM)	DIM 3 (CM)	AREA BASE (CM²)	MC PIANI	PIANI	MC PEDANA
COD1	42,9	32,4	33,6	1389,96	6	3	18
COD2	42,4	31,9	33	1352,56	7	3	21
COD3	32,3	24,8	30,7	801,04	12	3	36
COD4	40,1	58,6	31,3	2349,86	4	3	12
COD5	35,7	48,4	49	1727,88	5	2	10

Il primo passaggio per trovare il numero di MC ottimali per pedana è quello di calcolare l'area di base di un cartone (AREA BASE=DIM1*DIM2). Successivamente si divide l'area di base di un pallet (120cm*80cm) per l'area di base del cartone, arrotondando il risultato per difetto si ottiene il numero massimo di cartoni che possono stare sulla base del pallet (MC PIANI). L'ultimo passaggio è quello di Dividere l'altezza del posto pallet (130cm), sottratta dell'altezza della pedana (15cm), per l'altezza di un cartone (DIM3), così facendo si ottiene il numero di piani che si possono formare sulla pedana. Moltiplicando il numero di piani per il numero di MC in base si ottiene il numero di cartoni ottimali per pedana.

Ad esempio, per il prodotto COD5, il numero di cartoni per piano è 5, ottenuto dividendo l'area di base del pallet per l'area di base di un cartone $((120*80) / (35,7*48,4))$. Successivamente, per trovare quanti piani di cartoni potessero collocarsi sulla pedana, si divide l'altezza disponibili nell'ubicazione per l'altezza del cartone $(115/49)$, arrotondando sempre per difetto. Il numero di MC per pedana si trova moltiplicando i due valori precedentemente trovati.

Dopo aver trovato il numero di cartoni per pedana è necessario effettuare un controllo affinché non sia superata la portata massima del pallet. In particolare, si moltiplica il numero di MC per il peso unitario del cartone, se il risultato è minore di 1500kg allora la pedana è confermata altrimenti bisogna calcolare manualmente il numero ottimali di cartoni (Tabella 14).

Tabella 14: Check peso pedana

SKU	PESO UNITARIO (KG)	MC PEDANA	PESO PEDANA (KG)
COD1	4,7	18	84,6
COD2	7,2	21	151,2
COD3	4,8	36	172,8
COD4	5	12	60
COD5	25	10	250

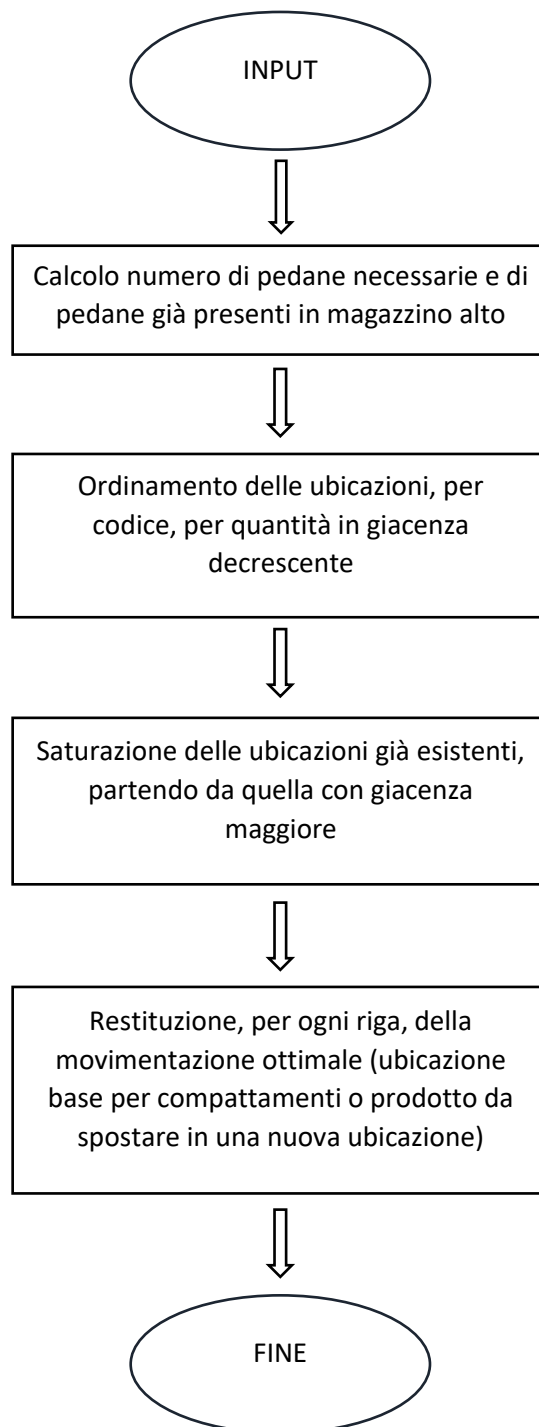
Dove non è possibile effettuare le procedure sopra descritte, ad esempio per mancanza di dati sulle dimensioni del Master Carton (lunghezza, profondità, altezza), l'informazione sul numero di cartoni per pedana è stato trasmesso dagli operatori di magazzino che sono stati incaricati di stimare il numero di cartoni collocabili in pedana.

2.4. Algoritmo

L'algoritmo, che gira su Excel, si basa su diverse assunzioni, fondamentali per capirne il funzionamento, i vantaggi e le criticità. Ecco le principali ipotesi:

- Pedane mono SKU. Si ipotizza di avere, in una certa ubicazione, un solo tipo di codice. Non può capitare dunque di trovare sulla stessa pedana, nella stessa ubicazione, due prodotti diversi. Ciò vuol dire che non posso, ad esempio, trovare due cartoni dello stesso codice ma diversa taglia, così come due codici diversi.
- Pedane con quantità in giacenza, per ubicazione, maggiore alla quantità ottima stimata per pedana. Ciò vuol dire che se la quantità ottima di cartoni per pedana di un determinato codice è 48, non troverò in nessun caso in giacenza pedane con più di 48 cartoni di quello SKU.
- Nessuna necessità di smistare pedane preesistenti. Qui si fa riferimento al fatto che non si presenterà la situazione in cui ho tre pedane in giacenza, ciascuna con 10 pezzi, ed una pedana standard formata da 15 cartoni. In questo caso si dovrebbe infatti smistare la terza pedana e portare 5 cartoni nella prima ubicazione e 5 nella seconda. Il modello prevede che i cartoni presenti su un'ubicazione si spostino integralmente in una nuova, non sono dunque ammessi smistamenti di quel tipo.

Comprese le ipotesi del modello, se ne illustra il diagramma di flusso:



In breve, partendo dall'input, si calcolano il numero di pedane necessarie per quel codice ed il numero di pedane già esistenti in magazzino alto. Successivamente, dato un determinato codice, si ordinano le giacenze presenti in magazzino in senso decrescente di quantità. Si associa poi la giacenza alla relativa ubicazione, ottenendo così un ordine di ubicazioni decrescente per quantità di giacenza. Partendo da questo ordine si iniziano a fare gli spostamenti andando a riempire prima le ubicazioni più saturate e man mano si vanno a riempire le ubicazioni sempre più vuote. Per fare questi spostamenti si tiene conto di diversi vincoli, come ad esempio che la quantità su pedana non superi il massimo quantitativo di MC PEDANA previsti per il codice in esame. Si ottiene così, per ogni riga, corrispondente ad un quantitativo di cartoni di un prodotto, in una determinata ubicazione, se quella ubicazione è ottimale o se la merce deve essere spostata in una nuova ubicazione.

La spiegazione dettagliata dell'algoritmo, compresa di codice, è fornita in Appendice.

2.5. Analisi dei risultati, punti di forza e criticità del modello

Una volta definito l'algoritmo, se ne analizzano per cominciare i punti di forza e di criticità, concludendo poi con l'analisi dei risultati.

Tra i punti di forza si trovano:

- facilità di implementazione. L'algoritmo necessita di un input molto semplice estraibile tramite query SQL dal database aziendale. Tutte le informazioni che non sono direttamente estratte dal database sono ricavate automaticamente tramite formule excel.
- adattabilità per ogni altro cliente. L'algoritmo può essere applicato a qualsiasi altro cliente di WeJo, basta cambiare il codice cliente inserito nella query SQL e usare i nuovi dati come input per l'algoritmo.
- costo contenuto. L'algoritmo è stato creato su Excel, software presente su qualsiasi pc aziendale oggi. Non è dunque necessario acquistare software specifici a pagamento per far girare l'algoritmo o per scriverlo. L'unico costo imputabile è quello di sviluppo (16h).
- chiarezza dell'output. L'output dell'algoritmo è molto chiaro, infatti data una certa ubicazione, dove c'è un certo codice con una certa quantità in giacenza, viene restituito se bisogna lasciare la merce in quell'ubicazione o se bisogna spostarla, e nel caso dove deve essere spostata.
- ottimizzazione dei volumi occupati. L'algoritmo permette di ottimizzare la gestione del magazzino facendo aumentare la

percentuale di volume occupato per posto pallet attraverso il compattamento dello stesso codice prodotto che si trova in due ubicazioni diverse.

- Possibilità di perfezionamento dell'algoritmo stesso. Se si volesse modificare l'algoritmo in futuro, per avere delle migliorie o semplicemente per modificare alcune delle logiche su cui si basa, si potrebbe fare senza problemi grazie alla facilità di comprensione delle formule Excel usate e ai commenti lasciati in fase di scrittura dell'algoritmo.

Tra i punti di criticità si trovano invece quelli riguardanti i vincoli imposti dal modello stesso. Può infatti capitare di non riuscire a soddisfare le ipotesi citate precedentemente. Ad esempio, possono esserci in magazzino delle pedane pluricodice. Queste non generano problemi fino a quando la stessa pedana, e quindi la stessa ubicazione, non risulta ubicazione ottimale per i due diversi codici presenti su di essa. Questo ovviamente va contro l'idea di fondo dell'algoritmo, che si preoccupa di sfruttare al massimo il posto pallet con pedane monocodice. Un altro problema, più ricorrente rispetto a quello appena citato, si ha quando non si riesce a ottimizzare il posto pallet senza smistare la pedana. In questo caso l'unica soluzione è quella di risolvere manualmente il problema identificando le righe dove la quantità per pedana non è uguale alla quantità ottima e scrivendo gli spostamenti manualmente per occupare tutto lo spazio disponibile per posto pallet.

Un ottimo spunto per il futuro è sicuramente quello di riuscire a superare l'ostacolo dello smistamento pedana, permettendo di ridurre al minimo la gestione manuale degli errori derivante dall'applicazione dell'algoritmo.

Si passa ora all'analisi dei risultati, con un confronto tra la situazione iniziale (Tabella 15) e la situazione finale post-compattamenti (Tabella 16).

Tabella 15: Analisi pre-compattamenti

%VOLUME MEDIO OCCUPATO (MAGAZZINO ALTO)	52,93%
UBICAZIONI OCCUPATE (MAGAZZINO ALTO)	297
UBICAZIONI OCCUPATE (MAGAZZINO BASSO)	550

Tabella 16: Analisi post-compattamenti

%VOLUME MEDIO OCCUPATO (MAGAZZINO ALTO)	83,25%
UBICAZIONI OCCUPATE (MAGAZZINO ALTO)	308
UBICAZIONI OCCUPATE (MAGAZZINO BASSO)	50

La percentuale di volume occupato in magazzino alto è salita dal 52,93% al 83,25%, dato che conferma come attraverso i compattamenti si sia ottimizzato l'utilizzo dello spazio disponibile.

Un dato controverso è quello riguardante le ubicazioni occupate in magazzino alto. La previsione era quella di diminuire le ubicazioni occupate, e questo sarebbe accaduto sicuramente se i compattamenti fossero stati fatti solo tra magazzino alto e magazzino alto. Il fatto che siano stati spostati i cartoni ancora interi dal magazzino basso al magazzino alto ha però invertito questa tendenza e ha fatto sì che le ubicazioni dedicate al cliente passassero da 297 a 308. Il tutto è stato però bilanciato dallo svuotamento delle postazioni per il picking in magazzino basso, che sono passate 550 a 50.

Non si è raggiunto uno dei principali obiettivi di recuperare posti pallet nel breve periodo; tuttavia, questo lavoro ha messo le basi per una facilitazione ed una ottimizzazione del lavoro in futuro. Sono stati infatti definiti gli standard di pedana per ogni codice prodotto. Questo permetterà, attraverso integrazione con il cliente, di ricevere solo pedane conformate, evitando così sprechi di spazio futuri e sprechi di risorse fisiche e umane per eventuali operazioni di compattamento successive alla ricezione di unità di carico non adeguate. Inoltre, il layer pedana consentirà un risparmio di denaro al cliente e un alleggerimento dei processi di magazzino a WeJo, come già enunciato nel Capitolo 1.

Si può concludere dicendo che nel breve periodo l'algoritmo dei compattamenti non ha fornito una solida soluzione per il liberamento di nuovi posti pallet, ma, se applicato anche ai prodotti di altri clienti, sicuramente porrebbe parzialmente rimedio a questo problema (data la minore presenza di MC di altri clienti in magazzino basso). Adottando, invece, un'ottica di lungo periodo, l'algoritmo può essere visto come un passaggio obbligato verso

un'ottimizzazione dei flussi di magazzino, necessaria per essere competitivi ai tempi del commercio digitale, soprattutto nell'epoca del "tutto e ora".

3. L'ALGORITMO DI REPLENISHMENT

3.1. Situazione iniziale

Il magazzino basso, come già spiegato, funge da stock per gli ordini B2C. Una volta che l'ordine viene effettuato il sistema di WeJo automaticamente lo registra ed in magazzino gli operatori ricevono sul proprio terminale la "missione" di picking. L'operatore, dunque, tramite il proprio terminale vede l'ubicazione in cui è presente il prodotto associato alla pick e va a prenderlo, effettua il packing e rende disponibile il prodotto alla spedizione finale verso il cliente. Può accadere, però, che il processo non sia sempre così snello e lineare. Il prodotto potrebbe non avere giacenza in magazzino basso oppure potrebbe averne ma non abbastanza per soddisfare la domanda. In questo caso, l'operatore deve andare nel magazzino alto a prendere il prodotto in questione, generando due diverse inefficienze: la prima riguarda il tempo impiegato a raggiungere l'ubicazione, la seconda l'utilizzo delle risorse di magazzino.

Si analizzino ora tre diversi casi per far capire l'impatto dello stock out del magazzino basso sul tempo di preparazione ordine:

-L'operatore riceve la pick, va a prendere il prodotto, presente in magazzino basso, torna alla postazione di lavoro e comincia il confezionamento. Tempo stimato: 45 s.

- L'operatore riceve la pick, va a prendere il prodotto in magazzino alto in un'ubicazione a terra, torna alla postazione di lavoro e comincia il confezionamento. Tempo stimato: 200 s.

- L'operatore riceve la pick, va a prendere il prodotto in magazzino alto in un'ubicazione non a terra, torna alla postazione di lavoro e

comincia il confezionamento. In questo caso l'operatore deve chiedere l'aiuto di un carrellista che vada con il carrello a prendere la pedana, la tiri giù e la renda accessibile all'operatore. Tempo stimato: 400 s.

Si nota subito come il tempo stimato necessario a cominciare il confezionamento vero e proprio aumenti sensibilmente nel caso in cui l'operatore debba andare a prendere il prodotto nel magazzino alto (inefficienza di tempo) e come la risorsa con carrello debba dedicare parte del suo tempo per effettuare un prelievo non messo in conto, lasciando in sospeso l'ubicazione della merce in arrivo o il prelievo di pedane per ordini B2B (inefficienza di utilizzo risorse).

Queste inefficienze sono date dal fatto che non esiste un sistema preventivo che non faccia mai andare in stock out il magazzino basso, un vero problema per i flussi di magazzino.

3.2. I motivi dell'algoritmo

Per ovviare al problema dello stockout del magazzino basso una soluzione potrebbe essere quella di creare un classico algoritmo di gestione scorte adattato però all'ecosistema aziendale. Un algoritmo di gestione scorte, in linea di massima, prevede che venga effettuato un ordine al fornitore quando la quantità di un prodotto in magazzino scende sotto un certo livello soglia (per evitare lo stockout). Nel caso di Wejo il magazzino basso giocherà il ruolo di magazzino, mentre il magazzino alto sarà il fornitore. Si punta dunque ad avere un algoritmo che automaticamente generi delle missioni di rifornimento (replenishment) da magazzino alto a magazzino basso quando la quantità in magazzino basso scende sotto una certa soglia.

I vantaggi di avere questo tipo di algoritmo sono:

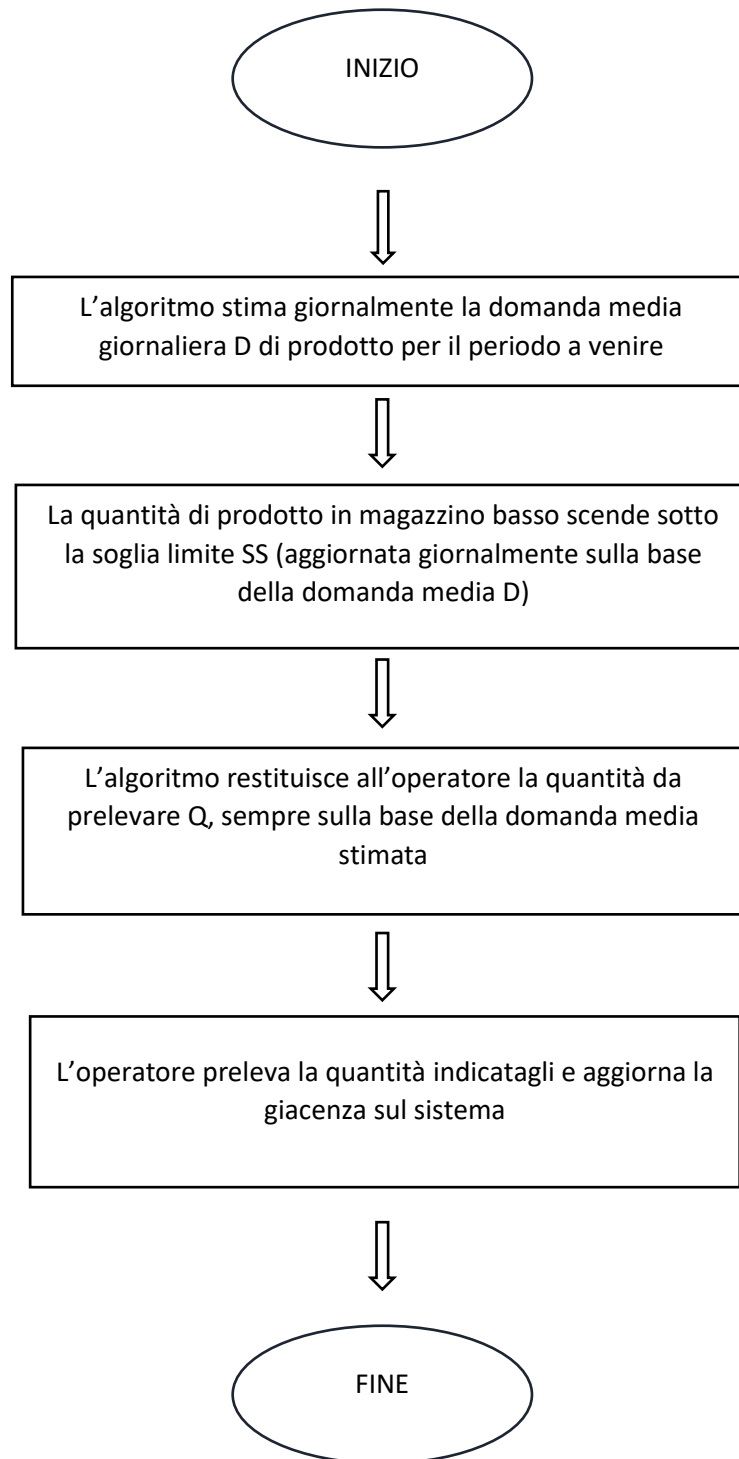
- evitare rotture di stock durante la preparazione di ordini. Come già visto una rottura di stock durante la preparazione di un ordine può aumentare esponenzialmente il tempo di evasione;
- evitare di stoppare i carrellisti dalla loro mansione principale. Un rifornimento non preventivato interrompe il normale lavoro dei carrellisti, creando inefficienza nel normale flusso logistico;
- possibilità di avere un operatore dedicato. La presenza di un algoritmo di replenishment, e il contestuale aumento dei volumi di lavoro, possono portare ad assumere una figura dedicata che si occupi totalmente di rifornimento tra zona alta e zona bassa, senza la necessità di chiamare in causa altre figure di magazzino;
- migliore gestione delle ubicazioni in magazzino basso. L'algoritmo restituisce in modo dinamico le quantità da prelevare, sulla base della domanda prevista per i giorni a venire, e di

conseguenza evita sprechi di spazi in magazzino, facendo prelevare solo le quantità che si prevedono di vendere nel periodo di riferimento.

-automatizzazione del rifornimento. L'algoritmo genera in modo automatico un avviso di rifornimento, non è più necessario l'intervento dell'operatore che dialoga con il carrellista per far effettuare il rifornimento.

3.3. Algoritmo

L'algoritmo di replenishment deve funzionare secondo il seguente schema:



Osservando lo schema di flusso, il primo problema sorge spontaneo: come viene stimata la domanda? La previsione della domanda (forecasting) è infatti il fulcro dell'algoritmo di replenishment.

Il forecasting prevede infinite alternative e per scegliere la migliore bisogna inizialmente definire alcuni parametri:

-Time bucket: è l'unità di tempo, corrisponde alla minima quantità di tempo utilizzabile nell'analisi della domanda;

-Forecasting horizon: indica quanto avanti nel tempo si vuole fare la previsione;

-Forecasting frequency: indica quanto spesso le previsioni della domanda sono aggiornate;

-Prodotto: è l'oggetto della previsione;

-Mercato: è l'area geografica di vendita da considerare.

Per attribuire un valore esatto ai parametri bisogna comprendere a pieno la natura del problema, si tratta dunque di un problema di pianificazione.

Nel caso di Wejo il time bucket è giornaliero, il forecasting horizon è giornaliero, la forecasting frequency è giornaliera, il prodotto è il singolo SKU ed il mercato è virtuale ed indica i vari canali di vendita online da cui si raccolgono gli ordini.

Definiti i parametri, il problema successivo, e più importante, è quello di scegliere il metodo di previsione. Le opzioni sono metodo qualitativo, metodo quantitativo e metodo integrato. Il primo metodo si basa su giudizi di esperti per la previsione della domanda ed ha il vantaggio di essere molto flessibile ed adattarsi bene a situazioni complesse; tuttavia, è molto costoso e potrebbe portare problemi in caso di incentivi per l'esperto previsore. Il

metodo quantitativo è rappresentato da un algoritmo, è meno costoso, ha risultati consistenti nel tempo e non presenta problemi di incentivi, tra i problemi si trovano la scarsa flessibilità e la poca precisione in presenza di pochi dati disponibili. L'ultimo metodo prevede l'utilizzo di un algoritmo per la previsione quantitativa della domanda, seguita da un affinamento dell'esperto. L'ultimo metodo è il migliore ma è anche il più costoso e complesso. Nel caso in esame il metodo migliore è il quantitativo, data la grande presenza di SKU diversi e la necessità di aggiornare quotidianamente la previsione. Si rivelerebbe infatti far prevedere giornalmente, per ogni SKU, la domanda ad un esperto, oltre che eccessivamente oneroso.

Chiarito il metodo da usare, bisogna analizzare i diversi modelli che questo propone e scegliere quello che meglio si adatta alle necessità aziendali. Ecco i modelli più utilizzati:

-Media mobile³⁵

Il modello a media mobile è il modello più semplice tra quelli analizzati. L'assunzione implicita è che la domanda sia stazionaria, o quantomeno si assume che il valore atteso della domanda abbia solamente delle piccole oscillazioni nel tempo intorno ad un valore medio costante.

L'algoritmo stima la domanda al periodo t (B_t) come media aritmetica delle ultime k osservazioni.
$$B_t = \sum_{i=t-k+1}^t \frac{Y_i}{k}$$

Il parametro k serve per identificare una finestra temporale nel passato da cui prendere i dati per stimare la domanda. Se k è piccolo il modello ha una buona reattività ma non riesce a filtrare

³⁵ Dispense corso "Logistica di distribuzione", Politecnico di Torino, 2019-2020.

il rumore. Se k è molto grande invece il modello riesce a filtrare maggiormente i dati ma è decisamente meno reattivo. Uno dei limiti principali del metodo è quello che ogni osservazione ha lo stesso peso $1/k$. Se si ipotizza che la domanda sia crescente o decrescente nel tempo allora si creano degli errori nella previsione, poiché bisognerebbe dare maggior peso alle ultime osservazioni per reagire tempestivamente alle variazioni di domanda, cosa che non accade.

-Smorzamento esponenziale semplice (SES)³⁶

La previsione della domanda al tempo t (B_t), in questo modello, viene calcolata come media pesata tra l'ultima osservazione della domanda (Y_t) e la baseline del periodo precedente (B_{t-1}).

$$B_t = \alpha * Y_t + (1 - \alpha) * B_{t-1}$$

Il coefficiente α è l'unico parametro presente nel modello SES e svolge la stessa funzione di k nel modello della media mobile. Con $\alpha = 1$ il modello filtra poco ma è molto reattivo, viceversa con $\alpha = 0$ il modello non è reattivo ma filtra bene il rumore. Il parametro α può assumere qualsiasi valore compreso tra 0 e 1. Inoltre, c'è bisogno di un B_0 per avere una baseline iniziale per stimare la domanda nel primo periodo. Per calcolare la base iniziale ci sono diverse possibilità, tra cui quella di usare la media delle prime n osservazioni disponibili. Ovviamente non è possibile utilizzare le stesse osservazioni sia per l'inizializzazione che per la previsione, devono essere diverse.

³⁶ Dispense corso "Logistica di distribuzione", Politecnico di Torino, 2019-2020.

-Smorzamento esponenziale con Trend Additivo (SET)³⁷

Nel caso del modello SET il valore medio della domanda non è previsto essere stabile nel tempo, ma variabile. Il trend può essere positivo (domanda che aumenta stabilmente nel tempo), negativo (domanda che diminuisce nel tempo) o misto (ci sono periodi di crescita della domanda e periodi in cui la domanda diminuisce).

Il modello è più complesso del precedente e oltre alla baseline B_t si deve calcolare anche il trend T_t per ogni periodo. La domanda inoltre non è più stazionaria e dipende, oltre al periodo t in cui ci si trova, dall'orizzonte di previsione h .

Sia B_t che T_t sono calcolati per ogni periodo t e le formule sono le seguenti.

$$B_t = \alpha * Y_t + (1 - \alpha) * (B_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta * (B_t - B_{t-1}) + (1 - \beta) * (T_{t-1})$$

La baseline è determinata come la somma pesata dell'ultima osservazione e della baseline stimata al periodo precedente, corretta dalla stima più recente del trend. Stimata la nuova baseline, possiamo aggiornare la stima del trend, facendo una somma pesata dell'ultimo trend stimato e della differenza tra la nuova baseline e la precedente.

Il coefficiente α indica quanto è reattiva la Baseline mentre β indica quanto è reattivo il trend. Si noti anche come il trend è influenzato dalla baseline e dunque α influisce anche sulla reattività del trend.

Per inizializzare il modello sono necessarie almeno due osservazioni, i valori di B_0 e T_0 si trovano come indicato di seguito.

$$T_0 = Y_2 - Y_1$$

³⁷ Dispense corso "Logistica di distribuzione", Politecnico di Torino, 2019-2020.

$$B_0 = \frac{(Y_1 - T_0) + (Y_2 - 2 * T_0)}{2}$$

I due limiti principali del modello sono la poca affidabilità in caso di turning point (cambio di trend) e la possibilità di vedere generate stime di domanda negative in presenza di trend negativi.

-Smorzamento esponenziale con Stagionalità (SES1)³⁸

Nel modello SES1 si ipotizza che il valore atteso della domanda abbia delle oscillazioni che non siano né trascurabili, né casuali nel tempo. Queste oscillazioni possono essere sia additive che moltiplicativa. Qui si analizza il secondo caso.

Bisogna, innanzitutto, definire la durata della stagione s, ovvero il periodo dopo il quale l'andamento della domanda si ripete (es: 12 mesi).

L'algoritmo, per determinare la previsione per il periodo voluto, ha bisogno di tre input: la Baseline B_t , il fattore di stagionalità S_t e l'orizzonte di previsione h. Si ottiene, attraverso queste informazioni, la stima della domanda $F_{t,h}$

$$F_{t,h} = B_t * S_{t+h-\lfloor \frac{h-1}{s} \rfloor * s}$$

Nel caso in cui $h < s$ si può semplificare la formula appena vista e si ottiene la seguente

$$F_{t,h} = B_t * S_{t+h-s}$$

Se il fattore di stagionalità S_t è minore di 1, si ottiene una previsione il cui valore è inferiore al livello medio della stagione, viceversa se è maggiore di 1.

³⁸ Dispense corso "Logistica di distribuzione", Politecnico di Torino, 2019-2020.

Per calcolare iterativamente B_t e S_t si utilizzano le seguenti formule

$$B_t = \alpha * \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha) * B_{t-1}$$

$$S_t = \gamma * \frac{Y_t}{B_t} + (1 - \gamma) * S_{t-s}$$

Anche γ , come α , può assumere valori compresi tra 0 e 1.

Scegliendo i diversi valori di α e γ si può stabilire la velocità di aggiornamento della baseline e dei fattori di stagionalità, ovvero, quanto essi saranno reattivi alle nuove osservazioni di domanda. Si noti però che mentre la baseline è aggiornata tutti i periodi, il fattore di stagionalità è aggiornato ogni s periodi. Se quindi si vuole la stessa velocità di aggiornamento di baseline e stagionalità, si deve scegliere un γ maggiore di α .

L'ultimo passaggio consiste nell'inizializzazione di B_t e S_t , si osserva qui l'inizializzazione con a disposizione s dati.

$$B_0 = \frac{\sum_{i=1}^s Y_i}{s}$$

$$S_{j-s} = \frac{Y_j}{B_0} \text{ con } j = 1, \dots, s.$$

SES1 ha molti fattori e quindi richiede diversi dati per fare una buona inizializzazione e avere un modello che funziona bene. Se però si usano dati molto vecchi, è possibile non cogliere l'andamento corretto della domanda più recente. Inoltre, maggiore è s , più parametri si dovranno stimare e quindi meno informazione

sarà disponibile per stimare il singolo parametro. Avere quindi stagioni lunghe suddivise in time bucket piccoli, può portare a previsioni con errori molto grandi.

Definiti i modelli di previsione principali si procede ora con la scelta del migliore per WeJo. Il punto di partenza è capire se i prodotti sono stagionali, se hanno una domanda stazionaria o se ci siano dei trend. Per fare ciò si analizzano i dati delle vendite degli ultimi due anni, riportati nelle figure sottostanti.

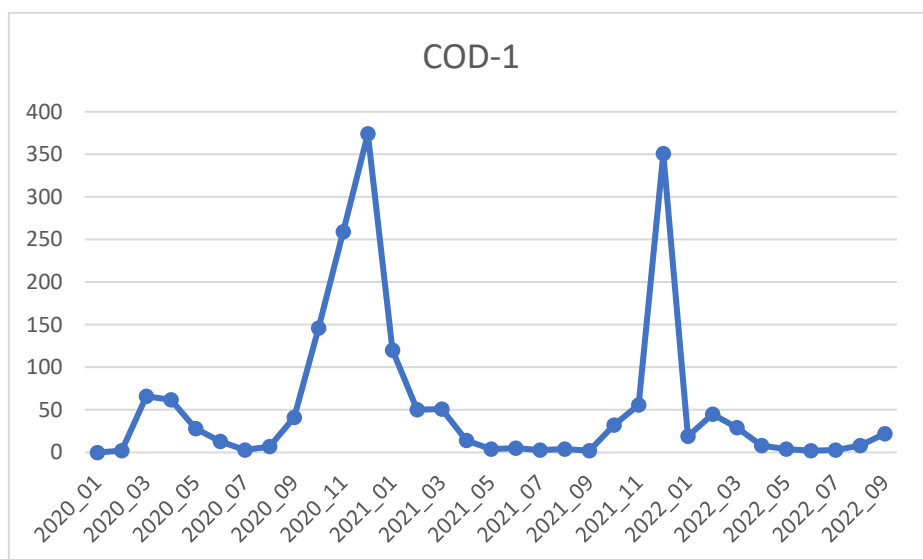


Figura 15: Vendite COD-1

Il codice 1 (Figura 15) è un prodotto con una forte componente stagionale, il picco di vendite si ha nella stagione natalizia mentre nel resto dell'anno la domanda è molto bassa. Per questo tipo di prodotto il modello ottimale è il SES1.

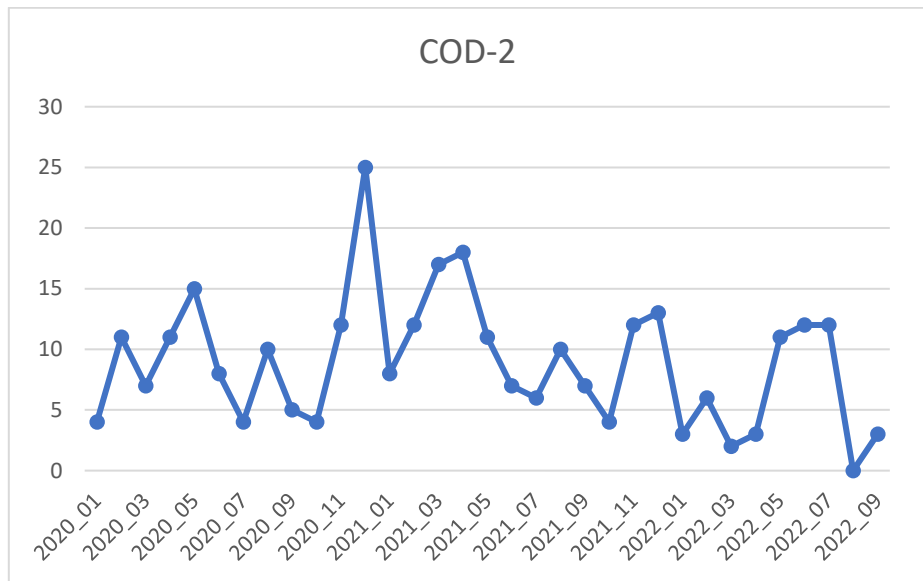


Figura 16: Vendite COD-2

Il codice 2 (Figura 16) è un prodotto la cui domanda sembra essere stazionaria, fatta eccezione per un outlier a dicembre 2020. Il modello ottimale è il SES.

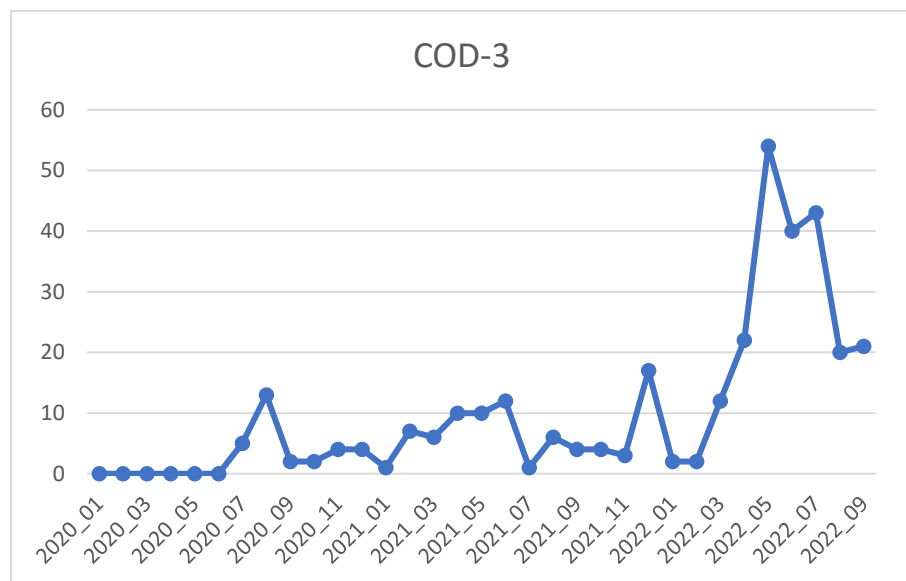


Figura 17: Vendite COD-3

Il codice 3 (Figura 17) è invece un prodotto la cui domanda era stazionaria da gennaio 2020 a gennaio 2022, mentre ora sembra che ci sia un trend crescente. Il modello più adeguato è il SET.

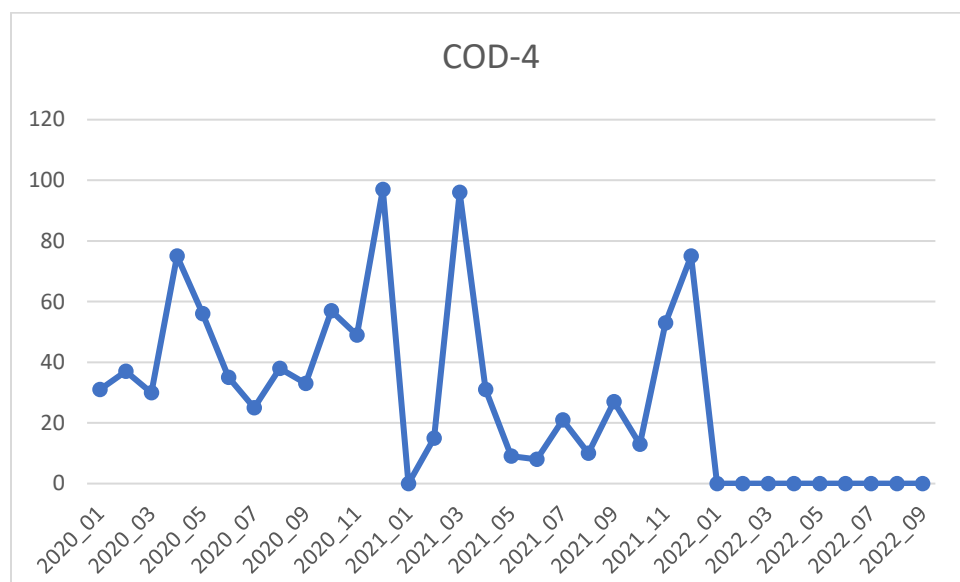


Figura 18: Vendite COD-4

Nel caso del codice 4 (Figura 18) la domanda è stazionaria fino a gennaio 2022, dopodiché è zero per tutti i mesi successivi. Sembrerebbe dunque che non ci sia più stata richiesta di questo prodotto. Bisogna, qui, fare una distinzione tra domanda e vendita. Può capitare infatti che il prodotto abbia una richiesta ma il magazzino non abbia lo stock per soddisfarla; dunque, la domanda non è 0 ma noi dal grafico vediamo che le vendite sono nulle e ipotizziamo che anche la domanda sia nulla. Può presentarsi anche il caso in cui si abbia stock di un prodotto ma la domanda sia effettivamente nulla, qui la vendita rispecchia la domanda.

Dunque, vediamo che lo stockout può portare a previsione di domanda errate; questo è uno dei punti critici nella scelta del modello di previsione più adeguato.

Da questa analisi preliminare possiamo osservare come ci siano quattro famiglie di prodotti per WeJo: prodotti con domanda stagionale, prodotti con domanda stazionaria, prodotti con domanda in trend di crescita o decrescita, e prodotti che nel tempo hanno registrato domanda pari a zero.

La soluzione ottimale, per stimare la domanda, sarebbe quella di discriminare automaticamente i prodotti in una delle quattro categorie sopra citate e utilizzare un modello di previsione ad hoc per ognuna di queste categorie. Il problema è però proprio la discriminazione dei prodotti, molto complicata da automatizzare ed impensabile da fare manualmente per ogni codice, vista la numerosità degli SKU presenti (l'algoritmo funzionerà in tutto il magazzino basso, non solo per i prodotti del cliente dei compattamenti). Un altro problema sorge con la previsione della domanda dei prodotti con stagionalità, infatti, ci sono prodotti la cui stagionalità è nota (vedi ad esempio prodotti natalizi), ma di cui non si dispongono sufficienti dati per inizializzare il modello. L'ultimo problema grave è quello dei prodotti con vendita pari a 0, non è possibile infatti, per ogni codice che ha avuto almeno un periodo di vendita nulla, andare a controllare manualmente se in quel momento lo stock fosse zero o meno (e quindi se la domanda fosse zero o no).

La soluzione proposta è quella di utilizzare allora un modello di previsione unico che però si adatti bene ad ogni categoria di prodotto. La scelta migliore è quella di optare per un SET molto reattivo. Nel caso di prodotti con stagionalità il SET non sarà in grado di prevedere la componente stagionale ma quando si avranno dei picchi di domanda (es: prodotti natalizi a Natale) riuscirà a adattarsi velocemente grazie alla sua elevata componente reattiva, così come abbasserà la domanda stimata appena finirà il picco di domanda. Per quanto riguarda invece i componenti con domanda stazionaria il SET si comporterà come una media mobile normale e la componente di trend sarà molto bassa, influenzando poco la domanda attesa.

Definito il modello con cui prevedere la domanda si passa ora a definire come funzionerà matematicamente il modello.

Ogni qualvolta la giacenza di un certo prodotto in magazzino scende sotto la soglia di sicurezza SS allora l'operatore deve rifornire il magazzino basso con la quantità Q prelevata dal magazzino alto. La soglia SS è definita come $SS=D*1,5$, dove D è la domanda media giornaliera stimata dal modello precedentemente spiegato. La quantità Q, per far sì che non si lascino cartoni aperti in magazzino alto, deve essere una quantità multipla di quella contenuta in un MC di quel determinato SKU. Il valore di Q viene calcolato come $Q=D*7$ e arrotondato al multiplo di sfusi in cartone più vicino (es: Q con il modello viene 79 ma in un MC ci sono 18 pezzi sfusi. La quantità da ubicare deve essere scelta tra 72 e 90, l'intero più vicino è 72 dunque sono ubicati $72/18=4$ cartoni in magazzino basso).

Riassumendo, dunque, il modello prevede che ci sia sempre in magazzino, per un certo codice, una quantità SS, pari alla domanda di un giorno e mezzo del prodotto in esame. Quando la quantità scende sotto il livello SS allora l'operatore rifornisce il magazzino basso con una quantità pari a soddisfare la domanda di sette giorni lavorativi, approssimata per far sì che vengano presi solo cartoni interi. L'operatore poi aggiorna la giacenza e procede con il codice successivo. In questo modo si evita che l'operatore al packing debba andare a fare il prelievo in magazzino alto, generando tutte quelle inefficienze già prese in esame.

L'algoritmo sarà implementato sul WMS aziendale, il software di gestione magazzino usato per controllare, coordinare e ottimizzare i movimenti, i processi e le fasi operative che si svolgono all'interno dell'impianto, dalle funzioni più elementari (come il controllo delle scorte e delle giacenze), fino alle attività più complesse (gestione ricevimento prodotto in ingresso, integrazione con altri software aziendali)³⁹.

³⁹ Cos'è un WMS (o SGM). (s.d.). Mecalux Italia | Soluzioni di Stoccaggio - Mecalux.it. [https://www.mecalux.it/manuale-logistica-magazzino/magazzino/cos-e-wms-sgm#:~:text=Per%20WMS%20\(Warehouse%20Management%20System,scorte%20e%20delle%20giacenze\),%20fino](https://www.mecalux.it/manuale-logistica-magazzino/magazzino/cos-e-wms-sgm#:~:text=Per%20WMS%20(Warehouse%20Management%20System,scorte%20e%20delle%20giacenze),%20fino)

3.4. Vantaggi e criticità del modello

L'algoritmo di replenishment presenta diversi vantaggi, oltre ad alcune criticità, che verranno analizzati in questo capitolo.

Tra i vantaggi si trovano:

- facilità di modellizzazione. L'algoritmo è facilmente modellizzabile, non è infatti più necessario, come inizialmente preventivato, creare quattro modelli di previsione diversi, e dunque ogni prodotto vedrà stimata la propria domanda giornaliera media con lo stesso modello degli altri.
- basso costo. Il costo di questo algoritmo è irrisorio se confrontato con un modello di previsione della domanda qualitativo, dove bisognerebbe pagare un esperto per la previsione di domanda di ogni singolo SKU.
- chiarezza dell'output. L'output dell'algoritmo è molto chiaro, l'operatore dedicato avrà sul suo terminale la quantità da prelevare e l'ubicazione in cui andare a prelevarla, oltre a dove andrà a ubicarla in magazzino basso.
- possibilità di modifica senza costi aggiuntivi e a tempo zero. Se si volesse modificare qualche parametro del modello, questo sarebbe possibile rapidamente e senza costi aggiuntivi solo modificando il parametro di riferimento nel codice sorgente implementato sul WMS aziendale.
- necessità di pochi dati. Il modello, molto reattivo, necessita di soli due dati per l'inizializzazione, contro gli almeno 12 mesi di osservazioni necessari per inizializzare il SES1.

Tra le criticità dell'algoritmo si trovano invece l'impossibilità di discriminare i prodotti in base alla tipologia di domanda, viste le problematiche prima esposte, e la difficoltà nello scegliere i valori più adeguati dei parametri α e β . Un altro problema è rappresentato dai periodi in cui un certo SKU va in stock out, poiché l'algoritmo vede la quantità venduta pari a 0 e stima la domanda di quel periodo pari a 0, abbassando la domanda attesa per il periodo successivo nonostante la funzione di domanda non sia necessariamente in decrescita.

L'algoritmo non è stato ancora implementato, vista la precedenza data ad altri progetti in corso, ecco però alcuni spunti per il miglioramento futuro:

- Tracciamento della causa di vendite nulle in un determinato mese (stock out, domanda pari a zero, altro...)
- Discriminazione dei prodotti in base alla tipologia di domanda (stagionale, stazionaria, con trend)
- Misura dell'errore di previsione, una volta che l'algoritmo sarà implementato.

L'ultimo punto è il più importante, infatti è fondamentale misurare l'accuratezza di un modello previsionale per comprendere se stia funzionando bene e se la domanda stimata sia in linea con quella effettiva o meno.

Per misurare l'errore di previsione si utilizzano due indicatori, il primo, ME (Mean Error), misura la deviatezza dalla domanda (bias), il secondo, MAD (Mean Absolute Deviation), misura l'accuratezza della previsione. Si definisce l'errore di previsione, e_t , come la differenza tra la previsione fatta per un certo periodo t e la realizzazione della stessa nel periodo di riferimento.

Di seguito sono riportate le formule utili.

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t$$

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t|$$

CONCLUSIONI

Il presente elaborato di tesi ha cercato di comprendere le problematiche presenti nel magazzino di WeJo e trovarne una soluzione.

La prima criticità evidenziata, legata all'utilizzo dei posti pallet in modo inefficiente, è stata risolta attraverso l'algoritmo dei compattamenti. Nonostante il numero di ubicazioni libere in magazzino alto non sia diminuito, a causa dello spostamento dei cartoni anche dal magazzino basso a quello alto, si è riusciti ad efficientare la percentuale di volume occupato per posto pallet, passando dal 52,93% iniziale al 83,25% post compattamenti. Il risultato ha messo le basi per una gestione più oculata dello spazio libero presente in magazzino, che sta diventando nel tempo una risorsa sempre più scarsa. Inoltre, l'algoritmo può essere riutilizzato anche per i prodotti di altri clienti e andare così ad ottimizzare ancor più le ubicazioni occupate in magazzino alto.

Per quanto riguarda la seconda criticità di cui si parla nella tesi, relativa ai flussi di rifornimento da magazzino alto a magazzino basso, si è creato un punto di partenza identificando una soluzione e modellizzandola. Il passo successivo sarà l'implementazione dell'algoritmo e il controllo dell'efficacia dello stesso attraverso le metriche già predisposte.

Nel complesso, dunque, si è posto rimedio a due dei principali problemi di magazzino presenti e si è iniziato un percorso di ottimizzazione dei flussi di magazzino, fondamentale per ottenere oggi un vantaggio competitivo nel mercato dell'e-fulfillment.

APPENDICE

Come precedentemente spiegato nel capitolo 2, l'input dell'algoritmo è un dataset excel con le seguenti informazioni SKU, COR, SCAF, PIANO, QTA, MC PEDANA. Attraverso queste informazioni è possibile automatizzare le movimentazioni ottimali per compattare la merce in magazzino (creare pedane monocodice con un numero di cartoni standard).

Il primo passaggio consiste nell'unificare le informazioni su COR, SCAF e PIANO in un'unica stringa. Si utilizza la funzione & congiuntamente alla funzione TESTO e si ottiene la vista in tabella 17.

Tabella 17: Tabella con ubicazione unificata

SKU	QTA	UBICAZIONE
COD1	1	AA015017B1
COD1	1	AA014003A2
COD1	2	AA014026A2
COD1	2	AA015012B3
COD1	2	AA014003B1
COD1	16	AA084003A
COD1	12	AA081021A
COD1	18	AA083041A

Successivamente, si fornisce un codice identificativo univoco, a parità di codice prodotto, alle quantità su pedana: si presenta spesso la situazione in cui diverse ubicazioni dello stesso codice hanno in giacenza lo stesso

numero di cartoni, ciò genera problemi in quanto se si volesse effettuare un CERCA.VERT e ci fossero due righe con la stessa quantità quello restituirebbe sempre e solo la prima occorrenza che incontra. Ad esempio, con riferimento alla tabella 17, se si effettuasse un CERCA.VERT per restituire l'ubicazione con QTA pari a 1 l'algoritmo restituirebbe sempre e solo l'ubicazione AA015017B1, nonostante anche l'ubicazione AA014003A2 presenti una quantità di cartoni in giacenza pari a 1.

Per ovviare a questo problema si crea una nuova colonna QTA* in cui la quantità è seguita da due trattini (--) e un numero, calcolato in modo tale che l'unione di tutti questi elementi formi un codice univoco a parità di SKU. Per fare ciò si utilizza la funzione & e la funzione CONTA.PIU.SE (Figura 19). Il numero finale è determinato dal numero di righe, dalla propria in giù, in cui SKU e QTA coincidono con SKU e QTA di riga.

	A	B	C	CN	CO	CP	CQ
1	SKU	QTA	QTA*				
2	COD1	1	=B2&"--"&CONTA.PIU.SE(A2:\$A\$18;A2;B2:\$B\$18;B2)				
3	COD1	1	1--1				
4	COD1	2	2--3				
5	COD1	2	2--2				
6	COD1	2	2--1				
7	COD1	16	16--1				
8	COD1	12	12--1				
9	COD1	18	18--1				
10	COD2	1	1--3				
11	COD2	1	1--2				
12	COD2	2	2--1				
13	COD2	1	1--1				
14	COD2	3	3--1				
15	COD2	10	10--1				

Figura 19: Funzione CONTA.PIU.SE

Il passo successivo è quello di calcolare il numero di pedane necessarie per SKU. Si utilizza la funzione SOMMA.PIU.SE per ottenere il numero totali di cartoni di quel determinato codice, dopodiché si divide per il numero di cartoni per pedana (MC PEDANA). Il risultato viene sempre approssimato per eccesso attraverso la funzione ARROTONDA.ECCESSO.MAT (Tabella 18). Si calcola anche il numero di pedane già presenti in magazzino alto, dedicate a quel codice (Tabella 18). Per questo passaggio si utilizza la funzione CONTA.PIU.SE impostando come condizione che il corridoio dell'ubicazione sia maggiore di 80 e che lo SKU sia uguale a quello di riga.

Tabella 18: Calcolo pedane necessarie e pedane già presenti in magazzino

SKU	QTA	MC PED	COR	PEDANE NECES	PED MAG ALTO
COD1	1	18	15	3	3
COD1	1	18	14	3	3
COD1	2	18	14	3	3
COD1	2	18	15	3	3
COD1	2	18	14	3	3
COD1	16	18	84	3	3
COD1	12	18	81	3	3
COD1	18	18	83	3	3

Si continua ordinando, in senso decrescente, le quantità di cartoni presenti per ubicazione, di quel singolo SKU (Tabella 19). Per

fare questo si utilizza la funzione GRANDE(((A\$2:\$B\$1183=A2)*\$B\$3:\$B\$1184);1). Il vincolo per cui

si prendono in considerazione solo le quantità relative al codice prodotto di riga è stato inserito con $(\$A\$2:\$B\$1183=A2)*\$B\$3:\$B\1184 , la prima parentesi fa sì che il valore corrispondente della QTA di riga sia moltiplicata per 1 se lo SKU coincide con quello di riga, viceversa viene moltiplicato per 0.

Tabella 19: QTA ordinate in senso decrescente, per SKU

SKU	QTA MAX 1	QTA MAX 2	QTA MAX 3	QTA MAX ...
COD1	18	16	12	...
COD2	10	3	2	...
COD3	18	8	6	...
COD4	12	6	6	...

Può presentarsi il caso, come evidente in tabella 19, in cui due QTY MAX si equivalgono, a parità di SKU. Questo accade perché ci sono due ubicazioni diverse con giacenza dello stesso codice e con la stessa quantità.

Il passaggio successivo si ricollega a quanto appena fatto e ne aggiunge un dettaglio, permettendo così di ottenere una stringa di testo che si ricollega alla QTA*. Per fare ciò si utilizzano la funzione & e la funzione CONTA.SE: si parte dalla QTA MAX 1 e si aggiunge la stringa "--1", successivamente si passa alla QTA MAX 2 e si aggiunge la stringa "--" e un numero attraverso la funzione CONTA.SE. Il numero è generato in base a quante volte compare il valore di QTA MAX 2 nelle QTA MAX precedenti. Si procede così fino alla QTA MAX finale (Tabella 20).

Tabella 20: QTA* per SKU, in ordine decrescente

SKU	QTA* MAX 1	QTA* MAX 2	QTA* MAX 3	QTA* MAX4	QTA* MAX 5	QTA* MAX ...
COD1	18--1	16--1	12--1	2--1	2--2	...

Attraverso quest'ultimo passaggio si passa dall'aver un ordine decrescente di quantità per codice ad avere lo stesso ordine ma trasporto in termini di QTA*, che nell'algoritmo sono identificative di un'ubicazione, dato un determinato codice. Questo permette di ordinare le ubicazioni di un determinato codice in ordine decrescente di quantità in giacenza. Per esplicitare quest'ordine si utilizza la funzione CERCA.VERT e la funzione SE, restituendo l'ubicazione associata alla QTA* MAX voluta. Si ottiene così l'ordine in tabella 21.

Tabella 21: Ubicazioni, per SKU, ordinate per quantità di cartoni in ordine decrescente

SKU	UBIC* 1	UBIC* 2	UBIC* 3
COD1	AA083041A	AA084003A	AA081021A
COD2	AA084003A	SERVE UBICAZIONE	-----
COD3	AA081042A	AA083041A	-----

Prendendo in analisi COD2, UBIC* 1 è AA084003A, ciò significa che questo posto pallet è quello in cui è presente il maggior numero di cartoni di quel codice e quindi è quello che dovrà essere riempito per primo. Nella cella corrispondente a UBIC*2 si trova la dicitura "SERVE

UBICAZIONE”, questo perché è necessaria una seconda ubicazione (PEDANE NECESSARIE \geq 2) ma ne è presente solo una già dedicata a quel codice in magazzino alto (PEDANE MAGAZZINO ALTO=1). Infine, l’ubicazione ottimale UBIC* 3 è “-----” poiché per il COD2 le pedane necessarie sono 2 dunque non serve attribuire un valore a quella determinata cella.

L’algoritmo continua associando a ogni riga, e quindi a ogni pedana con un certo numero di cartoni di un certo codice, una variabile booleana per ogni ubicazione ottimale (UBIC*). La variabile ha valore 1 in corrispondenza di una certa ubicazione ottimale se i cartoni presenti nell’ubicazione di riga devono essere spostati nell’ubicazione ottimale di colonna. Viceversa, ha valore 0. L’output è visionabile in tabella 22.

Tabella 22: Variabili booleane per SKU

SKU	QTA	UBIC	BOOL*		
			1	2	3
COD 1	1	AA015017B1	0	1	0
COD 1	1	AA014003A2	0	1	0
COD 1	2	AA014026A2	0	0	1
COD 1	2	AA015012B3	0	0	1
COD 1	2	AA014003B1	0	0	1
COD 1	16	AA084003A	0	0	0
COD 1	12	AA081021A	0	0	0
COD 1	18	AA083041A	0	0	0
COD 2	1	AA015027B1	1	0	0
COD 2	1	AA014002A2	1	0	0
COD 2	2	AA014016A2	0	1	0

COD 2	1	AA015002B3	0	1	0
COD 2	3	AA014013B1	0	1	0
COD 2	10	AA084005A	0	0	0
COD 3	6	AA081011A	0	1	0
COD 3	8	AA083021A	0	0	0
COD 3	16	AA081043A	0	0	0

Per effettuare questa scelta l'algoritmo compie diverse verifiche attraverso le funzioni SE, E, SOMMA, SOMMA.PIU.SE. Per quanto riguarda l'UBIC*1 vengono effettuati tre controlli, se tutti e tre i controlli sono veri allora la variabile booleana ha valore 1; l'ubicazione di riga non deve comparire tra le ubicazioni ottimali precedentemente scelte, QTA MAX 1 deve essere minore di MC PEDANA e la somma di QTA MAX 1, QTA di riga e delle quantità delle righe precedenti (con SKU uguale a quelli di riga e variabile booleana per UBIC*1 pari a 1) deve essere minore o uguale al numero di cartoni previsti per pedana per quel determinato codice.

La prima condizione serve a verificare che l'ubicazione di riga non sia un'ubicazione ottimale, altrimenti assegna il valore 0 poiché non deve essere spostata in nessun'altra ubicazione. La seconda verifica va a controllare che la QTA MAX 1 sia minore del numero di cartoni ottimo per pedana, altrimenti la pedana è già standardizzata e non si possono aggiungere altri cartoni alla stessa. Infine, la terza condizione va a verificare la quantità teorica della pedana ottimale 1 se si aggiungesse la quantità di riga. Se la quantità teorica non supera MC PEDANA allora la variabile booleana ha valore 1, viceversa ha valore 0 poiché altrimenti si creerebbe una pedana con una quantità di cartoni maggiori della quantità ammessa.

Per quanto riguarda i booleani successivi si effettuano le stesse verifiche, in più si controlla se sulla riga non sono già presenti precedenti 1 nelle variabili booleano, altrimenti viene assegnato il valore 0.

L'algoritmo successivamente converte il booleano nella corrispondente ubicazione attraverso la funzione SE: nel caso in cui in colonna **BOOL*2** il valore della riga sia 1, l'algoritmo, nell'apposita nuova colonna **SPOSTA IN**, restituirà l'ubicazione associata a **QTA* 2** (se il valore booleano fosse stato 1 in corrispondenza di **BOOL* 3** allora avrebbe restituito l'ubicazione associata a **QTA*3**, e così via). Se si presenta l'eventualità in cui tutti i valori booleani di riga siano pari a 0 allora verrà restituita la stringa "UBICAZIONE OTTIMALE", questo perché l'unico caso in cui la pedana non viene movimentata è perché si tratta di un'ubicazione ottimale. L'output è nella tabella 23 che segue:

Tabella 23: Output algoritmo dei compattamenti

SKU	QTA	UBIC	BOOL* 1	BOOL* ...	SPOSTA IN
COD1	1	AA0140...	0	...	AA0840...
COD1	1	AA0140...	0	...	AA080...
COD1	2	AA0140...	0	...	AA0810...
COD1	2	AA0150...	0	...	AA0810...
COD1	2	AA0140...	0	...	AA0810...
COD1	16	AA0840...	0	...	UB OTT...
COD1	12	AA0810...	0	...	UB OTT
COD1	18	AA0830...	0	...	UB OTT
COD2	1	AA01502...	1	...	AA0840...
COD2	1	AA01400...	1	...	AA0840...

Si è giunti così al risultato voluto: partendo da una certa ubicazione, con giacenza pari ad un certo numero di cartoni di uno SKU, si ottiene la movimentazione migliore: spostare i cartoni e compattarli in un'altra pedana oppure usare l'ubicazione stessa come base per ottenere una pedana standardizzata.

BIBLIOGRAFIA / SITOGRAFIA

Mocellin, F. (2017), La gestione delle scorte e del magazzino. Metodi logistici per il lean manufacturing, Franco Angeli, prima edizione, Milano.

Maraschi, E. (2011), Caratteristiche del magazzino, E-formazione by Consulman S.p.A, Torino.

Monte, A. (2009), Elementi di impianti industriali, Libreria Cortina, seconda edizione, Torino.

Lucca Elisa, “Applicazione di un framework per la gestione Lean di un magazzino: il caso Gruppo Poli”: tesi di laurea magistrale, Politecnico di Torino, 2018

Vignati, G. (2002), Manuale di logistica, Hoepli, Milano.

Ascoli Marchetti, M. (2010), Le operazioni di magazzino e la gestione delle scorte. Un manuale per tutti, Franco Angeli, Milano.

Graziadei, G. (2005), Lean Manufacturing. Come analizzare il flusso del valore per individuare ed eliminare gli sprechi, Hoepli, Milano.

Rafele, C. (2017), “Slide del corso Supply Chain Management”, Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale, Politecnico di Torino.

Dispense corso “Logistica di distribuzione”, Politecnico di Torino, 2019-2020.

E-commerce fulfillment: sfide e soluzioni logistiche. (s.d.). Mecalux

Italia | Soluzioni di Stoccaggio -

Mecalux.it. <https://www.mecalux.it/blog/ecommerce-fulfillment>

Fulfillment: cos'è, gestione del processo e vantaggi. (s.d.). IFS Italy. <https://blog.ifsitaly.com/it/fulfillment-cose-gestione-del-processo-e-vantaggi.html>

EconomyUp. (2022, 10 maggio). Che cos'è il fulfillment e la startup byrd che ha preso 56 milioni.

Economyup. <https://www.economyup.it/retail/cose-il-fulfillment-per-lecommerce-e-perche-la-startup-byrd-ha-preso-56-milioni/>

Mohsin, M. (2022, 20 marzo). 10 statistiche ecommerce da non perdere nel 2022 | Oberlo. Oberlo | Trasforma la tua idea di business in realtà. <https://www.oberlo.it/blog/statistiche-ecommerce>

Omnicanalità: significato ed esempi di strategie - Inside Marketing. (s.d.). InsideMarketing. <https://www.insidemarketing.it/glossario/definizione/omnicanalita/>

Portapallet: Cosa sono e Perché installarli nel proprio Magazzino. (s.d.). Scaffalature metalliche industriali Block Sistem s.r.l. (Marche - Abruzzo - Molise). <https://www.blocksistem.com/portapallet-cosa-sono/>

E-commerce torna a livelli pre-Covid,34 miliardi nel 2022 (+10%) - News. (s.d.).ANSA.it. https://www.ansa.it/industry_4_0/notizie/news/2022/05/24/e-commerce-torna-a-livelli-pre-covid34-miliardi-nel-2022-10_74f20053-0230-43e6-829b-727442f025f6.html

Scaffalature leggere M3. (s.d.). Mecalux Italia | Soluzioni di Stoccaggio - Mecalux.it. <https://www.mecalux.it/scaffali-picking/scaffalature-leggere>

Che cos'è un database relazionale? (s.d.). Oracle | Cloud Applications and Cloud Platform. <https://www.oracle.com/it/database/what-is-a-relational-database/>

Cos'è un Database relazionale e a cosa serve. (s.d.). GeekandJob.
<https://www.geekandjob.com/wiki/database-relazionale>

Cos'è un WMS (o SGM). (s.d.). Mecalux Italia | Soluzioni di Stoccaggio -
Mecalux.it. [https://www.mecalux.it/manuale-logistica-magazzino/magazzino/cos-e-wms-sgm#:~:text=Per%20WMS%20\(Warehouse%20Management%20System,sorte%20e%20delle%20giacenze\),%20fino](https://www.mecalux.it/manuale-logistica-magazzino/magazzino/cos-e-wms-sgm#:~:text=Per%20WMS%20(Warehouse%20Management%20System,sorte%20e%20delle%20giacenze),%20fino)

RINGRAZIAMENTI

Innanzitutto, ringrazio il mio relatore, Buzzacchi Luigi, per avermi seguito durante il percorso di tirocinio curriculare e la stesura della presente tesi.

Un altro ringraziamento va al mio Tutor Francesco, che mi ha seguito durante il tirocinio e mi sta seguendo tutt'ora, mi ha reso autonomo nello svolgimento delle funzioni aziendali e mi ha insegnato che il lavoro può essere anche divertimento.

Ringrazio tutti i ragazzi di WeJo per l'accoglienza e soprattutto Antonio per la possibilità e la fiducia che mi ha dato.

Ringrazio i miei genitori, perché senza di loro non avrei mai potuto intraprendere questo percorso di studi.

Ringrazio i miei amici e "collegi" di studio, soprattutto Andrea e Luca, per le risate e gli aiuti reciproci in questi cinque anni.

Un grande ringraziamento ai miei amici Alessio e Federico, con i quali mi sono sempre divertito lasciando da parte la preoccupazione per gli esami e l'università.

Un ringraziamento anche a Beppino e Christian, per le serate di svago dopo le giornate passate a seguire lezioni in camera durante il lockdown.

Dulcis in fundo, un grazie enorme a Giulia, per aver supportato e sopportato i miei impegni, per avermi aiutato quando avevo bisogno e per avermi spronato; semplicemente, per esserci stata e per esserci.

