

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA

**SCUOLA DI SCIENZE SOCIALI
DIPARTIMENTO DI ECONOMIA**

Corso di laurea in Economia e Management marittimo portuale



Elaborato scritto per la prova finale in
Traffici marittimi ed economia delle regioni portuali

**La catena del freddo e la logistica marittima:
una strategia cruciale per il commercio dei prodotti
deperibili nel Mediterraneo**

Docente di riferimento:
Hilda Ghiara

Candidato:
Luca Giordano

Anno accademico 2023-2024

Ringraziamenti

Vorrei esprimere la mia profonda gratitudine alla professoressa Hilda Ghiara, il cui prezioso contributo accademico è stato determinante per la riuscita di questo lavoro.

La sua competenza e la sua capacità di stimolare la ricerca sono state per me una fonte di grande ispirazione. Un ringraziamento va anche ai miei genitori, il cui sostegno incondizionato mi ha permesso di dedicarmi completamente a questo progetto. Un ringraziamento di cuore alla mia ragazza Giulia che non è mai mancata nei momenti più importanti della stesura di questo elaborato ed è riuscita sempre ad incoraggiarmi a dare il massimo.

Infine, desidero ringraziare tutti coloro che, direttamente o indirettamente, hanno contribuito alla realizzazione di questa tesi, offrendomi il loro supporto e la loro collaborazione.

INDICE

SOMMARIO.....	5
INTRODUZIONE.....	7
CAPITOLO I	9
LA CATENA DEL FREDDO: SFIDE, APPLICAZIONI SETTORIALI E IMPATTI.....	9
1.1 Dal ghiaccio naturale ai container frigoriferi.....	9
1.2 La catena del freddo e le sue caratteristiche	14
1.3 Settori di applicazione: alimentare e Farmaceutico	16
1.4 Le diverse tecniche di conservazione	30
1.4.1 La Refrigerazione	31
1.4.2 Congelamento	33
1.4.3 Surgelazione	33
1.4.4 Crioconservazione	34
1.5 I diversi impatti della catena del freddo	35
1.5.1 Impatto economico e sociale	36
1.5.2 Impatto ambientale	38

CAPITOLO II	41
TECNOLOGIE E PROCESSI LUNGO LA CATENA DEL FREDDO: UN'ANALISI DEGLI ANELLI CHIAVE	41
2.1 Luogo di produzione: Magazzini e celle refrigerate	43
2.2 Il precooling	48
2.3 La fase di confezionamento.....	49
2.4 Aree di carico	51
2.5 Il trasporto marittimo	54
2.6 Pre-trip inspection	59
2.7 Il trasporto su gomma.....	60
2.7 Trasporto aereo di prodotti deperibili.....	63
2.8 Il trasporto via Rail di Reefer	65
2.8 Scarico merce presso il cliente	68
2.8 La Catena del freddo intelligente	69
2.8.1 I sistemi di tracciabilità.....	72

CAPITOLO III.....	76
Commercio Globale dei Prodotti Deperibili: L'Italia e il Porto di Genova come Snodi Chiave della Logistica Internazionale	76
3.1 Il mercato globale dei prodotti deperibili.....	77
3.2 Le principali normative di mercato	83
3.3 L'importanza del mediterraneo e il ruolo dell'Italia	85
3.4 I Ports of Genoa.....	93
3.5 Trasporto refrigerato nel contesto genovese e il caso di Psa.....	97

CONCLUSIONI	105
SITOGRAFIA.....	107
BIBLIOGRAFIA	108

SOMMARIO

Questa tesi analizza in dettaglio la catena del freddo, un sistema logistico complesso e cruciale per il trasporto e la conservazione di prodotti deperibili, come alimenti e farmaci, che richiedono il mantenimento di temperature controllate. Nel primo capitolo, viene esaminata l'evoluzione storica del trasporto refrigerato, partendo dall'utilizzo del ghiaccio naturale fino alle moderne tecnologie di refrigerazione, evidenziando l'impatto sul commercio globale e sulla distribuzione di merci sensibili alla temperatura.

Il secondo capitolo si focalizza sulle componenti chiave della catena del freddo, analizzando i processi di stoccaggio, trasporto e distribuzione. Viene esaminata l'importanza di mantenere condizioni ottimali lungo tutta la filiera, con una particolare attenzione all'uso delle tecnologie di refrigerazione e alla gestione logistica per prevenire interruzioni e garantire la qualità dei prodotti.

Nel terzo capitolo, viene esplorato il commercio globale dei prodotti deperibili, con un focus particolare sull'Italia e sul porto di Genova. Questo capitolo discute il ruolo strategico del Mediterraneo nel trasporto marittimo, l'utilizzo dei container refrigerati e l'impatto delle normative internazionali sulla gestione della catena del freddo, ponendo l'accento sulle sfide logistiche e sull'efficienza operativa.

Infine per completezza viene proposto un caso di studio che riguarda la prima spedizione di un container refrigerato via treno da Basilea al porto di Genova. Prà aprendo la possibilità per l'espansione del servizio verso altri paesi europei.

ABSTRACT

This thesis analyzes in detail the cold chain, a complex and crucial logistical system for the transportation and preservation of perishable products, such as food and pharmaceuticals, which require controlled temperature maintenance. The first chapter examines the historical evolution of refrigerated transport, from the use of natural ice to modern refrigeration technologies, highlighting the impact on global trade and the distribution of temperature-sensitive goods.

The second chapter focuses on the key components of the cold chain, analyzing the processes of storage, transport, and distribution. It examines the importance of maintaining optimal conditions throughout the supply chain, with particular attention to the use of refrigeration technologies and logistical management to prevent disruptions and ensure product quality.

The third chapter explores global trade in perishable products, with a special focus on Italy and the port of Genoa. This chapter discusses the strategic role of the Mediterranean in maritime transport, the use of refrigerated containers, and the impact of international regulations on cold chain management, emphasizing logistical challenges and operational efficiency.

Finally, to provide a comprehensive overview a case study is proposed concerning the first shipment of a refrigerated container by train from Basel to the port of Genoa Prà, opening the possibility for the expansion of the service to other European countries.

INTRODUZIONE

La globalizzazione e l'espansione del commercio internazionale hanno portato a una crescente domanda di soluzioni logistiche efficienti per il trasporto di prodotti deperibili, come alimenti, farmaci e altri beni sensibili alla temperatura. In questo contesto, la catena del freddo si configura come una componente cruciale per garantire la qualità e la sicurezza di tali prodotti lungo l'intera filiera, dal produttore al consumatore finale. Il trasporto a temperatura controllata è infatti fondamentale per mantenere l'integrità dei prodotti, prevenendo il deterioramento e garantendo che essi arrivino al consumatore in condizioni ottimali. Tuttavia, il funzionamento efficace di questa catena logistica dipende non solo dall'utilizzo di tecnologie avanzate, ma anche dalla collaborazione tra i vari attori coinvolti, e dal ruolo essenziale che svolgono le infrastrutture logistiche, in particolare i porti marittimi. Tra i fattori determinanti per il successo della catena del freddo vi è il traffico marittimo, che riveste un ruolo primario nel trasporto su larga scala di prodotti refrigerati e congelati. La logistica marittima non solo garantisce il trasferimento di merci tra continenti, ma rappresenta anche una delle modalità più efficienti e sostenibili per il trasporto di grandi volumi di beni, riducendo i costi rispetto ad altre modalità di trasporto. In questo scenario, l'area del Mediterraneo si distingue per la sua posizione strategica come crocevia di scambi commerciali globali. Il Mediterraneo funge infatti da collegamento tra Europa, Asia e Africa, e ospita alcuni dei principali porti che supportano le rotte commerciali internazionali di prodotti deperibili. Il porto di Genova, in particolare, rappresenta un esempio di eccellenza nella gestione del traffico di container refrigerati, giocando un ruolo fondamentale nell'economia marittima e nell'approvvigionamento di prodotti freschi e congelati nel mercato europeo. Il mio interesse verso l'importanza della catena del freddo e il suo legame con il traffico marittimo nasce da un'esperienza diretta e personale. Lavorando da un paio d'anni nel settore logistico, mi occupo della manutenzione e riparazione di container, tra cui container frigoriferi (reefer) che sono essenziali per il trasporto sicuro di merci deperibili. Nel corso della mia attività ho potuto constatare in prima persona le molteplici sfide tecniche e operative legate alla gestione di questi strumenti.

Il corretto funzionamento dei container refrigerati non è solo una questione di efficienza logistica ma rappresenta un elemento critico per il mantenimento della qualità dei prodotti. Tuttavia, nonostante questi progressi, permangono sfide significative, soprattutto in relazione

alla gestione del traffico marittimo e all'integrazione tra i diversi sistemi logistici. La competizione globale, l'aumento dei volumi di traffico e la crescente domanda dei prodotti deperibili richiedono infrastrutture portuali sempre più moderne e performanti. Il porto di Genova, grazie alla sua capacità di gestione di container refrigerati e alla sua posizione geografica strategica, rappresenta un caso di studio interessante per comprendere l'importanza delle infrastrutture portuali nella catena del freddo. Le sue connessioni con il traffico marittimo internazionale e la sua integrazione con le principali rotte commerciali europee rendono Genova un hub logistico essenziale per il trasporto di merci sensibili alla temperatura, non solo a livello regionale, ma anche su scala globale. Esaminare il ruolo di Genova e delle sue infrastrutture logistiche permette di comprendere come una gestione efficace del traffico marittimo possa avere un impatto significativo sull'efficienza della catena del freddo, riducendo i costi operativi, migliorando la qualità del servizio e, infine, garantendo la competitività dei mercati europei.

In definitiva, lo scopo di questo elaborato è quello evidenziare il potenziale del trasporto marittimo nel garantire la continuità e l'efficacia della catena del freddo, sottolineando come tale modalità di trasporto sia un elemento fondamentale per i sistemi logistici moderni. La mia esperienza diretta nel settore logistico ha evidenziato l'importanza di questo tema, e il focus su Genova e sul Mediterraneo offre una prospettiva concreta per analizzare le dinamiche attuali e future di un settore in continua evoluzione, che ha un impatto diretto non solo sul commercio, ma anche sulla sicurezza alimentare e sulla salute pubblica.

CAPITOLO I

LA CATENA DEL FREDDO: SFIDE, APPLICAZIONI SETTORIALI E IMPATTI

Questo capitolo affronta in modo dettagliato l'evoluzione del trasporto refrigerato, mettendo in luce come questo settore abbia trasformato la logistica globale e il commercio di merci deperibili. Partendo dall'uso primitivo del ghiaccio naturale, evidenziando le limitazioni di tali metodi, fino a giungere alle moderne tecnologie di refrigerazione, che hanno reso possibile il trasporto sicuro di prodotti alimentari, farmaceutici e altri beni sensibili alla temperatura su lunghe distanze. Dopo aver dato una definizione esaustiva di catena del freddo, il capitolo si sofferma anche sull'importanza di una sua gestione efficace, che richiede una combinazione di conoscenze scientifiche, tecnologie avanzate e processi logistici ottimizzati, per rispondere alle esigenze di un mercato globale sempre più interconnesso e dinamico.

Viene sottolineato come la catena del freddo sia cruciale per settori strategici come quello alimentare e farmaceutico, dove la precisione nel mantenimento delle condizioni termiche è fondamentale per la conservazione della qualità e la protezione della salute pubblica. L'introduzione della catena del freddo ha avuto un impatto profondo sulla società, consentendo la distribuzione di prodotti freschi e deperibili su scala globale e migliorando la sicurezza alimentare. Tuttavia, questa tecnologia comporta anche significativi impatti che rappresentano alcune delle principali sfide da affrontare.

1.1 Dal ghiaccio naturale ai container frigoriferi

Prima della nascita dei moderni sistemi di refrigerazione meccanica, le persone raccoglievano il ghiaccio naturale, accumulatosi durante gli inverni rigidi e lo immagazzinavano in cantine. Il ghiaccio messo da parte nelle cantine veniva utilizzato per raffreddare e conservare i prodotti deperibili, in particolare gli alimenti.

Oltre al ghiaccio, erano disponibili anche altri metodi di conservazione come la salatura, la marinatura, l'essiccazione, l'aggiunta di spezie e l'affumicatura. Tuttavia, la maggior parte degli alimenti freschi e altri beni sensibili alla temperatura erano disponibili solo nei mercati locali a causa della loro deperibilità e delle difficoltà nel trasporto a lunga distanza.

L'industria dei trasporti marittimi refrigerati iniziò a prendere forma alla fine del XIX secolo, inizialmente con il commercio di carne. Questo sviluppo si inserisce perfettamente nel contesto dell'evoluzione dell'industria navale e dei sistemi emergenti di commercio internazionale. Durante il periodo compreso tra il 1842 e il 1887, il commercio marittimo di merci generali crebbe a un tasso annuo del 4,2%, facilitato dall'avvento delle navi a vapore che resero possibili i lunghi viaggi commerciali per una gamma più ampia di merci¹.

La trasformazione dell'industria navale, dalle navi a vela alle navi a vapore, con scafi in ferro e eliche a vite, insieme a una rete di comunicazioni marittime, fu fondamentale per l'emergere del commercio refrigerato internazionale. Il trasporto di carne congelata e refrigerata divenne una necessità per soddisfare la crescente domanda delle popolazioni urbane, specialmente in paesi come il Regno Unito, dove la produzione locale di carne era insufficiente. Le importazioni di carne provenivano principalmente dalle colonie britanniche, in particolare dall'Australia e dalla Nuova Zelanda, nonché dall'Argentina e da altre parti delle Americhe. Nel 1910, solo la Gran Bretagna importava 600.000 tonnellate di carne congelata². Inizialmente, la carne veniva conservata utilizzando il ghiaccio naturale nelle stive delle imbarcazioni, ma questo metodo aveva dei limiti significativi, soprattutto per le lunghe distanze. Infatti durante il viaggio, il ghiaccio si scioglieva e la carne arrivava a destino con problemi di deterioramento. Di conseguenza, emerse la necessità di navi refrigerate, che potessero mantenere la carne congelata durante tutto il viaggio. La svolta decisiva avvenne con il viaggio della nave Clipper Dunedin, equipaggiata con un sistema di refrigerazione a compressione alimentato a carbone, che trasportò con successo carne congelata dalla Nuova Zelanda al Regno Unito nel 1882. Negli anni successivi, la flotta di navi refrigerate crebbe rapidamente e nel 1912, c'erano 251 navi con una capacità totale di 44 milioni di metri cubi di spazio refrigerato impiegate nel commercio della carne³. Le dimensioni delle stive refrigerate variavano, molte navi non erano specializzate per il trasporto refrigerato ma configurate piuttosto come navi da carico generico con una parte dedicata alla refrigerazione.

¹ Snow in the tropics 2019 pag.29

² Cold Chain management, Myo Min Aung Yoon Seok Chang 2019 pag.17

³ Snow in the tropics 2019 pag 31

Anche l'infrastruttura di impianti di stoccaggio a freddo a terra si espandeva rapidamente, con compagnie come la Blue Star Line⁴ che riuscirono a trarre vantaggio dal mercato della

Figura 1.1 Dunedin 1882 la prima nave frigorifera della storia



Fonte: [Dunedin, 1882, prima nave frigorifera della storia - narraremare](#)

carne refrigerata.

L'espansione del commercio delle banane fu altrettanto importante, la prima spedizione registrata di banane verso New York provenienti da Cuba, avvenne nel 1804 ma queste spedizioni erano irregolari e su piccola scala, spesso a causa dei problemi di deterioramento durante il trasporto. Il vero sviluppo del commercio delle banane avvenne con la creazione di grandi piantagioni in America Centrale e la costruzione di ferrovie che permisero la produzione di enormi volumi a basso costo. Le compagnie che avrebbero poi dominato il mercato delle banane, come United Fruit "Chiquita" e Standard Fruit "Dole"⁵, iniziarono a sviluppare queste piantagioni e a stabilire rapporti stretti con i governi locali, ottenendo significative concessioni

⁴ La società ha le sue origini a Liverpool, dove la famiglia Vestey avviò un'attività di macelleria. Furono tra i primi a introdurre la refrigerazione nei loro negozi. Da questa situazione si sviluppò un'attività di importazione di carne dal Sud America, che alla fine crebbe fino a diventare un grande impero, possedendo estese tenute agricole "estancias" tra i quali il più importante in Buenos Aires il "Anglo Frigorifico". In epoca di massimo splendore, questo stabilimento poteva lavorare 5000 capi di bestiame al giorno. Si diceva che nulla venisse sprecato: le carcasse venivano esportate come carne refrigerata, insieme a frattaglie e pelli. Addirittura, si produceva come sottoprodotto insulina per i diabetici. La Blue star line possedeva diverse navi refrigerate di proprietà che con le quali venivano trasportate migliaia di tonnellate di carne fresca. Più tardi questa società riuscì anche ad integrarsi nel mercato delle navi passeggeri di prima classe, le più famose erano :Almeda Star, Andaluca Star, Arandora Star, Avelona Star and Avila Star. Per maggiori informazioni consultare il link: [History of the Blue Star Line](#).

⁵La United Fruit e la Standard Fruit conosciute oggi come Chiquita e Dole, sono due importanti società che hanno iniziato il loro business nel trasporto di banane dall' America centrale verso gli Stati Uniti per poi affermarsi in tutto il mondo distinguendosi come leaders del settore della frutta e verdura. Entrambe le società hanno navi refrigerate di proprietà con cui possono offrire servizi di trasporto sicuri ed affidabili. Per ulteriori informazioni consultare i seguenti link: [Storia del marchio Chiquita, la migliore banana del mondo](#) & [Dole plc - About - Our Industry](#) .

di terreni. Queste aziende si concentrarono sull'ottimizzazione della produzione e del trasporto delle banane, affrontando le sfide logistiche e climatiche per garantire che le banane arrivassero in condizioni ottimali nei mercati di consumo. Nei primi anni del 900' è stato stimato che la società Standard Fruit controllasse circa il 77% del traffico mondiale di banane.⁶

Verso la fine del XIX secolo, si sviluppò un'infrastruttura ben consolidata per la fornitura di banane negli Stati Uniti. Le banane venivano trasportate via terra tramite ferrovie, poi su navi a vapore e di nuovo su rotaia negli Stati Uniti. Per questo traffico, vennero prodotte nuove navi che garantivano il trasporto di banane alla temperatura ottimale di 12-13°C con nuovi sistemi di ventilazione per la rimozione dell'etilene.⁷ Questi investimenti permisero di espandere il commercio delle banane anche a livello globale, rendendole un alimento di base per molti paesi e contribuendo alla crescita economica delle regioni produttrici.

Nel 1924, la Fruit Growers Express Company⁸ progettò il primo vagone treno refrigerato per il trasporto di prodotti deperibili. Per raffreddare il vagone, gli addetti caricavano blocchi di ghiaccio attraverso i portelli sul tetto, situati alle estremità mentre un sistema di ventole, azionate dagli assi del vagone, aiutavano a far circolare l'aria fresca. Tappeti di lino feltro o di pelo di bovino rivestivano il pavimento e le pareti del vagone per isolare il carico delicato.

Più tardi nel 1938, Frederick Mackinley Jones⁹, inventò la prima unità di raffreddamento ad aria portatile per i camion che trasportavano prodotti sensibili alla temperatura chiamata Thermo King. Questa nuova invenzione venne adattata anche per equipaggiare treni, navi e barche e rappresentò la svolta nel settore del trasporto refrigerato. Nel 1946 il trasporto su navi frigo diventò un servizio di linea e l'intero traffico refrigerato marittimo veniva garantito da una serie di operatori logistici che possedevano navi frigo di proprietà. Tra gli anni 50 e 60 del 900', il mondo dello shipping, stava attraversando un grande periodo di rivoluzione con l'inizio dell'uso dei container intermodali. È stata un'invenzione straordinaria che ha ridisegnato l'intera catena di approvvigionamento rendendola più efficiente, economica e globale.

⁶ Snow in the tropics 2019 pag 33

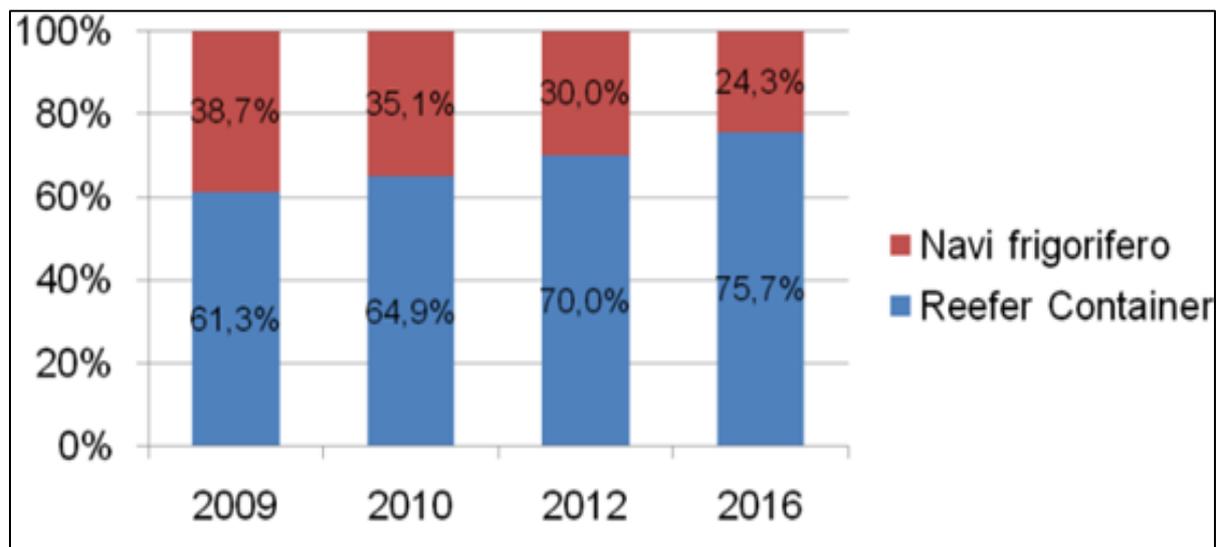
⁷ L'etilene è ormone vegetale che accelera il processo di maturazione della frutta. Per maggiori informazioni consultare il seguente link [FRUTTA: maturazione ed ... etilene – Le Vie della Salute](#)

⁸ *Fruit Growers Express Company*, è stata una società pioniera del trasporto di prodotti refrigerati in vagoni treno, fondata nel 1907. Per maggiori informazioni consultare il seguente link: [Revolution on Rails: Refrigerated Box Cars -- The Henry Ford Blog - Blog - The Henry Ford](#)

⁹ Frederick McKinley Jones è stato un prolifico inventore dell'inizio del XX secolo che ha contribuito a rivoluzionare la refrigerazione e non solo. È noto soprattutto per aver inventato il primo sistema di refrigerazione automatico per camion. Per ulteriori informazioni consultare il link [Frederick McKinley Jones \(1893-1961\) • \(blackpast.org\)](#)

Ha semplificato il processo di trasporto e gestione delle merci, ridotto i costi e i rischi e ha facilitato l'espansione dei mercati internazionali. Nel 1968 l'ISO, (International Organization for Standardization) definì gli standard internazionali per l'unità intermodale e da questo momento in poi i porti, le navi, le reti ferroviarie vennero adattate intorno alle dimensioni di questa invenzione del secolo. In questo periodo di grandi cambiamenti, gli sviluppi tecnologici portarono anche alla nascita di container specializzati come quelli

Figura 1.2 Navi frigo Vs container Reefer



Fonte: Centro Internazionale Studi Containers 2019

refrigerati detti anche “reefer”, progettati in modo tale da mantenere il carico ad una temperatura specifica per tutta la durata della spedizione attraverso un sistema di refrigerazione alimentato elettricamente.

La figura 1.2 mostra il graduale spostamento del traffico dalle navi frigo specializzate verso il container. Negli anni 90' nel mercato si affiancò l'offerta di container frigo e navi portacontainer dotate di un certo numero di prese a bordo per la fornitura di corrente alle unità refrigerate. Il container frigo grazie ai suoi innumerevoli vantaggi, diventò il diretto concorrente delle navi frigo convenzionali che persero grandi quote di mercato e dovettero adattarsi attraverso scelte strategiche al nuovo mercato emergente. Nonostante ciò, attualmente esistono diverse compagnie come Dole, Cosiarma, Del Monte che utilizzano ancora navi frigo convenzionali, a testimonianza del fatto che quest'ultime non sono sparite.

La storia della refrigerazione e del trasporto refrigerato è una testimonianza affascinante dell'evoluzione tecnologica e commerciale. Dal semplice uso del ghiaccio naturale per la conservazione degli alimenti alle complesse reti di trasporto refrigerato che attraversano il globo, abbiamo assistito a un progresso straordinario. L'inizio del XX secolo ha segnato una

svolta significativa con l'introduzione delle navi refrigerate e dei container frigoriferi, che hanno rivoluzionato il modo in cui gestiamo e distribuiamo prodotti deperibili.

Questi sviluppi hanno reso possibile la globalizzazione dei mercati, abbattendo le barriere geografiche e migliorando l'accesso ai beni alimentari in tutto il mondo. Oggi, la continua innovazione nel settore della refrigerazione e del trasporto riflette l'importanza di garantire una catena del freddo solida e sicura, rispondendo alle esigenze di un mercato globale sempre più interconnesso e dinamico. Sebbene le navi frigo specializzate siano state parzialmente sostituite dai container refrigerati, esse continuano a svolgere un ruolo importante, dimostrando la resilienza e l'adattabilità di un settore in costante evoluzione.

1.2 La catena del freddo e le sue caratteristiche

La globalizzazione ha indubbiamente ridotto le distanze geografiche, favorendo gli scambi commerciali su scala mondiale. Tuttavia, la separazione fisica tra le diverse regioni del mondo rappresenta ancora oggi una sfida significativa per le operazioni logistiche. In particolare, quest'ultima agisce come un moltiplicatore di rischio, incrementando la probabilità di danneggiamento delle merci durante le complesse fasi della catena di approvvigionamento. Urti e variazioni termiche rappresentano le principali minacce, particolarmente critiche per i prodotti deperibili, come gli alimenti. La deperibilità degli alimenti è un processo chimico naturale, accelerato da temperature elevate. Il mantenimento di condizioni di refrigerazione permette di rallentare tali processi, preservando la qualità e la sicurezza dei prodotti. Tuttavia, ciò richiede un controllo rigoroso e costante lungo l'intera catena di distribuzione.

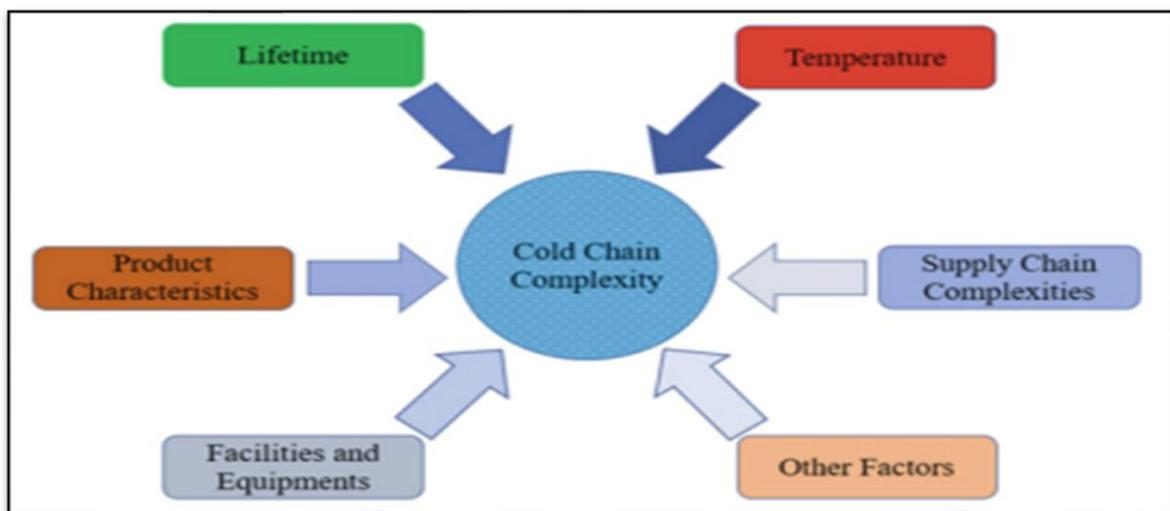
Ogni interruzione o ritardo può compromettere la qualità delle merci, con conseguenze significative, soprattutto nei settori farmaceutico, medico e alimentare, dove gli standard qualitativi sono particolarmente elevati. Per rispondere a queste esigenze, è emersa la necessità di una gestione logistica specifica, definita "catena del freddo". La catena del freddo può essere intesa come *"il sistema di gestione della temperatura che assicura il mantenimento di condizioni termiche controllate lungo l'intera filiera produttiva, dal produttore al consumatore finale, attraverso l'impiego di tecnologie e infrastrutture dedicate."*¹⁰

La catena del freddo rappresenta un complesso sistema integrato, che combina conoscenze scientifiche, tecnologie avanzate e processi organizzativi. La componente scientifica è fondamentale per comprendere i meccanismi di deterioramento dei prodotti e definire le condizioni ottimali di conservazione. La componente tecnologica riguarda l'impiego

¹⁰ Beasley, Helping exports keep their cool 2002 pag.5

di attrezzature e sistemi di monitoraggio per garantire il controllo della temperatura. Infine, la componente processuale si riferisce alla pianificazione, all'esecuzione e al controllo delle diverse fasi logistiche, dalla preparazione alla consegna del prodotto. Quindi, la gestione della catena del freddo si presenta come un sistema complesso, influenzato da una molteplicità di fattori interconnessi. La rappresentazione grafica proposta evidenzia in modo chiaro la complessità intrinseca di questo sistema, sottolineando i principali elementi che ne determinano le sfide. Al centro della rappresentazione si colloca il concetto di "Complessità della Catena del Freddo", attorno al quale gravitano sei fattori chiave. Il primo fattore, la durata di vita commerciale del prodotto, sottolinea come il tempo di vita utile di un prodotto all'interno della catena del freddo vari significativamente da un prodotto all'altro. Questa variabilità impatta direttamente sulle modalità di gestione e sui tempi di percorrenza, richiedendo protocolli più stringenti per prodotti a rapida deperibilità e offrendo una maggiore flessibilità per quelli a più lunga conservazione. La temperatura rappresenta un parametro critico, in quanto ogni prodotto

Figura 1.3 Complessità della catena del freddo



Fonte: M.M. Aung & Y.S. Chang Cold Chain Management, 2023

necessita di un intervallo di temperatura specifico per preservarne qualità e sicurezza.

Ogni variazione termica può compromettere l'integrità del prodotto, determinando una perdita di efficacia, un deterioramento o, in casi estremi, rischi per la salute del consumatore. Un monitoraggio continuo e accurato della temperatura è pertanto indispensabile.

La temperatura rappresenta un parametro critico, in quanto ogni prodotto necessita di un intervallo di temperatura specifico per preservarne qualità e sicurezza. Ogni variazione termica può compromettere l'integrità del prodotto, determinando una perdita di efficacia, un deterioramento o, in casi estremi, rischi per la salute del consumatore. Un monitoraggio

continuo e accurato della temperatura è pertanto indispensabile. Le caratteristiche del prodotto influenzano significativamente le esigenze di gestione. Composizione chimica, sensibilità termica, fragilità e altri parametri intrinseci al prodotto determinano le condizioni di conservazione ottimali. Ad esempio, i prodotti farmaceutici richiedono spesso condizioni estremamente rigorose e costanti, mentre alcuni alimenti presentano una maggiore tolleranza alle variazioni termiche.

Le strutture e le attrezzature costituiscono un elemento fondamentale per garantire il mantenimento delle condizioni di temperatura desiderate. Magazzini frigoriferi, veicoli refrigerati, sensori e registratori di temperatura sono solo alcuni esempi di infrastrutture essenziali.

Le "Complessità della Catena di Fornitura" evidenziano le sfide logistiche e organizzative associate alla gestione di una rete di attori e fasi. La coordinazione tra produzione, stoccaggio, trasporto e distribuzione richiede una pianificazione accurata e una comunicazione efficace per garantire la continuità e la qualità del processo.

Infine, la categoria "Altri fattori" racchiude una vasta gamma di elementi esterni che possono influenzare la catena del freddo, quali normative, condizioni climatiche, eventi imprevisti e altri. Questi fattori possono introdurre ulteriori livelli di complessità e richiedere adattamenti continui nelle strategie di gestione.

1.3 Settori di applicazione: alimentare e Farmaceutico

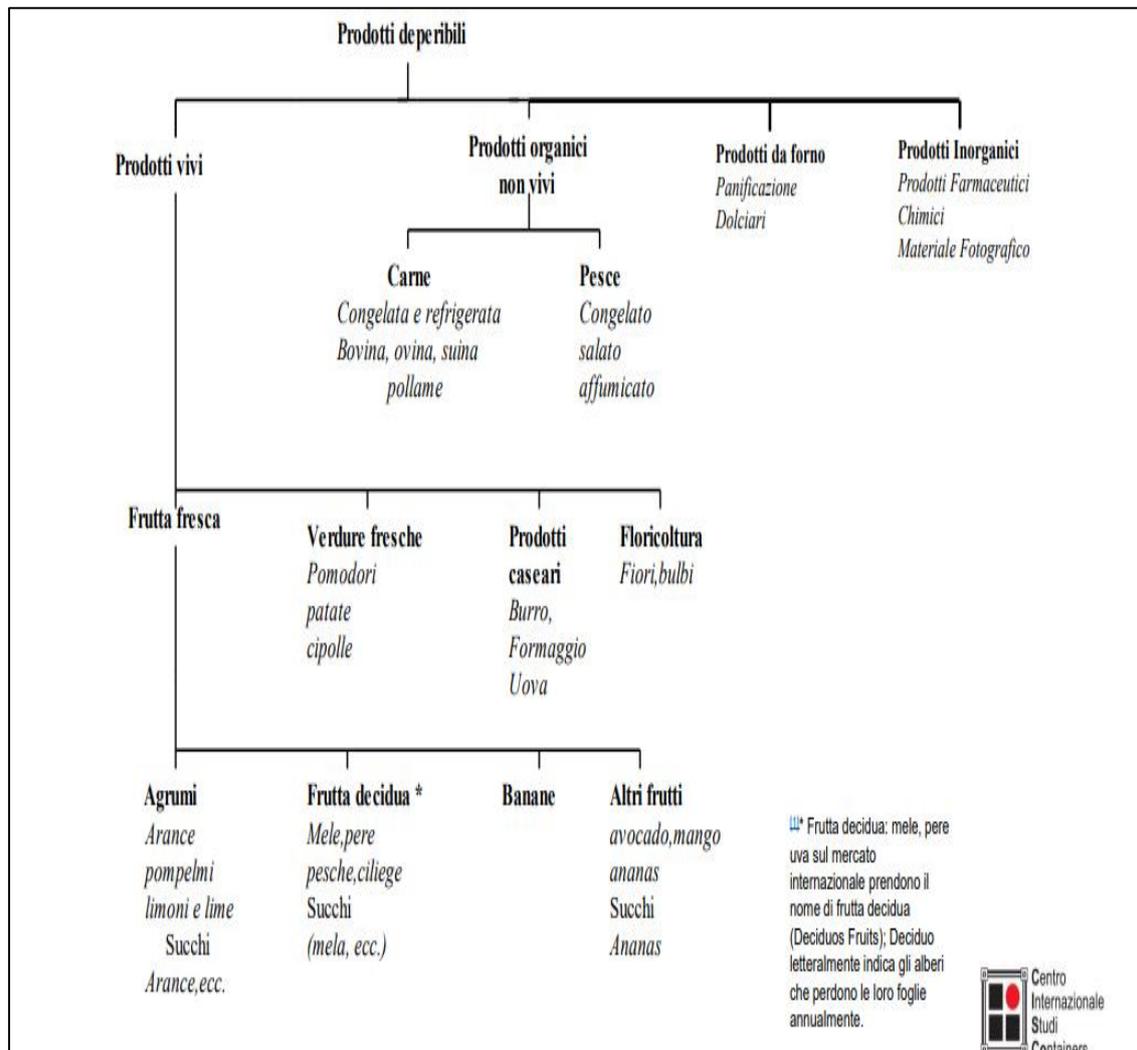
La catena del freddo, intesa come il complesso sistema di gestione della temperatura che assicura il mantenimento di condizioni termiche controllate lungo l'intera filiera produttiva, ha acquisito un'importanza sempre maggiore nel panorama economico globale.

La crescente domanda di prodotti freschi, surgelati e farmaceutici, unita alla globalizzazione dei mercati, ha reso la gestione efficace della catena del freddo un fattore determinante per garantire la qualità, la sicurezza dei prodotti deperibili e la soddisfazione del consumatore. I principali settori che si avvalgono delle tecnologie e delle procedure associate alla catena del freddo sono il settore alimentare e quello medico/ farmaceutico.

Nello specifico, la catena del freddo alimentare chiamata anche "*food cold chain*" si riferisce all'insieme dei processi che descrivono come i diversi prodotti alimentari giungono dal luogo di produzione al consumatore finale. Questi processi includono l'attività di produzione seguita dalla trasformazione e dal confezionamento del prodotto che successivamente viene stoccato per poi essere distribuito al consumatore finale.

La fase di distribuzione inizia con la figura del grossista, il quale consegna i prodotti al cliente attraverso i punti vendita. Le attività di import oppure di export subentrano nella fase di distribuzione fornendo necessarie attrezzature e strutture che servono per supportare la spedizione dei prodotti verso i rispettivi mercati. Tutti questi processi sono strettamente legati tra loro, pertanto se un'attività risulta inefficiente, questa influenzerà ad effetto domino tutte

Figura 1.4 classificazione prodotti deperibili



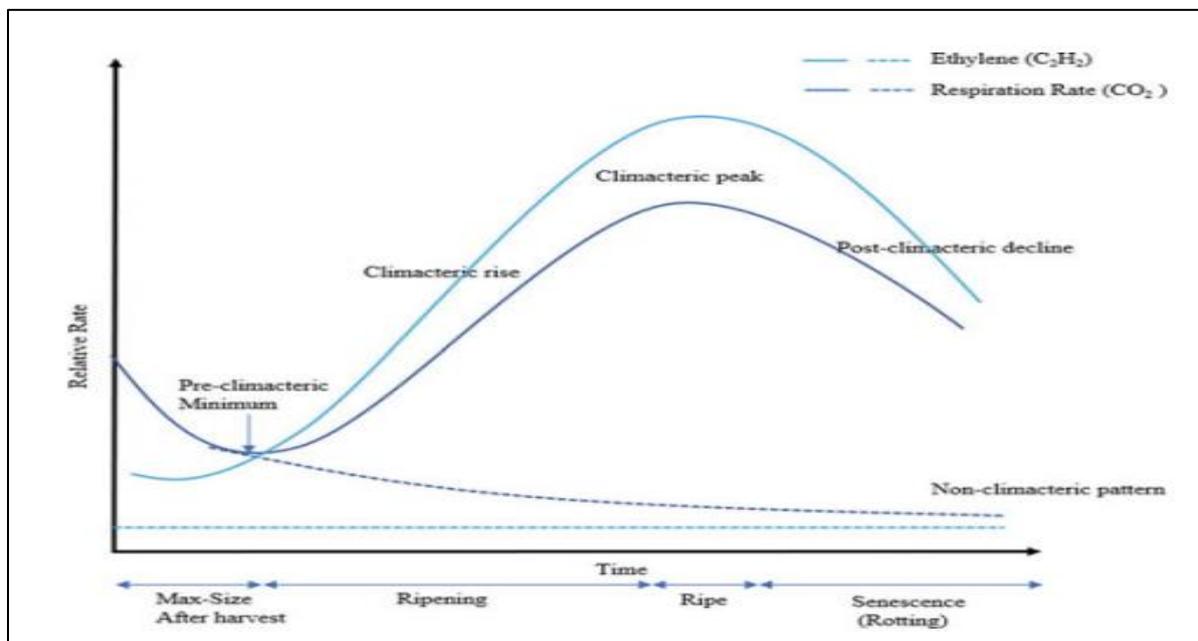
Fonte: L. Folchitto, Centro internazionale Studi Containers, 2023

le altre. Perciò è molto importante gestire in modo ottimale tutti le varie fasi della catena del freddo alimentare attraverso adeguate infrastrutture che permettono di mantenere i diversi tipi di prodotti alimentari alla corretta temperatura preservando i parametri di qualità. La figura 1.4 mostra una completa classificazione di tutti i prodotti deperibili sensibili alla temperatura, distinguendo i “prodotti organici vivi” come frutta e verdura da quelli “non vivi”.

I prodotti organici vivi essendo tali, dopo la raccolta continuano a “respirare”¹¹ dando luogo a processi metabolici che si manifestano con la produzione di calore, di vapore acqueo, di anidride carbonica e altri gas, oltre a processi di trasformazione del prodotto stesso.

Il calore generato da queste reazioni varia a seconda delle caratteristiche intrinseche del prodotto e aumenta all’aumentare della temperatura. In aggiunta la respirazione conferisce al frutto l’energia necessaria a completare il processo di maturazione. La frequenza della respirazione viene regolata dalla temperatura e per ogni aumento di 10°C, la frequenza raddoppia e si triplica se l’aumento è di 20°C¹². Ad esempio una mela a 10°C matura e respira tre volte più velocemente di una a 0°C. Un tasso di respirazione elevato e il processo di maturazione accelerato del prodotto aumentano il deterioramento dello stesso e diminuiscono il practical shelf life.¹³

Figura 1.5 tasso di respirazione e produzione di etilene



Fonte: *Cold chain Management, M. M. Aung & Y. S. Chang 2023*

¹¹ I prodotti organici vivi come frutta e verdura dopo la raccolta sono vivi e continuano i processi caratteristici di tutti gli esseri viventi. Il più importante di questi processi è la respirazione, dove l’ossigeno presente nell’aria a contatto con il carbonio del tessuto vegetale, in particolare con gli zuccheri, si trasforma in anidride carbonica e acqua. Durante questo processo l’energia viene rilasciata sotto forma di calore e la sua quantità varia da prodotto a prodotto e aumenta con l’aumentare delle temperature. (L.Folchitto Centro Internazionale Studi Container, 2023)

¹² Il principio di Van’t Hoff è un concetto fondamentale in chimica fisica che descrive la relazione tra la variazione della costante di equilibrio di una reazione chimica e la variazione della temperatura. In particolare, questo principio afferma che il tasso delle maggiori reazioni chimiche e biochimiche aumenta di due o tre volte all’aumentare della temperatura. (L.Folchitto Centro Internazionale Studi Containers 2023)

¹³ Lo shelf life è la durata commerciale del prodotto, in determinate condizioni di conservazione, il tempo limite entro il quale il progredire di singoli eventi reattivi determini modificazioni impercettibili, o comunque ancora accettabili, sul piano della sicurezza d’impiego. Di solito viene spesso confuso con la scadenza del prodotto ma in realtà sono due concetti molto distinti. (L.Folchitto, Centro Internazione Studi Containers 2023)

La Figura 1.5 rappresenta l'andamento tipico della respirazione e dell'emissione di etilene durante la maturazione di un frutto. L'asse delle ascisse rappresenta il tempo che trascorre dalla raccolta del frutto fino alla sua senescenza L'asse delle ordinate indica il tasso relativo di produzione di etilene¹⁴ e il tasso di respirazione (consumo di ossigeno e produzione di anidride carbonica) del frutto. Il grafico evidenzia due pattern distinti:

- Frutti climaterici¹⁵: Nella quale si osserva un aumento significativo del tasso respiratorio e di produzione di etilene durante la maturazione, raggiungendo un picco definito come "picco climaterico". Dopo questo picco, si ha un rapido declino, associato alla senescenza del frutto. Questa fase di rapido aumento della respirazione è caratterizzata da una serie di cambiamenti fisiologici e biochimici che conferiscono al frutto le caratteristiche organolettiche tipiche della maturazione (sapore, aroma, consistenza)
- Frutti non-climaterici: il tasso respiratorio e la produzione di etilene rimangono relativamente costanti nel tempo, senza mostrare un picco pronunciato. La maturazione avviene in modo più graduale e lento rispetto ai frutti climaterici.

L'importanza di comprendere questi pattern risiede nella gestione della catena del freddo. Infatti, la conoscenza del comportamento respiratorio dei diversi tipi di frutta permette di adottare strategie di conservazione e trasporto ottimali. Ad esempio, per i frutti climaterici, è fondamentale controllare la temperatura e l'atmosfera di conservazione per ritardare il raggiungimento del picco climaterico e prolungare lo shelf-life. Per i frutti non-climaterici, le strategie di conservazione sono generalmente meno complesse, in quanto la maturazione avviene in modo più graduale.

¹⁴L'etilene è un ormone vegetale che svolge un ruolo fondamentale nella regolazione della maturazione dei frutti. Il picco di produzione di etilene coincide con l'intensificazione dei processi metabolici che portano alla maturazione. Per maggiori informazioni consultare il seguente link: https://www.research.unipd.it/retrieve/e14fb26f-d8f3-3de1-e053-1705fe0ac030/Tesi_dot_Lovisetto_finale.pdf

¹⁵ I frutti climaterici come le mele, le pere, le pesche, sono quei frutti che continuano a maturare anche dopo essere stati raccolti e producono molto etilene il che accelera il processo di maturazione. Diversamente i frutti non climaterici come agrumi, ciliegie, maturano e producono etilene in modo molto più contenuto.

L'obiettivo primario è quello di massimizzare la vita commerciale del prodotto o “shelf life” andando ad agire su diversi elementi che sono fondamentali per una corretta gestione della catena del freddo:

- Preparazione della merce
- Confezionamento/Packaging
- Conservazione
- Il tempo
- Temperatura

La preparazione della merce, sia di origine vegetale che animale, rappresenta una fase cruciale per garantire la salubrità e la qualità del prodotto finale. Il rispetto rigoroso delle norme igienico-sanitarie è indispensabile per prevenire la proliferazione di agenti patogeni dannosi per la salute del consumatore. Nel contesto delle produzioni ortofrutticole, il pre-raffreddamento emerge come una pratica fondamentale per preservare le caratteristiche organolettiche e nutrizionali dei prodotti freschi. Questo processo, attuato immediatamente dopo la raccolta, consiste nella rapida sottrazione del calore accumulato dai tessuti vegetali, con l'obiettivo di rallentare i processi fisiologici e microbiologici responsabili del deterioramento. Un'efficace applicazione del pre-raffreddamento si traduce in un significativo prolungamento della shelf-life, garantendo al consumatore un prodotto di elevata qualità.

La scelta del confezionamento rappresenta un elemento cruciale nella filiera agroalimentare, in quanto influisce direttamente sulla preservazione della qualità del prodotto durante le fasi di movimentazione e trasporto. Un imballaggio adeguato, oltre a ridurre il rischio di danni fisici, favorisce un'adeguata ventilazione e limita i processi ossidativi, prolungando così la shelf-life del prodotto. Le tipologie di imballaggio disponibili sul mercato sono molteplici e variano in funzione del tipo di prodotto e della destinazione finale.

Tradizionalmente, il cartone ondulato si conferma il materiale più diffuso, grazie alla sua versatilità e alle buone proprietà di protezione. Tuttavia, si registra un crescente interesse verso soluzioni alternative, come gli imballaggi in plastica a sponde abbattibili, caratterizzati da una maggiore resistenza e riutilizzabilità. Il legno, particolarmente apprezzato nel settore ortofrutticolo, viene impiegato prevalentemente per il confezionamento di pere provenienti dal Sud America. Infine, gli imballaggi monouso in plastica trovano ampio utilizzo nei traffici intramediterranei e nordeuropei. È importante sottolineare l'esistenza di una stretta correlazione tra la tipologia di imballaggio e il canale commerciale. Sulle lunghe distanze, gli imballaggi monouso si rivelano spesso la soluzione più economica e sostenibile, garantendo al contempo

un'adeguata protezione del prodotto. Per quanto concerne le tecniche di conservazione degli alimenti, le più diffuse sono la refrigerazione e la congelazione, che consentono di rallentare i processi degradativi e prolungare la shelf-life dei prodotti. Nel corso degli anni, sono state sviluppate numerose altre metodologie di conservazione, tra cui l'essiccazione, il confezionamento sottovuoto, l'atmosfera controllata, la fermentazione, la salatura e l'affumicatura. A queste si aggiungono trattamenti termici come la pastorizzazione e la sterilizzazione, nonché processi fisici come l'irradiazione, tutti volti a inibire lo sviluppo di microrganismi alterativi e a garantire la sicurezza alimentare.

Gli ultimi elementi da considerare sono il tempo e la temperatura. Ogni prodotto ha la sua durata in quanto è “time sensitive” e una corretta gestione della temperatura garantisce la massimizzazione del suo tempo di conservazione. . Nella maggior parte dei prodotti organici vivi l'ottimo practical shelf-life si raggiunge tra i 0°C e -1,5°C ma ci sono alcune eccezioni come per la frutta esotica.¹⁶ Tutti i prodotti hanno caratteristiche specifiche e sono diversi gli uni dagli altri.

Ciascuno ha quindi bisogno di particolari condizioni di conservazione, stoccaggio e imballaggio. Nella catena del freddo alimentare, i prodotti possono essere classificati in base alla temperatura di conservazione¹⁷:

- Frozen “Congelati”: -25°C per il gelato, -18°C per altri alimenti e ingredienti alimentari.
- Cold chill “Refrigerati”: 0°C a +1°C per carne e pollame freschi, la maggior parte dei latticini e dei prodotti a base di carne, la maggior parte delle verdure e alcuni frutti.
- Medium chill “refrigerazione intermedia” : +5°C per alcuni prodotti da forno, burro e formaggi.
- Exotic chill “temperatura quasi ambiente” +10°C a +15°C per patate, uova, frutta esotica e banane.

Quindi se una catena di approvvigionamento alimentare è dedicata ad una vasta gamma di prodotti, la temperatura verrà impostata al livello ottimale per quella specifica categoria.

In realtà, non solo la temperatura, ma anche altri parametri ambientali come l'umidità relativa, la pressione e la luce sono fondamentali da considerare, poiché alcuni prodotti sono

¹⁶ L. Folchitto, Centro degli Studi dei Container 2023

¹⁷ Temperature controlled supply chain, Smith D, Sparks L (2004)

sensibili a questi fattori e necessitano di condizioni specifiche per mantenere la loro qualità e sicurezza. Un'umidità relativa troppo bassa può disidratare il prodotto, mentre un'umidità troppo alta può favorire la crescita di muffe.

Figura 1.6 Conservazione di frutta e verdura fresca

	Group 1A and 1B 0–2 °C, 1A: 90–98% rh, 1B: 85–95% rh			Group 2 7–10 °C and 85–95% rh	Group 3 13–18 °C and 85–95% rh		
Fruits and melons	Apple	Elderberry	Prune* 1B	Avocado, unripe	Lime*	Atemoya	Rambutan
	Apricot	Fig	Quince*	Babaco	Limequat	Banana	Sapodilla
	Avocado, ripe	Gooseberry	Raspberry	Catus pear, tuna	Mandarin	Breadfruit	Sapote
	Barbados cherry	Grape	Strawberry	Calamondin	Olive	Canistel	Soursop
	Blackberry	Kiwifruit*		Carambola	Orange	Casaba melon	
	Blueberry	Loganberry		Cranberry	Passion fruit	Cherimoya	
	Boysenberry	Longan		Custard apple	Pepino	Creshaw_melon	
	Caimito	Loquat		Durian	Pineapple	Honeydew_melon	
	Cantaloupe	Lychee		Feijo	Pummelo	Jaboticaba	
	Cashew apple	Nectarine		Granadilla	Sugar apple	Jackfruit	
	Cherry	Peach		Grapefruit*	Tamarillo	Mamey	
	Coconut	Pear: (Asian and		Guava	Tamarind	Mango	
	Currant	European)		Juan Canary	Tangelo	Mangosteen	
	Cut fruits	Persimmon*		Melon	Tangerine	Papaya	
	Date	Plum		Kumquat	Ugli fruit	persian Melon	
	Dewberry	Plumcot		Lemon*	Watermelon	Plantain	
		Pomegranate					

	Group 1A and 1B 0–2 °C, 1A: 90–98% rh, 1B: 85–95% rh			Group 2 7–10 °C and 85–95% rh	Group 3 13–18 °C and 85–95% rh
Vegetables	Alfalfa sprouts	Chinese cabbage*	Mint* 1A	Basil*	Bitter melon
	Amaranth*	Chinese turnip	Mushroom	Beans, snap, green, wax	Boniato*
	Anise*	Collard*	Mustard greens*	Cactus leaves (nopales)*	Cassava
	Artichoke	Corn; sweet, baby	Parsley*	Calabaza	Dry onion
	Arugula*	Cut vegetables	Parsnip	Chayote*	Ginger
	Asparagus*	Daikon*	Radicchio	Cowpea (southern pea)	Jicama
	Beans: fava, lima	Endive*-chicory	Radish	Cucumber*	Potato
	Bean sprouts	Escarole*	Rutabaga	Eggplant	Pumpkin
	Beet	Fennel*	Rhubarb	Kiwano (horned melon)	Squash; winter (hard rind)*
	Belgian endive*	Garlic	Salsify	Long bean	Sweet potato*
	Bok choy*	Green onion*	ScorzonEra	Malanaga*	Taro (dasheen)
	Broccoli*	Herbs* (not basil)	Shallot*	Okra*	Tomato; ripe, partially ripe, and
	Broccoflower*	Horseradish	Snow pea*	Pepper, bell, chili	mature green
	Brussels sprouts*	Jerusalem	Spinach*	Squash, summer (soft rind)*	Yam*
	Cabbage*	artichoke	Sweet pea*	Tomatillo	
	Carrot*	Kailon*	Swiss chard*	Winged bean	
	Cauliflower*	Kale*	Surnip		
	Celeriac	Kohlrabi	Turnip Greens*		
	Celery*	Leek*	Waterchestnut		
	Chard*	Lettuce*	Watercress*		

Fonte: Thompson & Kader (2001)

Secondo Thompson e Kader¹⁸, la frutta e la verdura fresca possono essere classificate in tre gruppi in base ai requisiti di conservazione:

- Gruppo 1 0-2°C con 90-98% di umidità
- Gruppo 2 7-10°C con 85-95% di umidità

¹⁸ Thompson JF, kader AA (2001) Wholesale distribution centre storage, perishable handling quartely pag. 107

- Gruppo 3 16-18°C con 85-95% di umidità o senza requisiti specifici di umidità

Per quanto riguarda il gruppo uno, questo comprende una vasta gamma di verdure a foglia verde e altre verdure delicate che richiedono temperature molto basse (0-2°C) e un'elevata umidità relativa (90-98% per il Gruppo 1A e 85-95% per il Gruppo 1B) per prevenire l'appassimento, l'ossidazione e lo sviluppo di microrganismi. Il gruppo due invece, include verdure che possono essere conservate a temperature leggermente più elevate (7-10°C) e un'umidità relativa del 85-95%. Queste condizioni sono generalmente adatte per verdure a radice e alcune varietà di frutta. Infine il gruppo tre, comprende frutta e verdura che possono tollerare temperature ancora più elevate (13-18°C) e un'umidità relativa del 85-95%.

Queste sono spesso varietà più durevoli e meno suscettibili al deterioramento. Qualora venissero meno queste precauzioni nella conservazione dei vari prodotti, ci sarebbero sicuramente delle alterazioni con conseguente calo della qualità del prodotto e possibili intossicazioni alimentari. Bisogna precisare che il deterioramento della qualità può verificarsi anche in condizioni di temperatura controllata come ad esempio la congelazione.

Durante questa tecnica di conservazione il prodotto viene portato a temperature molto basse per provocare la cristallizzazione dell'acqua e la solidificazione del prodotto stesso.

I cristalli di ghiaccio formati rompono le membrane cellulari delle cellule che formano l'alimento, incidendo negativamente sulle caratteristiche sensoriali di questo una volta scongelato. Esistono diverse modalità di deterioramento che si possono manifestare nei prodotti:

- Irrancidimento
- Inasprimento
- Decolorazione
- Perdita di sapore
- Perdita di consistenza
- Perdita dei principi nutritivi

I processi di deterioramento degli alimenti sono principalmente determinati da una combinazione di fattori biologici, chimico-fisici:

- Fattori biologici: microrganismi quali batteri, muffe e lieviti sono i principali responsabili delle alterazioni a carico del valore nutrizionale e delle caratteristiche organolettiche degli alimenti. Oltre all'azione diretta di questi microrganismi, gli enzimi

endogeni presenti negli alimenti stessi possono catalizzare reazioni degradative. Infine, la contaminazione da parte di artropodi (insetti e roditori) non solo causa danni fisici alle derrate alimentari, ma rappresenta anche un veicolo per la diffusione di patogeni

- Fattori chimico-fisici: l'ossigeno atmosferico, interagendo con i componenti degli alimenti, può innescare reazioni di ossidazione che comportano la perdita di vitamine e l'insorgenza di fenomeni di imbrunimento. La luce, in particolare quella ultravioletta, può indurre alterazioni a carico di pigmenti e aromi. Infine, parametri ambientali come temperatura, umidità e pH giocano un ruolo fondamentale nella crescita microbica e nelle reazioni chimiche.

In particolare, un intervallo di pH compreso tra 4,5 e 9 è particolarmente favorevole allo sviluppo della maggior parte dei microrganismi¹⁹.

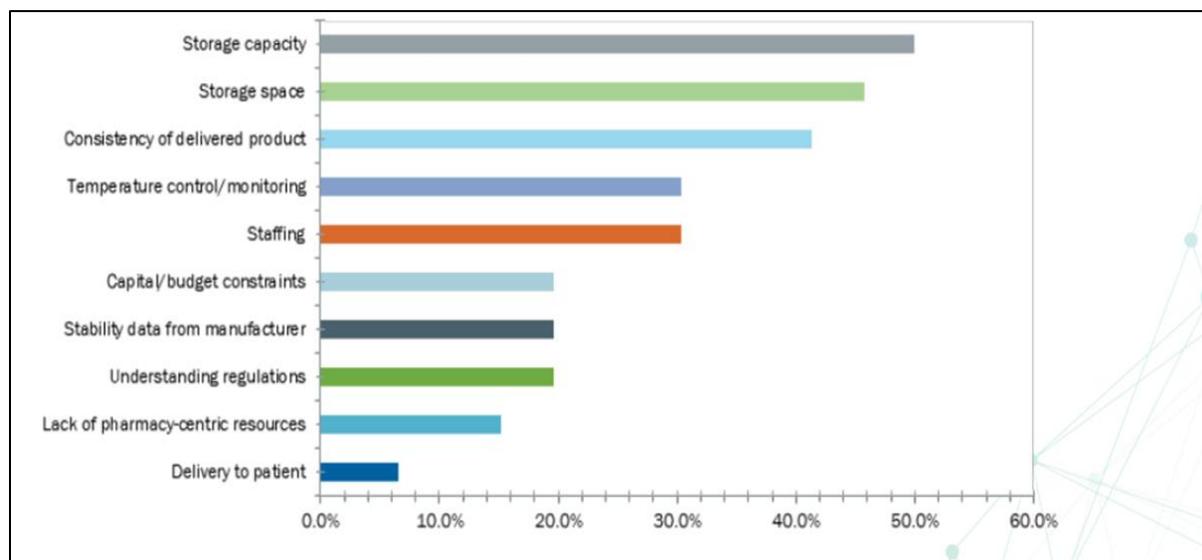
Il settore alimentare si trova a operare in un contesto sempre più complesso e dinamico, caratterizzato da normative in continua evoluzione e da una competitività globale. Per far fronte a queste sfide, è indispensabile l'adozione di modelli di supply chain altamente flessibili e innovativi, capaci di garantire l'efficienza operativa, la tracciabilità dei prodotti e la soddisfazione delle esigenze dei consumatori.

La gestione della catena del freddo nel settore medico-farmaceutico rappresenta un sistema logistico altamente specializzato, volto a garantire il mantenimento di precise condizioni termiche lungo l'intero percorso di un prodotto, dalla fase produttiva fino alla somministrazione al paziente. Tale processo assume un'importanza cruciale in quanto numerosi farmaci, tra cui vaccini, biofarmaci e prodotti ematici, presentano una spiccata termosensibilità. Esposizioni a temperature al di fuori degli intervalli di tolleranza possono comprometterne significativamente l'efficacia, la sicurezza e la stabilità, con potenziali ripercussioni sulla salute dei pazienti. La catena del freddo, pertanto, richiede un controllo rigoroso e continuo delle temperature, nonché un monitoraggio attento delle relative condizioni ambientali. Ogni fase del processo logistico, dallo stoccaggio ai trasporti, deve essere progettata e implementata in modo da prevenire escursioni termiche e garantire il rispetto dei requisiti stabiliti dalle normative vigenti. L'importanza strategica di una gestione efficiente della catena del freddo medico-farmaceutico si evidenzia considerando le potenziali

¹⁹ Filippo Marini, La logistica del freddo, 2022 pag 98

conseguenze derivanti da eventuali deviazioni termiche: non solo un impatto negativo sulla qualità dei prodotti e sulla sicurezza dei pazienti, ma anche rilevanti perdite economiche dovute allo scarto di prodotti deteriorati e costi aggiuntivi legati alle attività di indagine, segnalazione

Figura 1.6 le principali sfide della catena del freddo medico-farmaceutica



Fonte: ASHP centre innovation 2022

e risoluzione delle non conformità. Secondo degli studi condotti da IQVIA Institute²⁰ i problemi legati alla catena del freddo costano all'industria farmaceutica fino a 35 miliardi di dollari all'anno, incluse le perdite di prodotto.²¹

La Figura 1.6 rappresenta i risultati di uno studio condotto da ASHP Innovation center²² presso farmacie ospedaliere di grandi dimensioni con lo scopo di identificare le principali sfide legate alla gestione della catena del freddo in ambito farmaceutico all'interno di queste strutture. I risultati mostrano che le principali sfide riscontrate sono legate a:

- Capacità e spazio di stoccaggio: difficoltà a gestire lo spazio a disposizione per la conservazione dei farmaci che richiedono temperature controllate

²⁰ IQVIA è una società globale che combina dati, capacità analitiche, tecnologie e competenze per sviluppare il potenziale della Human Data Science. L'obiettivo principale di IQVIA è aiutare aziende e istituzioni a trasformare il sistema sanitario e migliorare la vita dei pazienti giorno dopo giorno. Per maggiori informazioni consultare il seguente link: Chi Siamo | IQVIA (iqviamedicalsalescareers.com)

²¹ ASHP executive forum on cold chain management pag.3

²² L'ASHP Innovation Center è un'iniziativa dell'American Society of Health-System Pharmacists (ASHP) con la missione di promuovere l'innovazione e la trasformazione digitale nell'uso sicuro ed efficace dei farmaci. Per ulteriori informazioni consultare il seguente link: ASHP Innovation Center - ASHP

- Consistenza della consegna dei prodotti: problemi legati alla qualità e all'affidabilità delle consegne
- Controllo e monitoraggio della temperatura: mancanza di sistemi adeguati per monitorare costantemente la temperatura dei prodotti farmaceutici
- Personale: si evidenzia carenza di personale qualificato o una mancanza di formazione specifica per la gestione della catena del freddo
- Risorse economiche: la presenza di vincoli di bilancio che limitano gli investimenti in attrezzature e tecnologie per la gestione della catena del freddo
- Regolamentazioni: la comprensione e l'applicazione delle normative in materia di conservazione dei farmaci potrebbero rappresentare una sfida

Per superare queste sfide, in particolare durante la distribuzione del vaccino COVID-19, è stato fondamentale sfruttare l'esperienza dei sistemi esistenti e formare gli altri sui processi e le opzioni disponibili. La rapida commercializzazione del vaccino Pfizer-BioNTech contro il SARS-CoV-2 ha rappresentato una sfida logistica senza precedenti a livello globale.

La necessità di mantenere il vaccino a temperature ultra-basse ha imposto requisiti stringenti sulla catena del freddo, richiedendo soluzioni innovative e coordinate per garantire una distribuzione efficiente e sicura.

La produzione su larga scala del vaccino ha richiesto un notevole sforzo in termini di capacità produttiva e di controllo qualità. Pfizer ha dovuto adeguare i propri impianti di produzione, implementando tecnologie all'avanguardia per garantire la stabilità del prodotto durante tutte le fasi del processo produttivo.

La distribuzione del vaccino ha richiesto la creazione di una catena del freddo altamente efficiente, in grado di garantire il mantenimento delle temperature ottimali lungo tutta la filiera, dal sito produttivo fino al punto di somministrazione. La collaborazione con i partner locali è stata un elemento chiave per il successo della campagna vaccinale. Pfizer ha sfruttato la sua vasta esperienza nella gestione della catena del freddo e ha collaborato con governi, organizzazioni non governative e aziende private per garantire l'accesso al vaccino anche nelle aree più remote e svantaggiate. I vaccini rappresentano uno strumento essenziale per la

prevenzione e il controllo delle malattie infettive, sia quelle endemiche che quelle emergenti. Tuttavia, eventi come i focolai di Ebola, la pandemia di COVID-19 e la costante minaccia di nuove pandemie hanno evidenziato le lacune esistenti nei sistemi sanitari globali.

La capacità di rispondere efficacemente a queste sfide richiede la costruzione di sistemi sanitari più resilienti, in grado di garantire una produzione, distribuzione e somministrazione tempestiva dei vaccini, anche in contesti critici. Tutti i vaccini sono sostanze biologiche sensibili che sono suscettibili al calore, alla luce e/o al congelamento. L'esposizione del vaccino a temperature inferiori o superiori agli intervalli raccomandati nella catena del freddo può diminuire o far perdere l'efficacia del vaccino. Una volta persa questa, essa non può essere recuperata o ripristinata e il vaccino non fornirà più alcuna protezione contro la malattia target, portando a perdite finanziarie e al rischio di contrarre malattie prevenibili con il vaccino.

Il manuale di gestione dei vaccini dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) e le linee guida del Ministero della Salute di Singapore²³ hanno indicato la sensibilità dei vaccini a tre tipi di condizioni:

- Sensibilità al calore
- Sensibilità al congelamento
- Sensibilità alla luce

Sebbene tutti i vaccini siano sensibili al calore, alcuni vaccini sono più sensibili al calore di altri. I vaccini non cambiano aspetto quando perdono la loro potenza. Un test di laboratorio completo è l'unico mezzo per valutare se un vaccino in una fiala ha perso la sua efficacia.

I seguenti vaccini sono elencati in ordine di sensibilità al calore, dal più sensibile al meno sensibile:

- Vaccino orale contro la poliomielite (OPV)
- Vaccino contro il morbillo
- Vaccino contro la difterite, il tetano e la pertosse
- Vaccino contro la febbre gialla

Altri vaccini sono anche molto sensibili alla luce intensa. Per questi vaccini, l'esposizione alla luce ultravioletta causa la perdita di efficacia, quindi devono sempre essere protetti dalla

²³ MOH Singapore ,Guideline on how to maintain the vaccine cold chain 2005

luce solare o dalla luce fluorescente (neon) Normalmente, questi vaccini sono forniti in fiale fatte di vetro marrone scuro, che fornisce loro una certa protezione dai danni causati dalla luce. Tuttavia, è necessario prendere precauzioni per tenerli protetti dalla luce intensa in ogni momento. Con poche eccezioni, la maggior parte dei vaccini vengono conservati entro il range raccomandato di 2–8 °C. Tuttavia, è importante fare sempre riferimento alle raccomandazioni di conservazione del produttore, poiché queste potrebbero essere significativamente diverse a seconda del tipo di vaccino. Esistono diversi tipi di vaccini, tra cui:

- vaccini inattivati (utilizzano la versione uccisa del germe che causa una malattia);
- vaccini vivi attenuati (utilizzano una forma indebolita o attenuata) del germe che causa una malattia
- vaccini a RNA messaggero (mRNA) (producono proteine per innescare una risposta immunitaria)
- vaccini a subunità, ricombinanti, polisaccaridici e coniugati (utilizzano pezzi specifici del germe, come la sua proteina, zucchero o capsula
- vaccini a vettore virale (utilizzano una versione modificata di un virus diverso come vettore per fornire protezione).

Affinché siano efficaci, tutti i vaccini devono essere mantenuti nelle giuste condizioni e manipolati con le adeguate attrezzature rappresentate da:

- Refrigeratori o freezer
- Termometri
- Data logger di temperatura²⁴
- Cold box²⁵
- Contenitori appositi per vaccini chiamati anche “vaccine carrier”²⁶

²⁴ Un data logger di temperatura è uno strumento elettronico progettato per registrare e memorizzare le variazioni di temperatura nel tempo. (Data logger: che cos'è, come funziona ed esempi applicativi (connectendress.it)

²⁵ è una cassa isolata utilizzata per il trasporto e lo stoccaggio di emergenza di vaccini e ice packs. È disponibile in due dimensioni, grande e piccola. (UNICEF, Cold Chain support Package, 2021)

²⁶ Un vaccine carrier o “contenitore per vaccini o borsa porta vaccini”, è un dispositivo appositamente progettato per trasportare e conservare i vaccini a temperature controllate. È un elemento fondamentale nella catena del freddo, essenziale per mantenere l'efficacia dei vaccini, che sono spesso sensibili alle variazioni di temperatura. . (UNICEF, Cold Chain support Package, 2021)

- Ice packs²⁷

In aggiunta è fondamentale monitorare la temperatura dei vaccini lungo la catena di approvvigionamento. L'OMS²⁸ raccomanda dispositivi di monitoraggio della temperatura in base alla specifica applicazione dell'attrezzatura della catena del freddo e allo scopo previsto del monitoraggio. La tecnologia di monitoraggio della temperatura si sta evolvendo rapidamente dal termometro tradizionale agli indicatori chimici e ai data logger digitali.

I dispositivi di monitoraggio della temperatura utilizzati nelle spedizioni e nelle strutture di stoccaggio di vaccini sono:

- vaccine viral monitors (VVMs)
- cold chain monitor (CCM) cards o “schede di monitoraggio della catena del freddo”
- electronic shipping indicators o “indicatori elettronici delle spedizioni”
- integrated digital thermometers o termometri digitali integrati
- 30-day electronic temperature recorders o “registratore di temperatura elettronico

Figura 1.7 Vaccine carrier & Ice pack



Fonte: UNICEF, Cold Chain support Package, 2021

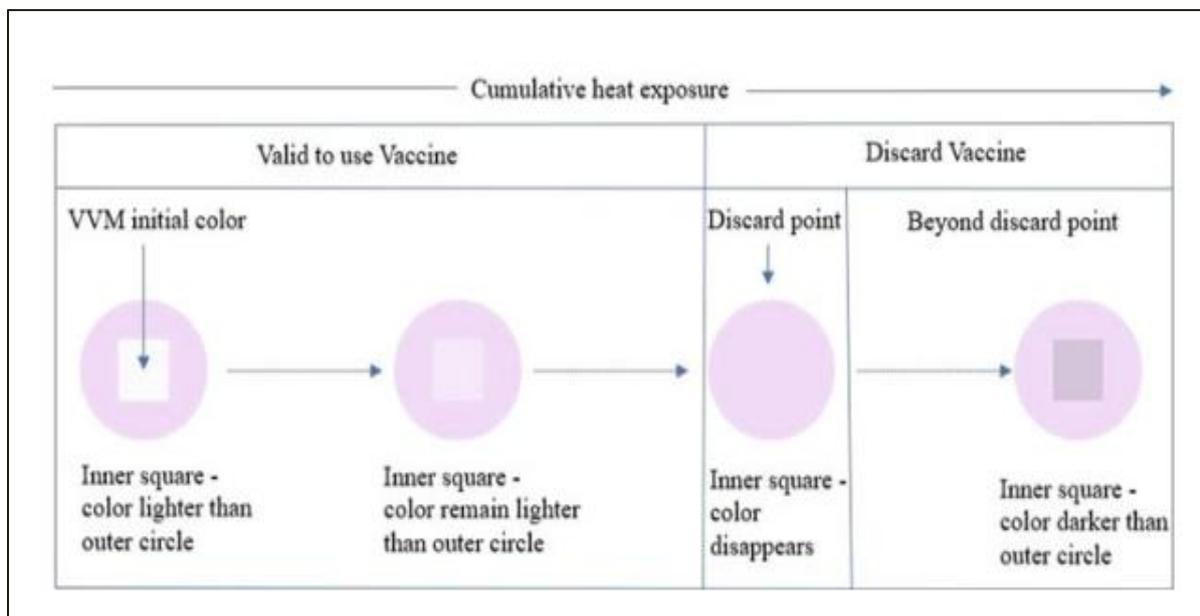
Tra i dispositivi di monitoraggio della temperatura utilizzati nella catena del freddo dei vaccini, i Vaccine Viral Monitors (VVMs) rivestono un ruolo fondamentale.

²⁷ Pacchetti di ghiaccio sono piccoli contenitori di plastica riempiti d'acqua, congelati solidi nel freezer. Vengono posizionati all'interno di una borsa porta vaccini e di una cassa termica per migliorare e mantenere il tempo di conservazione. . (UNICEF, Cold Chain support Package, 2021)

²⁸ Organizzazione mondiale sanità, come monitorare le temperature nella catena di approvvigionamento vaccinale, 2015

Un VVM è un indicatore chimico applicato direttamente sul contenitore primario del vaccino (flaconcino o ampolla) che, attraverso un graduale cambiamento di colore, registra l'esposizione cumulativa a temperature superiori ai limiti di tolleranza.

Figura 1.8 VVM heat exposure



Fonte: Vaccine viral color change sequence, Cold Chain Management, M.M. Aung & Y.S.Chang 2019

La principale funzione dei VVMs è garantire la qualità e la sicurezza dei vaccini, prevenendone la somministrazione in caso di danneggiamento termico. Inoltre, questi indicatori consentono di ottimizzare la gestione delle scorte, permettendo di stabilire una priorità d'uso tra i lotti di vaccini in base al grado di esposizione termica, indipendentemente dalla data di scadenza.

Per assicurare la tracciabilità lungo tutta la catena del freddo, lo stato del VVM deve essere regolarmente verificato e documentato, sia prima della spedizione che all'arrivo nelle strutture sanitarie. In questo modo, è possibile monitorare costantemente le condizioni di conservazione dei vaccini e intervenire tempestivamente in caso di anomalie.

1.4 Le diverse tecniche di conservazione

La conservazione a basse temperature rappresenta un pilastro fondamentale nella moderna gestione della catena del freddo. Per garantire la qualità e la sicurezza di una vasta gamma di prodotti, dall'industria farmaceutica a quella alimentare, è indispensabile

mantenere condizioni termiche rigorosamente controllate. Le tecniche di conservazione a basse temperature sono molteplici e si adattano alle specifiche esigenze di ogni prodotto. Dalla semplice refrigerazione, che rallenta l'attività microbica, al congelamento profondo, che praticamente la arresta, le opzioni sono numerose. La scelta della tecnica più adatta dipende da fattori quali la natura del prodotto, la durata prevista della conservazione e le condizioni ambientali. Le principali tecniche basate sull'applicazione delle basse temperature sono:

- Refrigerazione
- Congelamento
- Surgelazione
- Crioconservazione

Si tratta di metodi fisici ampiamente diffusi in cui le basse temperature pongono i microrganismi in condizioni non più adatte per moltiplicarsi.

1.4.1 La Refrigerazione

La refrigerazione è il processo finalizzato, sottraendo calore, all'abbassamento della temperatura da un ambiente al di sotto della temperatura esterna. La refrigerazione riveste molta importanza nell'industria moderna tra cui:

- Industria alimentare
- Climatizzazione edifici
- Medicina e la biologia per la conservazione di campioni e alcune terapie
- Laboratori di ricerca
- Astronomia per raffreddamento di sensori CCD e CID dei telescopi

È una tecnica ampiamente sfruttata, in particolare per conservare a breve termine ogni tipo di alimento deperibile perché permette di mantenere le sue caratteristiche organolettiche e nutrizionali. La refrigerazione industriale si basa sullo stesso funzionamento del condizionamento dell'aria: il raffreddamento di un fluido, tramite l'evaporazione di un altro fluido detto refrigerante. Il circuito frigorifero, che si compone di evaporatore, compressore, condensatore ed organo di laminazione, costituisce parte integrante di entrambi i sistemi. L'evaporatore è uno scambiatore di calore, che nel caso di utilizzo con aria assomiglia ad un radiatore o nel caso di utilizzo con acqua, è più compatto. Esso permette lo scambio di energia tramite conduzione tra il refrigerante che evapora e l'aria che si raffredda.

Il refrigerante in uscita sarà un gas surriscaldato con temperatura superiore a quella di conservazione.

Il compressore è un meccanismo di compressione volumetrica basato su sistemi rotativi o alternativi. La sua funzione è quella di far circolare il fluido refrigerante all'interno del circuito, quindi di aspirarlo allo stato di gas dall'evaporatore e comprimerlo aumentandone la pressione verso il condensatore. Il compressore viene attivato quando viene richiesta alla macchina la produzione di freddo solitamente attraverso sistemi di termostatazione. Il condensatore è uno scambiatore di calore analogo all'evaporatore, di dimensioni leggermente maggiori, anch'esso in forma di batteria alettata, piastre o fascio tubiero. Permette lo scambio di energia tra l'aria esterna, forzata tramite ventole e il refrigerante in forma di gas caldo in uscita dal compressore. Il refrigerante si raffredderà, condenserà a temperatura e pressione pressoché costanti e successivamente subirà un leggero sotto raffreddamento. In uscita quindi avremo refrigerante liquido ad alta pressione e temperatura leggermente inferiore alla temperatura di condensazione.

Infine, l'organo di laminazione è costituito da un orificio calibrato, un tubo capillare di diametro ridotto o una valvola di regolazione di tipo meccanico o motorizzata comandata da microprocessore. La strozzatura creata dall'organo di laminazione consente di abbassare la pressione del refrigerante liquido proveniente dal condensatore senza alcuno scambio di energia. Il refrigerante liquido torna a bassa pressione e bassa temperatura, pronto per evaporare di nuovo e ripetere il ciclo. I principali dispositivi che si trovano nella refrigerazione commerciale ed industriale sono:

- Celle frigorifere
- Banchi frigoriferi da esposizione
- Frigoriferi usati nelle cucine industriali comprendenti anche celle di stagionatura e celle di ferma lievitazione
- Frigoriferi per prodotti farmaceutici
- Abbattitori
- Container frigoriferi o "reefer"

Questi si differenziano tra loro per l'estetica e per le capacità di raffreddamento richieste che a volte, come nel caso degli abbattitori richiedono elevate performance per periodi di tempo anche molto limitati.

1.4.2 Congelamento

Questo procedimento consiste nel sottoporre l'alimento a temperature molto basse sotto gli 0°C per provocare la cristallizzazione dell'acqua e la solidificazione del prodotto stesso. Il congelamento può essere:

- Lento: se la temperatura oscilla tra i -8°C/-20°C. si formano dei macro cristalli di ghiaccio che rompono le membrane cellulari che formano l'alimento, incidendo negativamente sulle caratteristiche sensoriali di questo una volta scongelato
- Rapido: in cui l'alimento viene sottoposto a temperature di almeno -30°C: si formano micro cristalli di ghiaccio che non rompono le membrane cellulari e quindi si minimizzano le perdite nutritive e sensoriali

Il processo di congelazione si svolge in due fasi:

- Nucleazione: i cristalli di ghiaccio si formano appena si oltrepassa il punto di congelamento
- Accrescimento: i cristalli formati nella prima fase diventano sempre più grandi , fino alla totale solidificazione del prodotto

Al momento dello scongelamento si verifica una perdita parziale dei valori nutritivi e organolettici , in particolare negli alimenti con struttura cellulare meno resistente o danneggiata durante il congelamento lento.

1.4.3 Surgelazione

Surgelare significa sottoporre i prodotti a un procedimento esclusivamente industriale , grazie al quale con appositi macchinari, alimenti freschi vengono velocemente portati a basse temperature , inferiori al -18°C. questo garantisce che i cristalli di ghiaccio che si formano rimangano di piccole dimensione e non intacchino la struttura cellulare. In questo modo non ci saranno perdite di liquidi e sostanze nutritive , né modifiche importanti al sapore.

La surgelazione è uno dei migliori sistemi di conservazione se è seguita da uno scrupoloso rispetto della catena del freddo in tutto il percorso che il prodotto compie per

arrivare integro sulla tavola del consumatore. La surgelazione offre numerosi vantaggi rispetto ad altre tecniche di conservazione:

- Prolungamento della vita commerciale del prodotto: Gli alimenti surgelati possono essere conservati per periodi molto lunghi senza perdere le loro caratteristiche organolettiche
- Preservazione delle sostanze nutritive: Grazie alla rapida formazione di piccoli cristalli di ghiaccio, la surgelazione limita la perdita di vitamine, minerali e altre sostanze nutritive
- Riduzione degli scarti alimentari: La surgelazione permette di conservare gli alimenti in eccesso, riducendo gli sprechi

1.4.4 Crioconservazione

La criogenia, disciplina che studia la produzione e l'utilizzo di temperature estremamente basse, riveste un ruolo cruciale in diversi ambiti scientifici e tecnologici. In particolare, nel settore biomedico, la crioconservazione rappresenta una tecnica fondamentale per la conservazione a lungo termine di cellule, tessuti e organi. La crioconservazione si basa sul principio che, abbassando la temperatura di un campione biologico a valori criogenici (generalmente utilizzando azoto liquido a -196°C)²⁹, è possibile rallentare o arrestare completamente i processi metabolici, prolungandone significativamente la vitalità. La procedura di crioconservazione si articola in diverse fasi:

- Addizione di crioprotettori: prima del congelamento, al campione biologico vengono aggiunti agenti crioprotettori. Queste sostanze, come il dimetilsolfossido (DMSO)³⁰ o il glicerolo, penetrano all'interno delle cellule, riducendo la formazione di cristalli di ghiaccio intracellulare, che potrebbero danneggiare le membrane cellulari e le strutture interne

²⁹ I tipici punti di ebollizione di questi gas detti criogenici come elio, idrogeno, neon, azoto, ossigeno, stanno al di sotto dei -196°C . la scoperta di nuovi materiali superconduttori con temperature critiche molto più alte del punto di ebollizione dell'azoto liquido ha consentito di produrre a basso costo liquidi refrigerati con temperature più alte dell'azoto liquido. (Filippo Marini, La logistica del freddo, 2022)

³⁰ È un particolare solvente che può penetrare le membrane biologiche senza causare danni significativi

- Raffreddamento controllato: il campione viene sottoposto a un raffreddamento graduale, seguendo una curva di raffreddamento specifica. Questa fase è cruciale per evitare la formazione di cristalli di ghiaccio di grandi dimensioni, che potrebbero causare danni irreversibili
- Immersione in azoto liquido: una volta raggiunta la temperatura desiderata, il campione viene immerso in azoto liquido, dove verrà conservato fino al momento del suo utilizzo
- Riscaldamento e ripristino dell'attività biologica: per utilizzare il campione crioconservato, è necessario seguire una procedura di riscaldamento controllato, che consente di rimuovere i crioprotettori e ripristinare l'attività biologica delle cellule

La crioconservazione rappresenta una tecnica di fondamentale importanza nel campo della medicina rigenerativa. Essa trova ampio impiego nella conservazione di cellule staminali, tessuti e organi, destinati alla terapia cellulare e alla rigenerazione tissutale. Inoltre, la crioconservazione supporta la ricerca scientifica, consentendo la preservazione a lungo termine di linee cellulari e campioni biologici per approfonditi studi futuri.

1.5 I diversi impatti della catena del freddo

La catena del freddo, se non gestita correttamente, può avere conseguenze a cascata che vanno oltre la semplice perdita di qualità del prodotto. Gli impatti si estendono a livello sociale, con potenziali rischi per la salute pubblica legati alla proliferazione di patogeni alimentari e alla diffusione di malattie trasmesse da alimenti contaminati. A livello economico, le interruzioni della catena del freddo comportano significative perdite finanziarie dovute allo scarto di prodotti deteriorati, all'aumento dei costi di produzione e alla perdita di fiducia dei consumatori. Inoltre, l'inefficienza della catena del freddo contribuisce allo spreco alimentare su scala globale, con gravi ripercussioni ambientali legate all'utilizzo di risorse naturali e all'emissione di gas serra.

1.5.1 Impatto economico e sociale

La catena del freddo, sebbene essenziale per garantire la sicurezza alimentare, può diventare un anello debole se non gestita correttamente. Le interruzioni o le fluttuazioni termiche lungo questa catena possono favorire lo spreco alimentare e la proliferazione di microrganismi patogeni, aumentando il rischio di malattie. Le conseguenze di tali eventi si ripercuotono non solo sulla salute pubblica, ma anche sull'economia, con costi elevati per la sanità, perdite per le imprese e una riduzione della produttività.

L'organizzazione Mondiale della Sanità ha affermato che le malattie di origine alimentare non solo influenzano significativamente la salute e il benessere delle persone, ma hanno anche conseguenze economiche per individui, famiglie, comunità, imprese e paesi.³¹ Del totale di cibo prodotto per il consumo umano, si stima che il 14% venga perso mentre il 17% venga sprecato, con un costo stimato per l'economia globale di 936 miliardi di dollari all'anno.³² L'assenza di una solida catena del freddo durante la lavorazione, l'imballaggio, la distribuzione e il consumo degli alimenti è un fattore chiave che contribuisce alla perdita di cibo. Nel 2017, solo il 45% di prodotti deperibili che necessitavano di refrigerazione a livello globale è stato effettivamente refrigerato e questo ha direttamente portato alla perdita di 526 milioni di tonnellate di produzione alimentare, pari al 12% del totale globale³³.

Questa quantità sarebbe sufficiente per nutrire circa 1 miliardo di persone in un mondo dove 811 milioni di persone sono affamate e 3 miliardi non possono permettersi una dieta sana³⁴. La perdita di cibo è particolarmente elevata nei paesi in via di sviluppo che ospitano quasi l'80% delle terre agricole raccolte nel mondo ma refrigerano solo circa il 20% degli alimenti deperibili che producono rispetto al 60% nei paesi sviluppati³⁵.

L'assenza di catene del freddo robuste per mantenere la stabilità alimentare ha conseguenze sui mezzi di sussistenza e sulla salute delle persone, contribuendo a sfide legate alla sicurezza alimentare e alla nutrizione.

La perdita di cibo durante il periodo post-raccolta riduce il reddito di 470 milioni di piccoli agricoltori fino al 15%.³⁶

³¹ Cold Management Chain, M.M. Aung & Y.S. Chang, pag 32

³² Sustainable Cold Chain, Food and Agriculture Organization of the United Nation, 2022

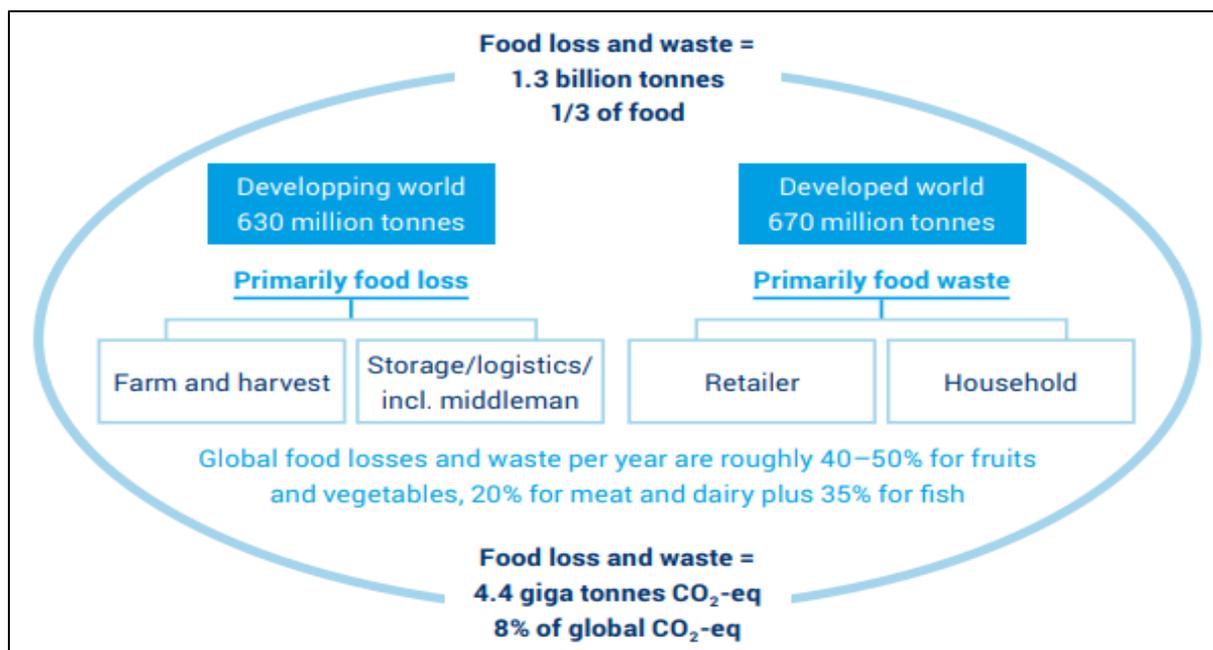
³³ International Institute of Refrigeration (2021a). Annex – The Carbon Footprint of the Cold Chain, 7th Informatory Note on Refrigeration and Food.

³⁴ Sustainable Cold Chain, Food and Agriculture Organization of the United Nation, 2022

³⁵ International Institute of Refrigeration (2020a). The Role of Refrigeration in Worldwide Nutrition, 6th Informatory Note on Refrigeration and Food. March.

³⁶ Rockefeller Foundation (2013). Waste and Spoilage in the Food Chain. New York

Figura 1.9 Food loss & waste



Fonte: FAO, Sustainable cold chain and food loss reduction 2023

Nel frattempo, una dieta povera causa una morte su cinque a livello globale e circa 600 milioni di persone (quasi 1 su 10) si ammalano a causa di malattie di origine alimentare, con 420.000 di loro che muoiono ogni anno, in parte a causa della mancanza di una catena del freddo funzionante.³⁷

La figura 13 offre una panoramica sconcertante sullo spreco alimentare globale e mostra come un terzo di tutto il cibo prodotto nel mondo, pari a circa 1.3 miliardi di tonnellate, venga perso o sprecato lungo la catena alimentare. In particolare, nei paesi in via di sviluppo, lo spreco alimentare avviene principalmente nelle prime fasi della produzione, durante la coltivazione e la raccolta. Mentre nei paesi sviluppati, invece, si concentra maggiormente nelle fasi finali della catena, ovvero nei punti di vendita e nella fase di consumo. Questo è legato soprattutto ad una gestione inappropriata della catena del freddo che è fondamentale per preservare la qualità dei prodotti deperibili evitando gli importanti sprechi alimentari.

La frutta e verdura sono particolarmente colpite, con perdite che possono arrivare fino al 50%. Anche carne, latte e pesce sono soggetti a significative perdite lungo la catena alimentare. La produzione di cibo che poi viene scartato, consuma ingenti quantità di risorse naturali come

³⁷ World Health Organization (2021). Food safety

acqua, terra e energia, contribuendo al cambiamento climatico. Lo spreco alimentare è responsabile di circa l'8% delle emissioni globali di gas serra.

1.5.2 Impatto ambientale

La catena del freddo rappresenta una delle principali fonti di emissioni di gas serra legate al settore alimentare, contribuendo in modo significativo al cambiamento climatico. La sua dipendenza da fonti energetiche fossili e l'elevato consumo energetico la rendono un ostacolo significativo al raggiungimento degli obiettivi climatici globali.

Il mantenimento di questi modelli produttivi comporterebbe un aumento delle emissioni di CO₂, compromettendo gli sforzi per limitare il riscaldamento globale entro 1,5°C, come stabilito dall'Accordo di Parigi. Le emissioni generate dagli impianti della catena del freddo alimentare hanno una duplice origine. Da un lato, vi sono le emissioni indirette, associate al consumo di energia elettrica necessaria per far funzionare le attrezzature di refrigerazione e al consumo di combustibili fossili per alimentare i mezzi di trasporto refrigerati e i generatori di emergenza.

Dall'altro lato, si registrano emissioni dirette, causate dalle fughe di gas refrigeranti nell'atmosfera durante le operazioni di manutenzione, riparazione o a causa di perdite accidentali. Secondo una stima, la refrigerazione nei supermercati rappresenta fino al 4% del consumo totale di elettricità nei paesi sviluppati³⁸. La produzione di questa elettricità rilascia emissioni equivalenti a CO₂ che contribuisce al riscaldamento globale, specialmente se l'elettricità è generata da fonti di combustibili fossili ad alta intensità di carbonio.

Il trasporto refrigerato incide significativamente sulle emissioni legate al consumo di carburante. Non solo i motori dei veicoli, ma anche le unità di refrigerazione stesse contribuiscono in modo sostanziale a questo problema. Come sottolineato da Liquid Air Energy Network³⁹, un'unità di refrigerazione può consumare fino al 20% del carburante diesel di un veicolo refrigerato. Parallelamente, le perdite di gas refrigeranti durante l'uso e la manutenzione delle attrezzature, così come durante lo smaltimento, amplificano l'impatto ambientale, contribuendo direttamente al problema dell'inquinamento.

Le perdite di refrigerante hanno un impatto significativo sulle emissioni totali della refrigerazione, poiché alcuni di questi, ampiamente utilizzati oggi hanno un alto potenziale di

³⁸ Environmental Investigation Agency (2021a). Technical Report on Energy Efficiency in HFC-Free Supermarket Refrigeration. London

³⁹ Liquid Air Energy Network (2014). Liquid Air on the Highway: The Environmental and Business Case for Liquid Air Commercial Vehicles in the UK

riscaldamento globale e sono centinaia o migliaia di volte più potenti della CO₂.⁴⁰ In totale, circa l'80% delle emissioni di gas serra derivanti dalla refrigerazione, dall'aria condizionata e dai sistemi di pompe di calore è associato alle emissioni indirette legate all'uso di energia, mentre il 20% è associato alle emissioni dirette derivanti dall'uso dei refrigeranti.⁴¹ Oltre a contribuire al riscaldamento globale, la fuoriuscita di alcuni refrigeranti provoca anche il problema del buco dell'ozono. In base al Protocollo di Montreal del 1987, le sostanze che danneggiano l'ozono, come i clorofluorocarburi (CFC) e gli idroclorofluorocarburi (HCFC), sono state perlopiù eliminate a livello globale⁴². Nel frattempo, gli idrofluorocarburi (HFC), sviluppati come sostituti degli HCFC, hanno un potenziale di esaurimento dell'ozono pari a zero, ma alcuni HFC hanno un potenziale di riscaldamento globale molto elevato. Il mercato della refrigerazione odierno si basa su circa 16 HFC puri e 30 miscele, con potenziali di riscaldamento globale che vanno da meno di 100 a quasi 15.000 GWP.⁴³ Studi suggeriscono che mantenere i prodotti freddi durante il trasporto nella catena del freddo ha rappresentato il 7% del consumo globale di HFC nel 2010, il che corrisponde al 4% dell'impatto globale totale del riscaldamento dovuto al trasporto di tutte le merci incluso il trasporto non refrigerato.⁴⁴ I dati disponibili suggeriscono che, complessivamente, le attrezzature della catena del freddo alimentare hanno contribuito con 261 milioni di tonnellate di emissioni equivalenti a CO₂ nel 2017⁴⁵. Se a questo si aggiungono le emissioni dovute alla perdita e allo spreco di cibo causati dalla mancanza di refrigerazione (stimati in 1.004 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente), allora il totale combinato delle emissioni di gas serra associate alla catena del freddo alimentare globale è stimato in 1.265 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente, ovvero circa il 4% delle emissioni globali totali di gas serra⁴⁶. Tuttavia, sono necessari ulteriori dati per stimare con precisione le emissioni di gas serra provenienti dalla catena del freddo alimentare. Nei prossimi decenni, le emissioni provenienti dagli impianti della catena del freddo alimentare sono destinate a crescere significativamente con l'arrivo di nuove capacità della catena del freddo

⁴⁰ Dearman (2015). Liquid Air on the European Highway

⁴¹ Ozone Secretariat (2018). Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Options Committee. 2018 Assessment Report

⁴² United Nations Environment Programme (2018). About Montreal Protocol. OzonAction, 29 October 2020

⁴³ Il GWP è l'acronimo di Global Warming Potential, ovvero Potenziale di Riscaldamento Globale. È un indice che misura la capacità di un gas serra di intrappolare il calore nell'atmosfera terrestre e contribuire così al riscaldamento globale.

⁴⁴ US Environmental Protection Agency (2011). Transitioning to Low-GWP Alternatives in Transport Refrigeration

⁴⁵ International Institute of Refrigeration (2021a). Annex – The Carbon Footprint of the Cold Chain, 7th Informatory Note on Refrigeration and Food.

⁴⁶ International Institute of Refrigeration (2021a). Annex – The Carbon Footprint of the Cold Chain, 7th Informatory Note on Refrigeration and Food. A

nei paesi in via di sviluppo, specialmente se questa infrastruttura viene realizzata seguendo modelli convenzionali. Ad esempio, in India, si prevede che le emissioni della catena del freddo alimentare raddoppieranno entro il 2027 in assenza di interventi.⁴⁷ L'espansione della catena del freddo alimentare, pur contribuendo alla riduzione degli sprechi alimentari, comporta anche un aumento delle emissioni di gas serra. Tuttavia, l'impatto ambientale della catena del freddo va oltre le sole emissioni climalteranti. Le attività di imballaggio generano infatti ingenti quantità di rifiuti, tra cui materiale organico e acque di lavaggio contaminate da residui chimici. È pertanto necessario adottare un approccio olistico alla sostenibilità, che tenga conto di tutti gli impatti ambientali della catena del freddo, dalla produzione primaria allo smaltimento dei rifiuti. Solo in questo modo sarà possibile ottimizzare i benefici della catena del freddo, minimizzandone i costi ambientali.

⁴⁷ Kumar, S., Sachar, S., Goenka, A., Kasamsetty, S. and George, G. (2018). Demand Analysis for Cooling by Sector in India in 2027. New Delhi: Alliance for an Energy Efficient Economy

CAPITOLO II

TECNOLOGIE E PROCESSI LUNGO LA CATENA DEL FREDDO: UN'ANALISI DEGLI ANELLI CHIAVE

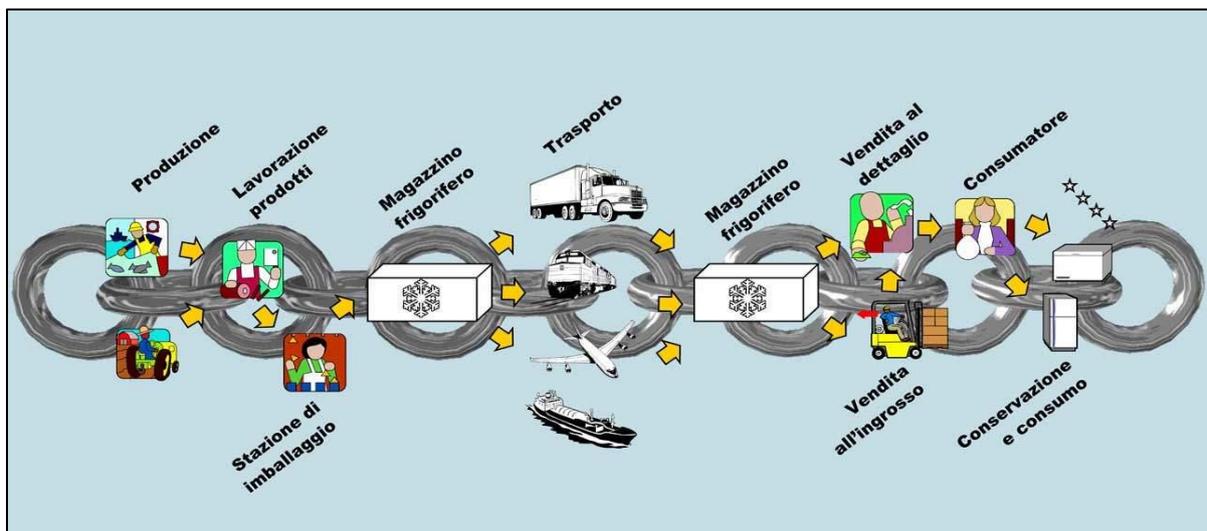
La logistica della catena del freddo è un sistema critico e complesso progettato per garantire che i prodotti sensibili alla temperatura, come alimenti freschi, farmaci e prodotti biologici, mantengano la loro integrità e sicurezza lungo tutto il processo di distribuzione. Questa catena è composta da una serie di anelli interconnessi che lavorano in sinergia per mantenere una temperatura controllata e costante, dal punto di origine fino al consumatore finale.

- **Produzione e Imballaggio:** in questa fase, è essenziale che i beni siano preparati e confezionati in modo tale da preservare la loro freschezza e qualità. Imballaggi specializzati e materiali refrigeranti sono utilizzati per garantire che i prodotti rimangano a una temperatura ottimale durante il trasporto.
- **Stoccaggio e Magazzinaggio:** dopo l'imballaggio, i prodotti vengono stoccati in magazzini refrigerati. Questi impianti devono essere dotati di sistemi di controllo della temperatura avanzati per monitorare costantemente e mantenere le condizioni ideali. Il magazzinaggio corretto è cruciale per prevenire la degradazione dei prodotti e garantire che rimangano sicuri fino alla loro distribuzione.
- **Trasporto:** il trasporto rappresenta un anello fondamentale nella catena del freddo. I veicoli refrigerati, come camion frigorifero e container refrigerati, sono utilizzati per spostare i prodotti tra diverse località. Ogni spostamento deve essere monitorato

attentamente per garantire che la temperatura rimanga costante e che non ci siano interruzioni nella catena del freddo.

- Distribuzione e Vendita una volta arrivati ai punti di distribuzione o vendita, i prodotti devono essere gestiti con attenzione per mantenere la loro qualità. I centri di distribuzione e i punti vendita devono essere equipaggiati con strutture di refrigerazione adeguate e protocolli operativi per gestire i prodotti in modo sicuro e tempestivo.
- Consumatore Finale: l'ultimo anello della catena del freddo è rappresentato dal consumatore finale. Anche se la catena del freddo ha preservato la qualità del prodotto fino al punto di vendita, è fondamentale che i consumatori gestiscano i prodotti correttamente a casa, rispettando le indicazioni di conservazione e utilizzo per garantire la sicurezza alimentare e l'efficacia dei farmaci.

Figura 2.1 Cold Chain



Fonte: [catena_freddo \(centrogalileo.it\)](http://catena_freddo.centrogalileo.it)

Ogni anello della catena del freddo deve funzionare perfettamente per garantire che i prodotti sensibili alla temperatura raggiungano i consumatori nella loro migliore condizione possibile. La gestione e l'ottimizzazione di questa catena richiedono una pianificazione accurata, tecnologia avanzata e un'attenzione continua ai dettagli. In questo capitolo, esploreremo dettagliatamente ciascuno di questi anelli, analizzando le sfide e le soluzioni associate alla gestione della catena del freddo e come questi elementi interagiscono per mantenere l'integrità dei prodotti sensibili alle temperature.

2.1 Luogo di produzione: Magazzini e celle refrigerate

La logistica del freddo ha inizio nello stabilimento di produzione, dove vengono lavorati i prodotti per poi metterli in commercio. Il reparto di produzione generalmente condivide lo spazio nello stesso locale con un magazzino refrigerato posizionato alla fine della linea di produzione. In questo caso, si tratta di un ambiente equipaggiato con scaffalature attrezzate con sistemi di automazione e informatizzazione delle attività per la conservazione, e viene utilizzato fino al momento della spedizione del prodotto finito. Avere un magazzino integrato nel reparto di produzione consente di evitare un primo trasferimento dei prodotti attraverso vani o corridoi di raccordo fra i vari ambienti che potrebbero non essere adeguatamente refrigerati o isolati, rischiando così di compromettere la qualità della merce. I magazzini refrigerati sono impianti in cui è presente un complesso di celle frigorifere che permettono lo stoccaggio, la preparazione e la manipolazione di prodotti deperibili. Se necessario lo stesso magazzino può essere progettato come un'unica grande cella che occupa l'intera superficie disponibile. I magazzini refrigerati sono un elemento essenziale della catena del freddo, in quanto consentono di lavorare a temperatura controllata e assicurano la corretta conservazione dei prodotti. I magazzini refrigerati e celle frigorifere sono abitualmente costruiti con materiali isolanti che permettono di azzerare quasi totalmente le perdite di temperatura.

Gli isolanti termici sono materiali resistenti al passaggio del calore che creano una barriera evitando la trasmissione dell'energia. In questo modo, si mantiene l'interno del magazzino o della cella frigorifera alla temperatura desiderata. Nella seconda metà del XX secolo, data la crescente domanda di celle frigorifere a livello industriale e l'espansione della tecnologia, furono progettati i pannelli sandwich. L'uso di tali pannelli ha portato un grande avanzamento nel settore della costruzione e dell'isolamento, poiché uniscono in un unico prodotto una serie di vantaggi:

- Modularità in quanto sono facili da trasportare.
- Offrono un'ampia gamma di spessori del nucleo e di lamiere metalliche di rivestimento delle facciate
- Eccellenti proprietà meccaniche
- Ottima barriera al vapore
- Elevata resistenza al passaggio di calore
- Finiture igienico/sanitarie di facile pulizia e resistenti alle aggressioni di microrganismi
- Costo di implementazione moderato

Questi pannelli sandwich sono costituiti da un nucleo isolante in poliuretano (PUR)¹, unito a due strati di copertura esterna che possono essere metallici, generalmente di acciaio o di alluminio. I magazzini refrigerati possono essere classificati in base ai sistemi di stoccaggio (automatici o manuali) o alla struttura (autoportanti o meno). Tuttavia, la classificazione più comune dipende dalla regolazione della temperatura nell'impianto, così suddivisa:

- Refrigerazione: magazzini a temperatura controllata compresa tra 0 e 10 °C, utilizzati soprattutto nel settore medico e farmaceutico.
- Congelamento: celle frigorifere che mantengono una temperatura controllata compresa tra -30 °C e 0 °C, sono diffusi soprattutto nell'industria degli alimenti surgelati.

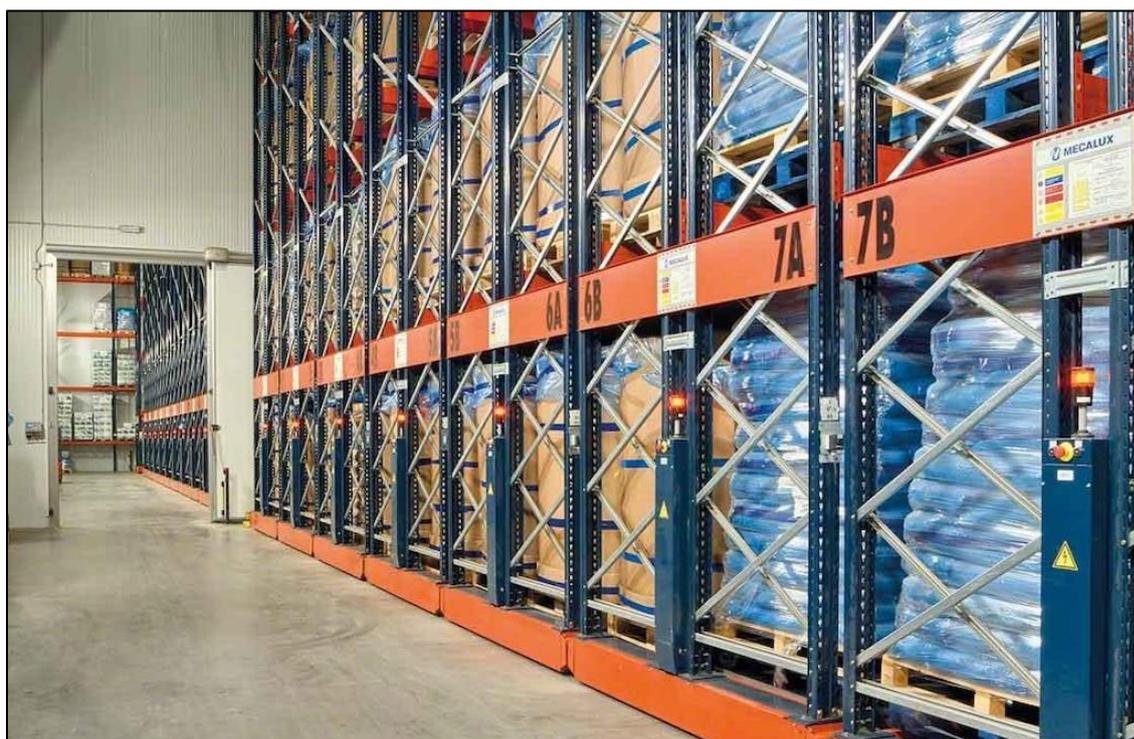
In un magazzino possono convivere diversi prodotti che richiedono standard di conservazione differenti. Quando le differenze sono semplicemente fisiche, si prendono in esame i diversi tipi di scaffalature per scegliere il modello più adatto al tipo del prodotto. Quando invece si gestiranno referenze che richiedono temperature di conservazione differenti, la temperatura sarà legata alla funzione che svolge una specifica area. Gran parte delle aziende che operano in questo settore generalmente optano per due soluzioni:

- Magazzini compattabili refrigerati
- Magazzini autoportanti refrigerati

Il magazzino compattabile è costituito da scaffalature disposte su basi mobili inserite su apposite guide (binari) con la possibilità di muoversi in senso trasversale. A differenza di uno scaffale porta pallet, questo sistema consente di eliminare i corridoi fra le varie file di scaffali che vengono invece aperti a dovere una alla volta solo quando è necessario permettendo così di ottimizzare lo spazio a disposizione in magazzino.

¹ Il poliuretano è una schiuma rigida cellulare composta da due liquidi, il poliolo e l'isocianato, presenti in proporzioni diverse, con uno schiumogeno e altri additivi. La schiuma che si forma e che normalmente ha una densità di 40kg/m³, aderisce alle due facciate del pannello, che sono generalmente lamiera di acciaio zincato rifinito con verniciatura in poliestere di silicone. Queste lamiera hanno uno spessore che vanno dai 0,5mm – 0,7 mm e sono profilate con una finitura grecata che le rende più resistenti e rigide. La congiunzione longitudinale dei pannelli è uno degli elementi più delicati e richiede molta attenzione durante il montaggio. L'unione dei diversi pannelli sandwich dev'essere assicurata con una precisione nel montaggio ed essere sigillata a dovere per evitare il passaggio di calore l'entrata di vapore acqueo e la creazione di ponti termici. Il ponte termico è quella zona locale limitata dell'involucro edilizio che presenta una densità di flusso termico maggiore rispetto agli elementi costruttivi adiacenti. (Filippo Marini, La logistica del freddo, 2022)

Figura 2.2 Magazzino refrigerato Compattabile



Fonte: [Magazzini frigoriferi: tra efficienza e sostenibilità - Mecalux.it](https://www.mecalux.it)

Le basi, dotate di motori, si spostano lungo le rotaie, azionate tramite un telecomando o pulsantiera. Tuttavia i tempi di movimentazione della scaffalatura sono molto lunghi per evitare ad esempio che movimenti troppo bruschi della struttura facciano cadere i prodotti stoccati. Il sistema è più indicato per lo stoccaggio di elevati volumi di prodotti che richiedono essere conservati a temperatura controllata. Se da un lato gli scaffali compattabili hanno il vantaggio di consentire lo stoccaggio di un gran numero di unità di carico, con un'ottima capacità di saturazione dello spazio, dall'altro presentano due limiti evidenti:

- Una netta perdita della flessibilità, come diretta conseguenza della sua compattezza, il che impone cambiamenti all'organizzazione sia nelle attività interne al magazzino che nel metodo di stoccaggio della merce.
- Una notevole lentezza nell'apertura dei corridoi, che costringe a stoccare la merce con una logica molto precisa, basata su variabili come la frequenza con cui un prodotto viene prelevato, con la possibilità di gestire l'accesso ai corridoi in precise fasce orarie o per giornate. Diventando difficile far fronte a ordini urgenti e non pianificati.

I magazzini autoportanti sono invece composti da scaffali che sorreggono il tetto e le pareti dell'edificio.

Figura 2.3 Magazzino Autoportante verticale



Fonte: Magazzini autoportanti / Scaffalature autoportanti - Mecalux.it

Le scaffalature autoportanti vengono installate su una platea in cemento armato, in modo da sostenere il peso degli scaffali e delle merci stoccate, sopportare le sollecitazioni dinamiche delle macchine movimentatrici e svolgere in sicurezza la funzione di sostegno di tutto l'edificio. Lo sviluppo verticale aumenta notevolmente il volume utile e di conseguenza riduce, a pari capacità di stoccaggio, l'area occupata dal magazzino rispetto alla superficie totale dello stabilimento. L'altezza ottimale di questi edifici è compresa tra 18 e 24 metri, ma possono spingersi fino ai 40 metri. Dal punto di vista economico, la soluzione autoportante diventa conveniente e più velocemente ammortizzabile dati gli elevati costi per la loro realizzazione. Questi magazzini di solito sono progettati e realizzati abbinando alla struttura trasloelevatori o navette per effettuare prelievi automatici e rapidi della merce senza operatori.

Figura 2.4 Shuttle pallet con trasloelevatore



Fonte: Magazzini refrigerati: progettazione e automazione - Mecalux.it

La testata degli scaffali sarà poi corredata da un sistema di nastri trasportatori o rulli che porteranno le merci prelevate verso la zona di spedizione. La presenza dei sistemi automatici in magazzino migliora l'efficienza operativa e le fasi di movimentazione dei carichi, specie in ambienti a temperatura controllata o modificata. Ai sistemi traslo elevatori per pallet o ai sistemi di trasporto orizzontale, possono essere aggiunti:

- **Pallet Shuttle:** navette forcabili che, collocate sotto il pallet, lo sollevano tramite un sistema di pistoni e si spostano fino a posizionarlo nel primo posto disponibile nella corsia di uno scaffale di tipo drive in; fatto ciò, la navetta satellite torna al punto di partenza per procedere allo stoccaggio dei pallet successivi. Questo sistema accelera le operazioni di deposito e prelievo riducendo l'attività di movimentazione dei carrellisti.
- **Voice Picking:** Ogni operatore è in possesso di un terminale dotato di auricolari e microfono, il che gli consente di avere sempre entrambe le mani libere. Ciò agevola le attività nei magazzini refrigerati dove gli operatori indossano ingombranti guanti imbottiti e possono quindi evitare di usare scanner o digitare codici su terminali.

2.2 Il precooling

Il preraffreddamento, o pre-cooling, rappresenta una fase cruciale nel processo post-raccolta dei prodotti ortofrutticoli. Applicato immediatamente dopo la raccolta, questo trattamento consiste nella rapida rimozione del calore accumulato dai frutti e dalle verdure durante la crescita e l'esposizione al sole. L'obiettivo primario è quello di minimizzare le perdite di qualità, prolungando la shelf-life dei prodotti e preservandone le caratteristiche organolettiche. Il preraffreddamento agisce rallentando i processi fisiologici e biochimici che causano il deterioramento dei prodotti ortofrutticoli. Riducendo la temperatura interna, si inibisce la respirazione cellulare, la traspirazione e la produzione di etilene. Di conseguenza, si osserva una riduzione della perdita di peso, un ritardo nella maturazione e una minore suscettibilità all'attacco di microrganismi. I benefici del preraffreddamento sono molteplici:

- Prolungamento della shelf-life: Aumentando la durata di conservazione dei prodotti.
- Miglioramento della qualità organolettica: Preservando il colore, il sapore, la consistenza e il valore nutrizionale.
- Riduzione degli scarti alimentari: Minimizzando le perdite lungo la filiera.
- Aumento del valore commerciale: Grazie a prodotti di maggiore qualità e durata

Secondo Mercier² esistono diverse tecniche di preraffreddamento, ciascuna con specifiche caratteristiche e applicazioni:

- Raffreddamento ad aria forzata: è un processo di trasferimento termico che sfrutta la convezione forzata per abbassare la temperatura interna di un prodotto. Un flusso d'aria fredda, viene convogliato in modo controllato intorno al prodotto, creando un gradiente termico che induce il trasferimento di calore dal prodotto all'aria. La velocità e la temperatura dell'aria sono parametri cruciali che influenzano l'efficacia del processo: un aumento della velocità dell'aria e una diminuzione della sua temperatura accelerano significativamente la velocità di raffreddamento.
- Raffreddamento ad acqua: sfrutta invece l'acqua fredda per abbassare rapidamente la temperatura di prodotti confezionati in pallet o grandi contenitori, preparandoli così per le successive fasi di lavorazione o stoccaggio.

² Mercier et al.(2017), Time -temperature management along the food cold chain

- Raffreddamento in ambiente o “Room Cooling”: Questo metodo, seppur più lento rispetto ad altre tecniche, sfrutta la trasmissione del freddo dall'ambiente circostante al prodotto, garantendo un raffreddamento graduale e uniforme.
- Raffreddamento sottovuoto: Questa tecnica, basata sull'evaporazione a bassa temperatura dell'acqua contenuta nel prodotto, permette di ottenere cali termici significativi in tempi molto brevi, preservando al meglio la qualità e la freschezza
- Raffreddamento criogenico: Utilizza azoto liquido o ghiaccio secco per raggiungere temperature estremamente basse e un raffreddamento istantaneo.

Il preraffreddamento è una pratica in continua evoluzione. Le nuove tecnologie e i sistemi di controllo sempre più sofisticati consentono di ottimizzare i processi e di ridurre i costi. In futuro, si prevede un'ulteriore diffusione di questa pratica, grazie alla crescente consapevolezza dei consumatori sull'importanza della qualità e della freschezza dei prodotti alimentari³.

2.3 La fase di confezionamento

Il confezionamento dei prodotti deperibili è l'operazione in cui viene applicata ad un prodotto alimentare una protezione fisica, chiamata imballaggio al fine di annullare o minimizzare l'influenza dell'ambiente esterno e che conserva le proprietà organolettiche, così da assicurare ai consumatori le caratteristiche del prodotto fresco. I materiali di confezionamento devono possedere caratteristiche particolari:

- Essere non tossici e compatibili con il prodotto
- Dare al prodotto un'adeguata protezione sanitaria
- Proteggere dalla migrazione di umidità
- Impedire ingresso e uscita di gas e odori
- Proteggere dalla luce o offrire una buona trasparenza
- Resistere a traumi meccanici , alle manomissioni ed eventualmente rivelare quest'ultime
- Essere facili da aprire , richiudere, da utilizzare e da smaltire , adeguati nelle dimensioni, nella forma e nel peso.

³ Brecht et al. (2019), Protecting perishable foods during transport by truck and rail

Il confezionamento dei prodotti deperibili ha un'importanza fondamentale in riferimento ad almeno quattro aspetti della vita del prodotto deperibile:

- **Contenimento:** è indispensabile per contenere e sostenere la quantità di prodotto che costituisce l'unità di vendita
- **Conservazione:** è un metodo di conservazione finalizzato a prolungare la vita del prodotto ai fini della commercializzazione. In genere , un idoneo confezionamento affianca una tecnica che rende inefficaci eventuali alterazioni del prodotto, in questi casi l'imballaggio serve da barriera per garantire la permanenza della situazione virtuosa con il processo applicato.
- **Commercializzazione:** determina l'unità di vendita , accoglie tutte le informazioni necessarie a una corretta identificazione merceologica del prodotto, a una conoscenza delle sue caratteristiche fisiche e nutrizionali, delle modalità di conservazione e di utilizzo , dei termini di scadenza, all'individuazione del produttore
- **Trasporto:** i prodotti finiti presenti nel magazzino dell'industria di produzione, devono avere un allestimento tale da poter essere gestiti con la massima efficienza e l'imballaggio finale, deve consentire l'utilizzo economico degli opportuni mezzi di trasporto

Figura 2.5 imballaggio in cartone



Fonte : L. Folchitto il container reefer e le esigenze della merce, Centro Internazionale Studi Containers 2023

Figura 2.6 imballaggio in plastica



Fonte: L. Folchitto il container reefer e le esigenze della merce, Centro Internazionale Studi Containers 2023

Esistono diversi tipi di confezionamenti che variano a seconda della tipologia del prodotto e della destinazione. Per il 70% dei casi vi è una prevalenza del cartone ondulato rispetto ad altri materiali.⁴ Quest'ultimi sono costituiti da fori in modo da garantire la corretta ventilazione durante la spedizione. Cresce anche l'utilizzo di imballaggi in plastica a sponde abbattibili e riutilizzabili. Il legno come materiale viene utilizzato specialmente per il traffico di pere dal Sud America mentre la plastica per i trade intramediterranei e nordeuropei. In aggiunta sulle lunghe distanza, gli imballaggi monouso sono più economici

2.4 Aree di carico

Una volta che sono stati liberalizzati per il commercio, i prodotti vengono trasportati in regime di temperatura controllata presso i vari poli logistici regionali , dove verranno accolti in magazzini refrigerati dotati delle appropriate strutture e attrezzature per le movimentazioni in ingresso e in uscita. I prodotti in partenza sono depositati in una zona detta “anticella⁵” dove viene effettuato il riconoscimento , il controllo e infine l’inserimento nella cella frigorifera. Una volta allestito l’ordine, i pallet vengono stoccati vicino alle porte d’uscita dove è prevista una specifica area destinata agli ordini già consolidati e in attesa di spedizione. Nella fase di carico sul mezzo , i prodotti non rimangono all’esterno della cella per più di due o tre minuti , in attesa di essere caricati nel cassone preraffreddato dell’automezzo. Si adottano inoltre soluzioni avanzate di packaging , come coperture isoterme per pallet , realizzate con plastica a bolle e pellicole in alluminio che riflettono i raggi solari , usate ad esempio per la protezione dei farmaci da temperature elevate e da eccessive escursioni termiche, specialmente durante i trasbordi dalla cella ai mezzi di trasporto. Nel sistema logistico del trasporto , le banchine hanno una funzione di collegamento fra l’area di stoccaggio e il mezzo di trasporto. Nella fase di progettazione di una banchina di carico per un magazzino frigorifero , è importante che il luogo in cui verrà installata minimizzi il percorso dei carrelli elevatori all’interno del sito ma soprattutto che riduca al minimo la distanza fra l’area di spedizione e il camion stesso. Generalmente le banchine di carico sono di due tipi:

- Combinata, in cui avvengono indifferentemente sia la spedizione che la ricezione delle merci
- Separate , in cui vi è una separazione fra area di spedizione e di ricezione delle merci

⁴ Centro Internazionale Studi Containers, L. Folchitto, 2023

⁵ Viene definita anticella quell’ambiente raffrescato che accoglie il prodotto appena approvvigionato e destinato ad essere stoccato all’interno della cella frigorifera. La temperatura all’interno di questo ambiente è di +12/+18 °C. Per ulteriori info ([Anticella | O.R.T.I.Z. & Co. Srl \(ortizsrl.it\)](https://www.ortizsrl.it))

Figura 2.7 Baie di carico



Fonte: Baie di carico e scarico - Mecalux.it

Il numero di baie di carico dipende innanzitutto dalle dimensioni dell'edificio e in secondo luogo dalle posizioni in cui si trovavano gli accessi all'impianto che a sua volta vengono determinati dall'analisi dei flussi della merce, dal volume delle consegne, dal momento in cui si ricevono le merci, dal tempo necessario per scaricare e trasferire tutti i carichi ricevuti presso il luogo di destinazione e dal numero di mezzi di movimentazione disponibili. La maggior parte delle baie ha un'altezza dalla terra di 1,2 metri ma esistono molti camion in cui la piattaforma su cui poggia la cassa o il container è molto al di sotto o al di sopra di questo livello. L'altezza della baia risente molto delle dimensioni dei veicoli che abitualmente serve:

- I camion di grandi volumi hanno pedane di carico con altezze comprese di 0,9 e 1 metro
- I camion refrigerati hanno normalmente un piano a una distanza dal suolo compresa tra 1,3 e 1,4 metri a causa della coibentazione del cassone
- I semirimorchi hanno un pedana di carico di 0,9 metri o meno
- I camion rigidi hanno altezze comprese tra 0,9 e 1,2 metri

Per ovviare a queste differenze tra banchina e camion è possibile utilizzare elevatori portatili o idraulici per elevare la parte posteriore del camion quando ha un piano di carico più basso della banchina oppure baie ad altezza variabile. Un'altra soluzione alternativa può essere

l'utilizzo di elevatori nei pressi della baia per sollevare o abbassare il vano di carico fino all'altezza desiderata. Le baie di carico dispongono di tre elementi costitutivi:

- Le rampe di carico concepite per compensare il dislivello fra i pianali del mezzo e la banchina. La rampa è una delle parti più sollecitate durante le operazioni di scarico e carico , pertanto deve possedere un'elevata resistenza alle pressioni del carico e dei carrelli elevatori che lo trasportano.
- I portali isotermitici forniscono copertura al mezzo una volta che si è collegato alla rampa. Sono realizzati con un telaio autoportante estremamente robusto , in grado di assorbire eventuali colpi e urti. Come suggerito dal nome, devono anche garantire una protezione delle merci dagli agenti atmosferici esterni devono limitare quanto più possibile la dispersione termica per i prodotti refrigerati e congelati. La struttura portante di solito è un profilo di alluminio o acciaio estruso e la parte a contatto con gli automezzi è in gomma nera rinforzata. Durante la fase di carico le patelle laterali e quella superiore aderiscono alla sagoma del camion, riducendo la dispersione di calore nella fase di carico e scarico e proteggendo dagli agenti atmosferici gli operatori e le merci in transito
- I portoni sezionabili consentono di dividere in reparti i capannoni industriali e isolare i carichi. Devono garantire un sistema di chiusura rapido e funzionale che consenta anche un risparmio importante sulle operazioni di manutenzione. Anche i portoni sezionabili sono progettati per consentire un buon isolamento termico con l'esterno e per favorire questa caratteristica, generalmente vengono dotati di pannelli dallo spessore variabile e capaci di garantire un elevato grado di coibentazione

Per operare in maniera efficiente , le baie di carico vengono progettate in base all'avvicinamento dei mezzi di trasporto. Le tipologie più diffuse sono:

- A incasso , ideali per realizzare le operazioni di avvicinamento , presentano un ingresso all'incirca allo stesso livello dell'altezza dei camion, leggermente separato dall'edificio per agevolare il drenaggio delle acque piovane
- In pendenza quando l'edificio è situato in salita e l'area di ingresso potrebbe trovarsi in pendenza per conferire l'altezza idonea alla baia di carico. Il rischio di questo tipo di

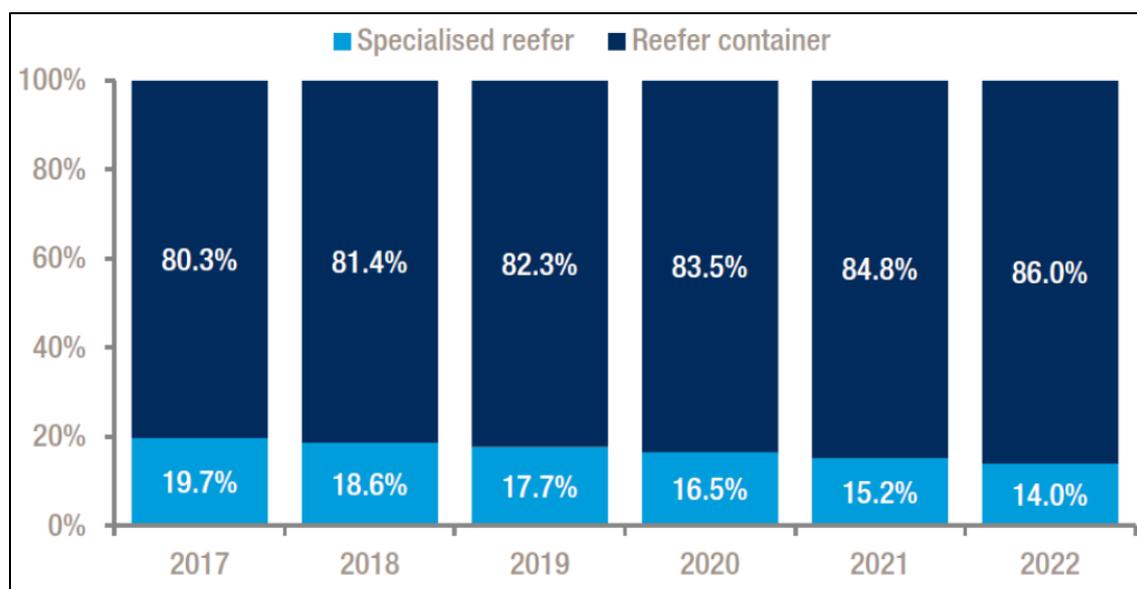
accesso è che se si fa scivolare un camion o un semirimorchio troppo velocemente, la parte superiore della cassa potrebbe urtare le pareti del magazzino

A lisca di pesce , configurazione delle vie di accesso che si realizza quando lo spazio di manovra è scarso. L'inconveniente maggiore è lo spazio ridotto per le procedure di carico e scarico. Inoltre, il traffico di avvicinamento deve essere disposto in modo adeguato per accedere correttamente all'angolo esatto.

2.5 Il trasporto marittimo

La maggior parte di merce deperibile via mare viene trasportata su navi portacontainer attraverso container frigo detti anche "Reefer".

Figura 2.8 Distribuzione traffico merci deperibili Reefer container Vs navi frigo



Fonte : F.M Rondini , Centro internazionale Studi Containers, 2022

Questi si distinguono facilmente dagli altri containers poiché di colore bianco per riflettere la luce solare. Riducendo l'assorbimento del calore attraverso la superficie esterna del container, si riduce anche la quantità di lavoro che l'impianto di refrigerazione interno deve eseguire per mantenere la temperatura desiderata, rendendo il sistema più efficiente dal punto di vista energetico. La struttura di questi container è progettata per mantenere l'isolamento termico delle merci al loro interno. In particolare, essi sono costituiti da una schiuma di poliuretano espanso racchiusa all'interno di pannelli di alluminio, noti come "sandwich panels", che garantiscono un isolamento ottimale.

Figura 2.9 Container Reefer



Fonte: MSC One Vision Depot

Un altro elemento strutturale importante di una unità refrigerante è la presenza di uno specifico piano di calpestio a forma di T detto “T-bar” che consente la circolazione continua dell’aria sotto il piano di carico della merce. In fondo al container reefer, all’interno si trova

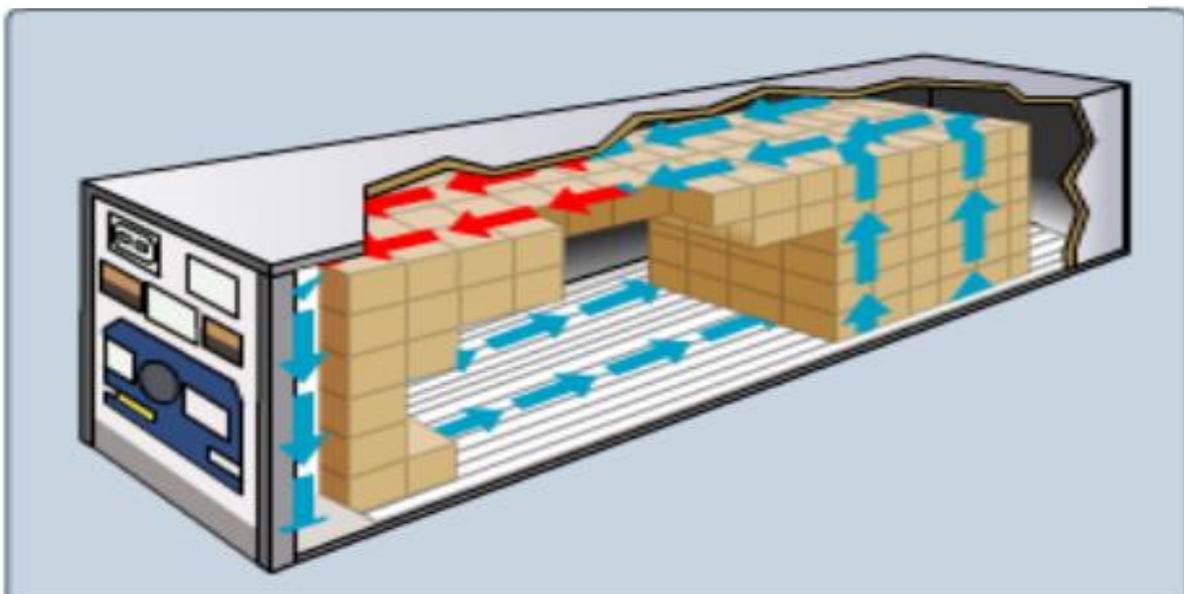
Figura 2.10 T-Bar & Air Baffle Reefer componets



Fonte: MSC One vision depot

L'air baffle, una componente che serve a migliorare la distribuzione dell'aria fredda all'interno del container, garantendo una refrigerazione uniforme di tutto il carico. Questo dispositivo, spesso costituito da una paratia o un condotto, è posizionato in modo da canalizzare il flusso d'aria fredda prodotto dall'unità di refrigerazione. Il container frigo è caratterizzato da una parte motore con capacità di raffreddamento o riscaldamento che ha la funzione di garantire la temperatura impostata per tutta la spedizione ed è equipaggiato di un compressore, condensatore valvola di espansione ed evaporatore. Questi elementi sono fondamentali per il ciclo di refrigerazione, un processo termodinamico che permette di rimuovere calore da un ambiente chiuso e rilasciarlo all'esterno, mantenendo così l'ambiente interno a una temperatura più bassa di quella esterna. In tutto ciò senza un adeguato refrigerante, il ciclo e quindi il processo di trasferimento del calore non sarebbe efficiente o addirittura possibile. Il refrigerante è un gas chimico che ha la capacità di trasferire calore da una sorgente più calda ad una più fredda, ne esistono di vari tipi ma il più utilizzato è R-134a (Idrofluorocarburi). Poiché un reefer ha un'unità di refrigerazione integrata, per poter funzionare si deve appoggiare a un'alimentazione esterna ottenuta da punti di erogazione di energia elettrica chiamati "reefer points" reperibili ad esempio, in un interporto terrestre, una nave portacontainer o nella banchina di un porto. I container reefer sono progettati per creare e mantenere una circolazione dell'aria all'interno del contenitore.

Figura 2.11 circolo dell'aria all'interno del Reefer

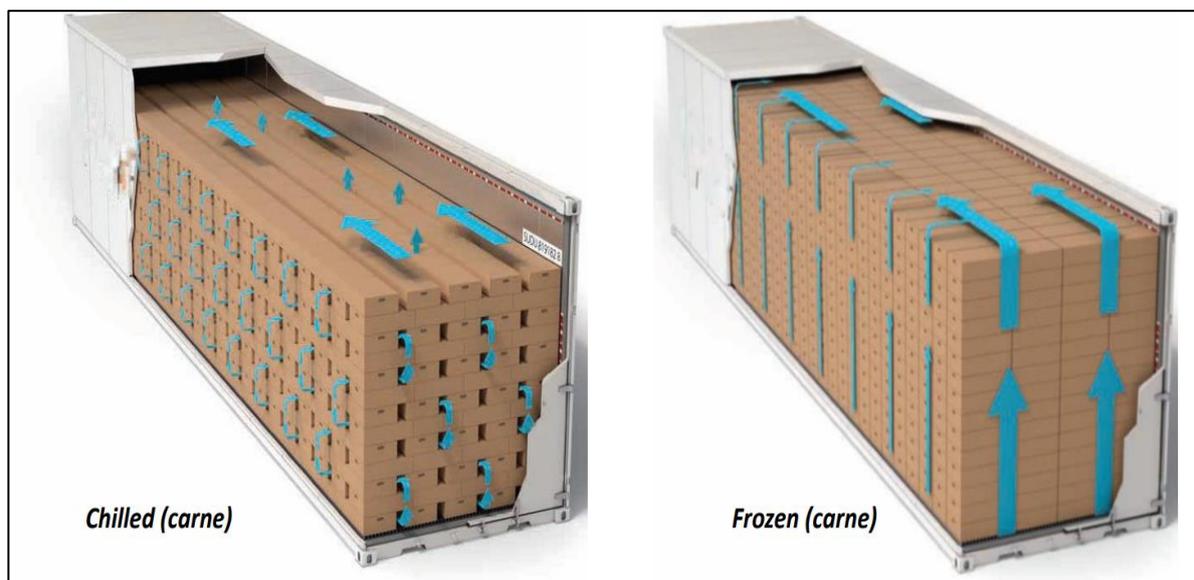


Fonte: F.M. Rondini Centro Internazionale Studi Containers, 2019

L'aria refrigerata (freccia azzurra) viene spinta nel T floor sotto la merce passandoci intorno e attraverso, assorbendo il suo calore. A questo punto l'aria più calda (freccia rossa)

dopo aver assorbito il calore della merce circostante, viene spinta attraverso i motori dell'evaporatore verso la serpentina situata in lato, nella parte opposta al lato porta. In questo punto, l'aria calda viene raffreddata e spinta verso il basso e può continuare il suo ciclo. La circolazione dell'aria dipende dalla tipologia del prodotto trasportato, dal tipo di confezionamento e dalla modalità dello stivaggio della merce. Per quanto riguarda i prodotti refrigerati, questi generano calore e “respirano” per cui l'aria deve circolare anche attraverso di essi e non solo sulle superfici esterne. Dall'interno del container devono essere espulsi vapore acqueo, diossido di carbonio ed etilene. Il tipo di imballaggio più utilizzato è il cartone che per i prodotti ortofrutticoli è dotato di fori nella parte inferiore e superiore per consentire il passaggio dell'aria attraverso la merce. Quest'ultima viene stivata in modo tale da consentire la circolazione dell'aria alle diverse altezze. Nel caso di un carico congelato, lo stivaggio non presenta particolari problemi, è sufficiente che non venga lasciato alcun spazio tra i cartoni o i pallet. L'aria in questo caso deve circolare solo intorno al carico perché non vi è alcun calore da rimuovere e la merce non “respira”.

Figura 2.11 *circolo dell'aria carne fresca VS carne congelata*



Fonte: L. Folchitto *Centro Internazionale Studi containers 2023*

Per garantire una spedizione nel miglior modo a prescindere dal tipo di merce trasportata occorre seguire alcune cortezze:

- Il carico non deve superare l'estremità del pavimento T e la linea rossa di carico
- Il carico deve essere stabile sul pavimento e ben fissato in modo che non si sposti durante la spedizione

- L'unità deve essere sempre impostata sulla corretta temperatura che dipenderà dal tipo di carico e dalle decisioni del cliente.
- Dev'essere verificato il funzionamento del sistema di deumidificazione
- Se è richiesto il precooling, dev'essere raffreddato il carico e non il container
- La ventilazione deve essere impostata al livello corretto
- Non devono esserci ostacoli al flusso d'aria

Esistono sul mercato diverse soluzioni tecnologiche che influenzano la temperatura, l'umidità e l'atmosfera all'interno di un container refrigerato:

- Standard per il controllo temperatura e umidità
- Atmosfera modificata: con questa tecnica prima dell'imbarco del container viene immesso del gas azoto e poi ben sigillate le porte
- Atmosfera controllata: si può impostare l'esatta composizione di gas all'interno del container. Aria e azoto possono essere bilanciati con l'anidride carbonica. Il sistema è costituito da una membrana che separa l'azoto dall'aria, questo viene iniettato nel container insieme all'ossigeno. Nel caso in cui il livello di ossigeno sia troppo basso e il livello di anidride carbonica troppo alto, le valvole di ventilazione si attivano automaticamente.
- Scambio di aria fresca: consiste in uno scambio d'aria fresca con anidride carbonica per mezzo di un sistema di ventilazione automatica inserita nel motore del reefer. Questo sistema si attiva quando un determinato livello di anidride carbonica viene rilevata all'interno del container.

Pertanto i container reefer offrono soluzioni sicuri e affidabili per il trasporto di prodotti deperibili, minimizzando i rischi di deterioramento e garantendo la qualità del prodotto fino alla destinazione finale.

2.6 Pre-trip inspection

Il PTI in un reefer sta per “Pre-Trip Inspection”, ovvero Ispezione Pre-Viaggio. È un controllo meticoloso che viene effettuato su un container refrigerato prima che venga consegnato al cliente per il carico. L'obiettivo principale del PTI è garantire che il reefer sia in perfette condizioni di funzionamento e pronto per il trasporto di prodotti deperibili. Durante l'ispezione vengono verificati:

- L'unità di refrigerazione: Vengono controllati che il compressore, il condensatore, l'evaporatore e tutti gli altri componenti funzionino correttamente e siano in grado di mantenere la temperatura impostata.
- I dispositivi di controllo della temperatura: i termostati, i sensori e i registratori di temperatura per assicurarsi che forniscano dati accurati e affidabili.
- Lo stato del container: gli operatori controllano che non ci siano danni alla struttura del container, alle porte, alle guarnizioni e ad altri componenti. Inoltre, verificano anche la pulizia interna del container per evitare contaminazioni del carico

Figura 2.12 PTI report

MSC PTI REPORT			
DEPOT NAME: DTD LOCATION: GOA		CONTAINER N°: GESU 9492858	
DATE PTI: 26/07/2024 PTI VALIDITY ± 30 DAYS		MACHINERY TYPE: CARRIER	
APPLY STICKER TO THE UNIT INDICATING PTI DATE		UNIT MODEL N°: 601-005	
26/07/2024		UNIT SERIAL N°: 60289716	
VISUALLY UNIT CHECK:		REFRIGERANT - OIL - LEAKS & CORROSION CHECK:	
* FOR IMPACTS	2	* COMPRESSOR OIL LEVEL	2
* UNIT MOUNTING BOLTS	2	* REFRIGERANT MOISTURE - LIQUID INDICATOR	2
* MOUNTING OF COMP & FAN MOTORS & FAN	2	* EVAPORATOR COIL	2
* COMPRESSOR GUARD	2	* CONDENSER COIL	2
* EVAPORATOR FAN ACCESS PANELS	2	* FILTER DRIER DIRECTION ↑	2
* FRESH AIR VENTS:		* PIPELINE INCLUDING COMPONENTS	2
1. TO REMOVE THE OLD VENT SEAL		* REFRIGERANT PRESSURES:	2
2. IF OPEN, CLOSE THE VENT		SUCTION: 0.9 BAR	
		DISCHARGE: 1.2 BAR	
* HEATER ACCESS PANEL (if present)	NA	CHECK IF DRAINS ARE CLEAN AND FREE	
* CONTROL BOX DOOR & GASKETS	2	2	
* CONDENSER FAN GRILLE	2	CURRENT CONSUMPTION:	
* PARTLOW BOX & DOOR (if present)	NA	COMPRESSOR: 11A	
* BULK HEAD PANNEL & AIR BAFFLE & DRAIN PLUG	2	EVAP MOTOR N° 1:	
		LOW SPEED 0.8A	
		HIGH SPEED 1.5A	
		EVAP MOTOR N° 2:	
		LOW SPEED 0.8A	
		HIGH SPEED 1.5A	
		COND MOTOR: 1.2A	
		HEATER: 6.1A	
		CHECK EVAP FAN ROTATION	
		OPERATE UNIT:	
		* RUN AUTO PTI 1	
		* RUN UNIT AT 0 °C	
		* RUN UNIT IN DEFROST MODE	
		* RUN UNIT AT - 20 °C	
		IF ANY MODE STILL ACTIVE FROM PREVIOUS VOYAGE, RESET THEM	
		EXAMPLE: USDA - DEHUMIFICATION MODE - ECONOMY	
		MODE - BULB MODE - ASC MODE - KEEP FRESH AIR VENTS CLOSED - ETC	
		PTI REPORT TO BE KEPT IN DEPOT FOR TWO YEARS AND A COPY TO BE ATTACHED TO THE INTERCHANGE WHEN CONTR IS RELEASED FOR BOOKING	
		2	
ELECTRICAL CHECK:		PARTS REPLACED - REPAIRS CARRIED OUT:	
* POWER CABLE (length 18 mtrs) AND PLUG	2	- RPL SENSORE RETURN	
* CIRCUIT BREAKER	2	- RPL N°6 HEATERS	
* WIRES AND CONNECTORS	2	- RPL BATT. PACK.	
* CONTACTORS	2		
* SAFETY SWITCHES	2		
* INSULATION RESISTANCE:			
COMPRESSOR:	158 MQ		
EVAP MOTOR N° 1:	21 MQ		
EVAP MOTOR N° 2:	32 MQ		
COND MOTOR:	10 MQ		
HEATER:	∞ MQ		
CONTROLLER CHECK:			
* SOFTWARE AND CONFIGURATION VERSION	2		
* CONTAINER ID	2		
* DATE AND TIME	2		
* IF DAL 86 IS ACTIVE, REPLACE RTC BATTERY	2		
* BATTERY PACK (to fit if missing)	2		
* KEY PAD FUNCTION	2		
* DISPLAY - INDICATOR LIGHTS	2		
* CLEAR ALARM QUEUE	2		
* IF PRESENT, CHECK MODEM WITH REF-CON TESTER (TESTER AND SPARE MODEM SUPPLIED BY MEDLOG ANTWERP)	NA		

Fonte: [Reefer Containers & Cargo - Refrigerated Transport | MSC](#)

Il PTI viene effettuato dal deposito o terminal che rilascia l'unità vuota a seguito di un booking e la sua validità dipende dalle varie compagnie di navigazione. Una volta che viene effettuato, viene rilasciato il PTI report ovvero un documento che riassume quanto è emerso a seguito dell'ispezione.

Il PTI è di grande importanza perché rappresenta:

- **Garanzia di qualità:** Il PTI assicura che il prodotto deperibile venga trasportato in condizioni ottimali, preservandone la freschezza e la qualità.
- **Prevenzione di perdite economiche:** Un guasto dell'unità di refrigerazione durante il trasporto può causare la perdita dell'intero carico, con gravi conseguenze economiche per il cliente.
- **Conformità alle normative:** Il PTI è spesso richiesto dalle compagnie di navigazione e dalle autorità doganali per garantire la conformità alle normative internazionali in materia di trasporto di prodotti deperibili.

2.7 Il trasporto su gomma

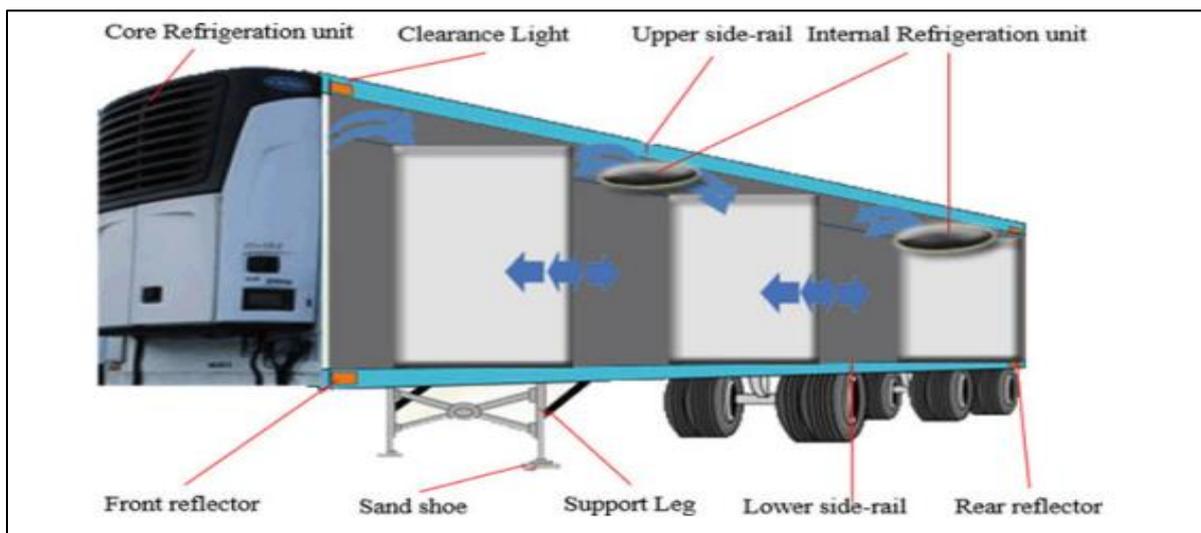
Il trasporto su gomma è un'altra modalità di trasporto molto importante e il suo successo risiede nelle caratteristiche del servizio che questa riesce a garantire:

- **Capillarità:** permette di realizzare qualsiasi collegamento punto a punto
- **Servizio door-to-door:** senza che sia necessario cambiare modalità o comunque trasbordare la merce permettendo di ottenere un lead time di consegna per le distanze medio-brevi che le altre modalità non riescono a garantire. Questa caratteristica rende, salvo alcune eccezioni, una modalità di trasporto insostituibile nel tratto iniziale e finale del trasporto
- **I costi sono inferiori rispetto alle altre modalità nella breve e nella medio-lungo distanza**

I veicoli refrigerati su gomma sono i mezzi più utilizzati per i prodotti deperibili. Questi possono includere furgoni, camion rigidi e semirimorchi che dispongono di un vano di carico coibentato e di un'unità di refrigerazione dedicata in grado di mantenere l'intervallo di temperatura indicato per i prodotti trasportati. I furgoni e i piccoli camion rigidi solitamente

hanno unità di refrigerazione alimentate direttamente dal motore del veicolo. I veicoli rigidi più grandi e i semirimorchi dispongono di unità di refrigerazione indipendenti alimentate a diesel chiamato “Genset”. Le richieste di carichi di beni deperibili differenti, richiedono diverse temperature di stoccaggio, e la tendenza del trasporto refrigerato è quella di utilizzare veicoli a compartimenti multipli. I compartimenti sono divisi longitudinalmente da pannelli isolati, mobili o fissi. Le paratie orizzontali isolanti a mezza larghezza, composte da schiuma a compressione con uno strato esterno in vinile, sono utilizzate per dividere i rimorchi in zone a temperature differenti.

Figura 2.13 Semirimorchio multi-comparto coibentato



Fonte: Myo Min Aung & Yoon Seok Chang, *Cold Chain management 2023*

Il vantaggio dell'utilizzo del veicolo a compartimenti multipli è la flessibilità e il risparmio di spazio, ma le procedure operative sono più complesse e ciò influisce anche sui costi. Il costo di un veicolo a temperatura controllata a compartimenti multipli è di circa £100,000 rispetto ai circa £30,000 di uno a temperatura ambiente⁶. In Europa i veicoli refrigerati devono ottemperare alle normative basate sull'accordo ATP⁷, un trattato delle Nazioni Unite che dal 1970 definisce gli standard dei mezzi e la temperatura di esercizio prevista per ogni genere di prodotto trasportato. Ogni autoveicolo impiegato nel trasporto

⁶ Smith D, Sparks L (2004) temperature controlled supply chain

⁷ Accordo ATP (Accord Transport Perissable) è un trattato internazionale che regola il trasporto internazionale stradale e ferroviario delle derrate alimentari deteriorabili. In parole più semplici, è un insieme di regole che stabiliscono come devono essere trasportati gli alimenti freschi, come frutta, verdura, carne e latticini, per garantire che arrivino a destinazione in condizioni igieniche e di temperatura adeguate. Per ulteriori informazioni consultare il seguente link: [Text and Status of the Agreement | UNECE](#).

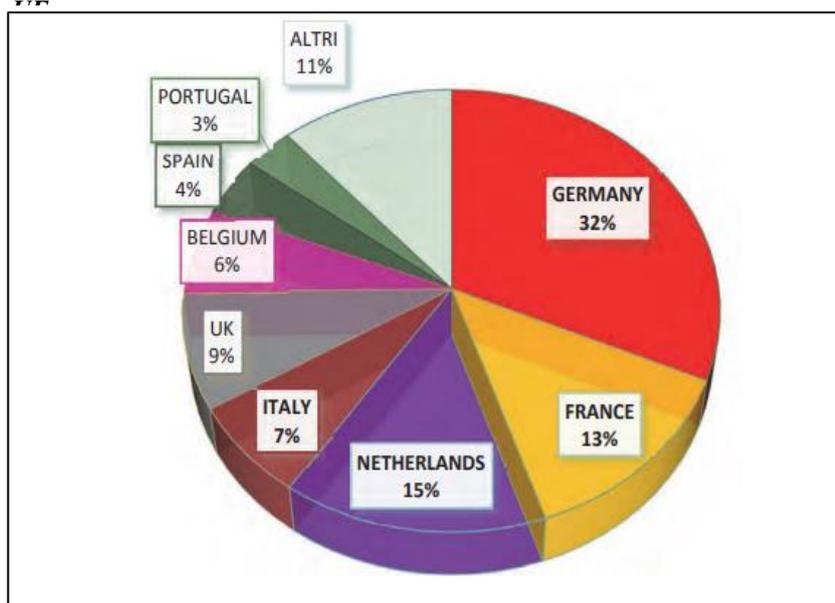
frigorifero viene classificato a seconda del coefficiente di isolamento termico della struttura isolata e della potenza dell'impianto frigorifero utilizzato. Tutti i mezzi allestiti per il trasporto di merci deperibili devono essere valutati come "idonei al trasporto", devono cioè ottenere l'attestato ATP da parte del Ministero dei Trasporti. L'accordo ATP prevede quattro tipi di mezzi di trasporto:

- Isotermico: un veicolo adibito al trasporto di merci quando la parte della carrozzeria in cui sono alloggiate le merci è costituita da pareti termoisolanti, incluse le porte, il pavimento e il tetto, in modo da limitare lo scambio di calore fra la superficie interna ed esterna della carrozzeria
- Frigorifero: un veicolo che è dotato di un impianto di raffreddamento che consente, con una temperatura media esterna di $+30^{\circ}\text{C}$, di abbassare la temperatura all'interno della carrozzeria vuota e di mantenerla all'interno di specifici intervalli che determinano la classe di appartenenza del veicolo stesso. Un gruppo frigorifero può essere autonomo oppure non autonomo. Quello autonomo è dotato di un motore termico indipendente dal motore del veicolo, in grado cioè di azionare il proprio compressore in modo autonomo per mantenere un regime di temperatura controllata all'interno della cella isotermica. Mentre il gruppo frigorifero non autonomo, è dotato di un compressore azionato direttamente dal motore del veicolo in grado di funzionare esclusivamente in modo "trascinato" e quindi non autonomo per mantenere la temperatura controllata all'interno della cella isotermica.
- Refrigerati: il veicolo è definito tale se con l'ausilio di una fonte di freddo diversa da un impianto meccanico o ad "assorbimento", consente con una temperatura media esterna di $+30^{\circ}\text{C}$, di abbassare la temperatura della carrozzeria vuota e di mantenerla per non meno di dodici ore inferiore o uguale a 7°C (classe A), inferiore o uguale a $+0^{\circ}\text{C}$ (classe D), inferiore o uguale a -10°C (Classe B) e infine inferiore o uguale a -20°C (Classe C).
- Calorifero: un veicolo che è dotato di un dispositivo di riscaldamento che gli consente di raggiungere e di mantenere per un periodo di tempo non inferiore alle 12 ore, una temperatura interna della carrozzeria non inferiore a 12°C , con una temperatura esterna pari a -10°C per la classe A e -20°C per la classe B.

2.7 Trasporto aereo di prodotti deperibili

I costi elevati e le ridotte quantità trasportabili nella stiva dell'aereo sono stati per lungo tempo dei fattori ostativi per il cargo aereo. Tuttavia grazie anche al nuovo assetto organizzativo che è stato raggiunto in diversi settori industriali, il trasporto aereo è diventato una componente sempre più essenziale nella catena logistica. In riferimento alle esportazioni extra-europee, in Italia, sebbene costituisca solamente il 2% dei volumi, rappresenta oltre il 25% del valore economico dei beni esportati⁸.

Figura 2.14 Ripartizione modale del cargo aereo internazionale tra paesi



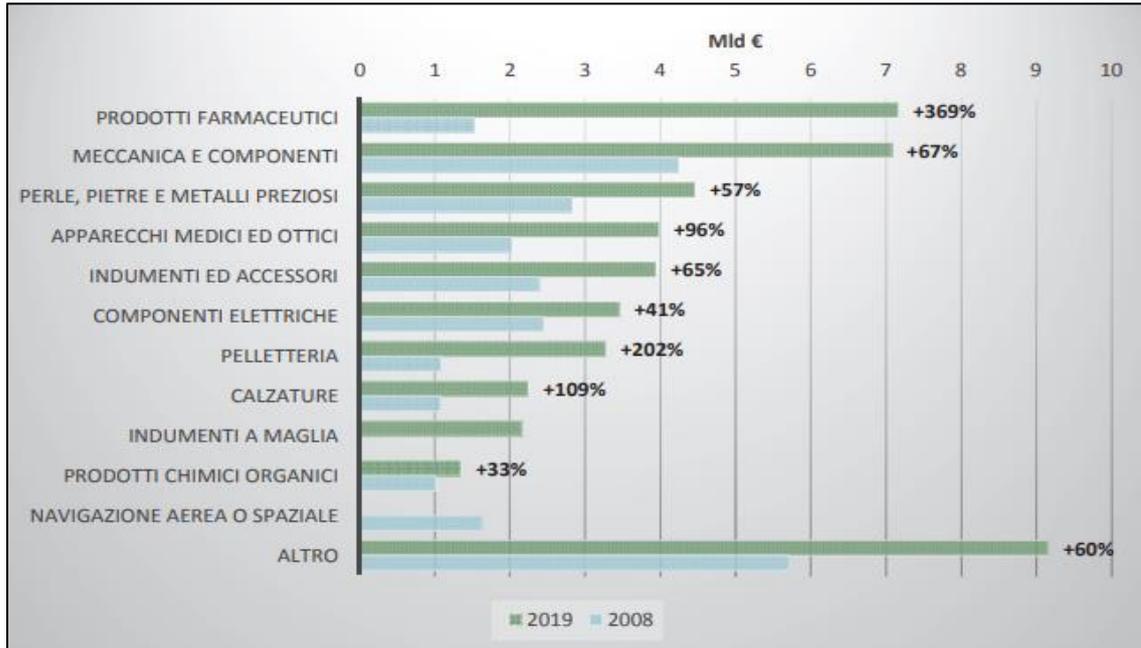
Fonte: Elaborazioni TRT su dati Eurostat 2023

Dal punto di vista del valore delle merci, l'Italia mantiene il 7% nello scenario europeo. Il trasporto aereo viene utilizzato per merci di alto valore che hanno necessità di raggiungere il luogo di destinazione in tempi brevi. Tra queste troviamo per esempio i prodotti medico-farmaceutici⁹ che negli ultimi anni stanno crescendo con variazioni in termini percentuali molto positive.

⁸ TRT Trasporti e Territorio, Il trasporto merci aereo in Italia, 2023

⁹ La filiera farmaceutica è composta da una sola categoria: quella dei prodotti farmaceutici che include oltre ai preparati per scopi terapeutici e i medicinali in generale, anche i prodotti per la medicazione, i vaccini e i reagenti per gli esami (TRT Trasporti e Territorio, Il trasporto merci aereo in Italia, 2023)

Figura 2.15 variazione 2008-2019 delle prime dieci merceologie esportate dall'Italia



Fonte: Elaborazioni TRT su dati Eurostat 2023

La figura 2.13 mostra come ad esempio in Italia ci sia stata nel corso di un decennio circa, un aumento delle esportazione aeree di prodotti farmaceutici del + 369%. L'Italia è il secondo paese produttore farmaceutico dell'Unione Europea¹⁰. La logistica del settore farmaceutico, come è stato visto nel capitolo uno, è estremamente specializzata e complessa, dovendo garantire un corretto stoccaggio, trasporto e distribuzione dei medicinali. Si tratta di parametri molto restrittivi, riguardanti la corretta temperatura di conservazione, la conformazione degli imballaggi e la limitazione dello shock e delle vibrazioni del carico durante il trasporto. Di tutto l'export italiano verso paesi extra UE, l'87% viene trasportato via aereo a testimonianza del fatto che la filiera farmaceutica è ben compatibile con il cargo aereo giustificando gli alti costi del trasporto stesso.¹¹

¹⁰ Farindustria 2019

¹¹ TRT Trasporti e Territorio, Il trasporto merci aereo in Italia, 2020

2.8 Il trasporto via Rail di Reefer

La crescente domanda di prodotti sensibili alla temperatura e la consapevolezza del cambiamento climatico stanno accelerando la ricerca di soluzioni di trasporto più sostenibili. Il trasporto ferroviario refrigerato si posiziona come una risposta promettente a queste sfide. Tre casi di studio provenienti da diversi continenti mostrano come questa modalità di trasporto stia guadagnando terreno a livello globale:

- Dal maggio 2019, il servizio ferroviario diretto CoolRail collega Valencia e Rotterdam, trasportando frutta e verdura tre volte a settimana. Questa innovativa soluzione sostituisce 41 camion per ogni viaggio, riducendo le emissioni di CO2 fino al 90%¹². Non solo il CoolRail garantisce tempi di consegna competitivi rispetto al trasporto su strada, ma contribuisce in modo significativo alla sostenibilità della filiera agroalimentare.
- Parallelamente all'Europa, negli Stati Uniti cresce l'interesse per il trasporto ferroviario refrigerato, poiché la capacità dei camion si sta riducendo. Nel settore portuale, i porti di Long Beach e New York/New Jersey stanno migliorando attivamente la connettività ferroviaria delle loro strutture logistiche della catena del freddo¹³
- cresce l'attenzione per le connessioni ferroviarie intercontinentali in Asia, in particolare l'Iniziativa Belt and Road (BRI), una strategia globale promossa dal governo cinese che prevede lo sviluppo di infrastrutture e investimenti a livello mondiale. Questa iniziativa include una connessione ferroviaria avviata nel 2018 dalla Cina ai Paesi Bassi. Per il carico diretto verso est, la connessione ferroviaria è destinata al trasporto a temperatura controllata in container reefer da 45 piedi, mentre per il carico diretto a ovest durante il periodo invernale, l'attenzione è rivolta principalmente all'elettronica. I treni blocco su questa rotta hanno un tempo di percorrenza di dodici giorni, mentre una nave container impiega circa 28 giorni per un singolo viaggio.

¹² RailFreight ,First cooled train Rotterdam-Valencia is now a fact, 2018

¹³ Castelein, B., Geerlings, H. and Van Duin, R. 'Cold chain strategies for seaports, 2019

I container refrigerati richiedono una fornitura continua di elettricità per mantenere la merce alla temperatura desiderata, e il controllo affidabile della temperatura è quindi un elemento cruciale per il successo del trasporto ferroviario di reefers. Sulle navi portacontainer, i reefers vengono collegati e alimentati tramite il motore della nave, mentre nei terminal vengono connessi alla rete elettrica. Sui treni, non esiste ancora una tecnologia standard per fornire l'energia necessaria. La tecnologia è la chiave per affrontare queste sfide, poiché le prestazioni dipendono dalle innovazioni tecnologiche. Esistono diversi sistemi sul mercato, e nuovi potenziali concorrenti stanno lavorando intensamente per introdurre nuovi sistemi:

- I gruppi elettrogeni convenzionali (o clip-on) sono generatori diesel che vengono attaccati a un container refrigerato e possono fornire energia indipendentemente da una connessione alla rete elettrica. Sebbene utilizzati frequentemente nel trasporto su camion, è possibile applicare questo metodo anche sui treni. Tuttavia, l'effettiva usabilità per il trasporto ferroviario deve essere messa in discussione. Innanzitutto, un gruppo elettrogeno deve essere attaccato a un container, occupando così spazio sul vagone del treno. Inoltre, il serbatoio di un gruppo elettrogeno tipico è piuttosto piccolo, il che significa che può fornire energia al reefer per pochi giorni al massimo, rendendolo un'alternativa meno adatta per il trasporto su lunghe distanze.
- Diverse aziende a livello mondiale operano i cosiddetti Treni Blocco Refrigerati “Refrigerated Block Trains”, tra cui Sungate (Baltico), Canadian Pacific (Nord America), RZD (Russia) e MacAndrews (Spagna), un sistema in cui un generatore diesel più grande, fissato su un vagone, viene utilizzato per fornire energia a un treno di container refrigerati (tra 8-18 connessioni). Nel concetto operato da Sungate, il vagone con il generatore è dotato di spazio abitativo per 2 meccanici, che eseguono la manutenzione sul generatore e monitorano la temperatura dei reefers.
- Il Rail Reefer Generator set (RRG) è un container da 10 piedi dotato di un generatore diesel. L'RRG è dotato di un sistema per controllare la posizione, l'alimentazione elettrica e la capacità del serbatoio. In linea di principio, l'RRG può fornire energia a 2 reefers per una settimana.

Le quattro opzioni descritte sopra sono utilizzate a livello mondiale. Queste sono tecnologie consolidate nei mercati ferroviari e sono tutte basate sull'energia fornita da un

generatore (diesel). Esistono anche alcune soluzioni che non dipendono dai combustibili fossili come ad esempio Il Sistema di Alimentazione Sostenibile Siros (SSPS). Questo sistema converte l'energia cinetica di un vagone ferroviario in elettricità, che viene immagazzinata in una batteria. L'SSPS è posizionato sul reefer come un gruppo elettrogeno. Oltre a immagazzinare e fornire energia, l'unità trasmette informazioni sul funzionamento del reefer e sulla temperatura. La batteria si carica quando il treno rallenta, assorbendo energia che normalmente si disperderebbe sotto forma di calore. L'SSPS è attualmente ancora in fase di sviluppo ed è stato richiesto un brevetto. È una soluzione ecologica, ma si sa poco sulla distanza che può percorrere con una batteria carica, su quanto l'SSPS si carica non appena si verifica una frenata e su come un reefer può essere alimentato quando la batteria dell'SSPS è scarica. L'elettrificazione della fornitura di energia per i container refrigerati sui treni è ancora in una fase sperimentale, con diverse tecnologie proposte ma non ancora utilizzate su larga scala e senza prove di standardizzazione. Le opzioni consolidate sul mercato si basano ancora su generatori diesel. L'ostacolo tecnico principale all'attrattività del trasporto ferroviario per i container refrigerati, è la mancanza di un'opzione 'plug and play' per alimentare i container refrigerati a bordo del treno. I generatori possono essere utilizzati, ma questa non è generalmente un'alternativa attraente per gli utenti: i generatori sono costosi da noleggiare per lunghi viaggi, devono essere riconsegnati dopo il viaggio (per il quale raramente è disponibile un carico di container refrigerato adatto per il trasporto di ritorno a causa di squilibri commerciali nei prodotti alimentari) e richiedono cure aggiuntive per l'installazione, la configurazione, la manutenzione e il rifornimento. Sebbene gli operatori logistici siano consapevoli che il trasporto ferroviario sia un'opzione più sostenibile rispetto al trasporto stradale, la dipendenza dai combustibili fossili, crea la percezione che il potenziale per i guadagni in termini di sostenibilità del trasporto ferroviario di container refrigerati sia limitato. Un altro elemento di difficoltà riguarda i terminal interni che hanno generalmente una disponibilità limitata di prese per i container refrigerati e, considerando la loro talvolta limitata connettività, implicano rischi considerevoli di ritardi, anche per l'ultimo miglio di trasporto stradale. Inoltre, dopo ogni viaggio, l'unità di refrigerazione di un container refrigerato richiede un'ispezione (ispezione pre-viaggio, o PTI) prima di essere riutilizzata. Il PTI viene eseguito in diverse località nelle aree portuali, ma solo in pochi terminal interni. Per quanto riguarda i viaggi di ritorno, non vi è un flusso bidirezionale di commercio di prodotti deperibili per garantire un sufficiente utilizzo delle attrezzature in entrambe le direzioni. Quest'ultimo è un punto particolarmente rilevante per il lato dell'offerta del trasporto ferroviario di container refrigerati, considerando gli squilibri nel commercio alimentare. Inoltre, le fluttuazioni

stagionali della maggior parte dei commerci di prodotti refrigerati non corrispondono bene agli impegni a lungo termine delle attrezzature che sono comuni nel settore ferroviario. Per superare questi ostacoli, un operatore deve lavorare con un portafoglio diversificato di clienti e carichi che consenta di coprire la stagionalità e gli squilibri commerciali nei corridoi dove ciò è possibile. I vettori marittimi hanno ridotto il free time per i loro container mettendo maggiore pressione sugli operatori logistici per svuotare rapidamente il container e riconsegnarlo. Dall'altra parte della catena, i clienti, richiedono un'elevata frequenza di consegna e un elevato grado di flessibilità che sono più facilmente soddisfatti ricorrendo al trasporto stradale. Queste considerazioni illustrano due ostacoli allo sviluppo del trasporto ferroviario di container refrigerati. Uno è l'attuale assenza di un concetto logistico che soddisfi sufficientemente le esigenze degli utenti. L'altro è una dipendenza radicata dal trasporto stradale e una percezione associata che il trasporto stradale sia l'unico modo per soddisfare le esigenze degli utenti in termini di velocità, facilità d'uso, flessibilità e affidabilità. Pertanto, per realizzare uno spostamento modale in questo settore, è necessario innanzitutto un "cambio mentale", compresa una riconsiderazione delle convinzioni, delle strutture e dei processi esistenti.

2.8 Scarico merce presso il cliente

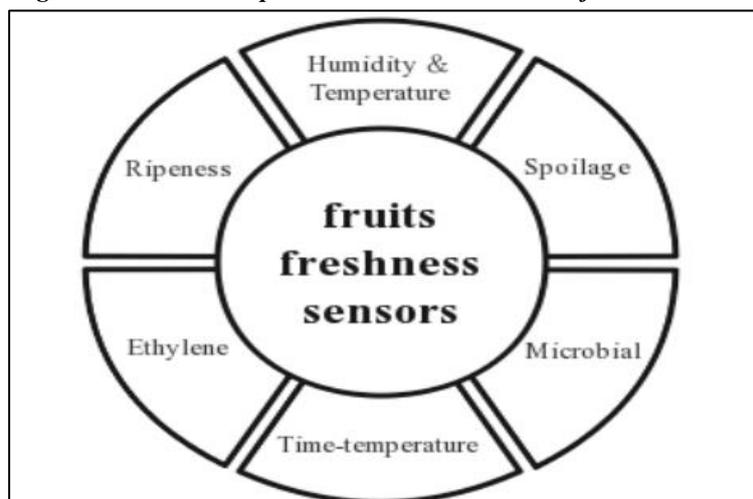
La conservazione dei prodotti deperibili richiede un controllo rigoroso della temperatura lungo tutta la filiera, dalla produzione al punto vendita. La catena del freddo è un sistema complesso che prevede numerose fasi, ognuna delle quali rappresenta un potenziale punto di rottura. Iniziamo dall'arrivo dei prodotti presso i centri di distribuzione. I pallettizzati, trasportati in mezzi refrigerati, vengono scaricati in banchine dotate di sistemi di isolamento termico (dock-shelter e dock-tunnel) per minimizzare gli sbalzi di temperatura. Tuttavia, nonostante queste precauzioni, lo shock termico rimane un rischio concreto, soprattutto durante le operazioni di carico e scarico. Un punto critico è rappresentato dai centri di distribuzione stessi. Seppur dotati di celle frigorifere, non sempre tutti i magazzini dispongono di baie di carico e scarico refrigerate, esponendo i prodotti a variazioni di temperatura. Inoltre, la movimentazione interna dei prodotti, effettuata con carrelli elevatori e transpallet, può causare danni alle confezioni e compromettere l'integrità dei prodotti. Un altro anello debole della catena è rappresentato dai punti vendita. La temperatura dei banchi frigo e delle celle frigorifere non sempre è adeguata a garantire la conservazione ottimale dei prodotti. In particolare, durante i periodi di promozione, con un aumento delle vendite e una maggiore movimentazione della

merce, il rischio di esposizione a temperature non conformi aumenta. Il controllo della temperatura è fondamentale in ogni fase del processo. Prima dello stoccaggio, il personale addetto alla ricezione effettua controlli termici dei prodotti, verificando che la temperatura interna corrisponda a quella indicata sulle confezioni. Successivamente, i prodotti vengono trasferiti in celle frigorifere attraverso porte a tenuta termica, per garantire un isolamento ottimale. Tuttavia, anche il consumatore finale gioca un ruolo cruciale nella conservazione dei prodotti deperibili. La scelta di acquistare prodotti con confezioni integre, il trasporto rapido a casa e la corretta conservazione in frigorifero sono fattori determinanti per mantenere la qualità degli alimenti.

2.8 La Catena del freddo intelligente

I sistemi intelligenti per la catena del freddo, integrando sensori e Internet of Things¹⁴, consentono un monitoraggio continuo e accurato delle condizioni di conservazione dei prodotti deperibili. Grazie a questi sistemi, è possibile rilevare in tempo reale variazioni di temperatura, umidità e malfunzionamenti delle apparecchiature di refrigerazione. I dati raccolti vengono trasmessi a piattaforme centralizzate per l'analisi e la generazione di allarmi. Questo permette di intervenire tempestivamente in caso di anomalie, garantendo la qualità e la sicurezza degli alimenti lungo tutta la filiera. In particolare esistono diversi tipi di sensori che monitorano una vasta gamma di parametri:

Figura 2.14 I diversi tipi di sensori nella catena del freddo



Fonte: L .Bai, M. Liu ,Y. Sun, Overview of Food Preservation and Traceability Technology in the Smart Cold Chain System 2023

¹⁴ L'Internet of Things (IoT) si riferisce a una rete di dispositivi fisici, veicoli, apparecchi e altri oggetti fisici incorporati con sensori, software e connettività di rete che consentono di raccogliere e condividere dati. Per ulteriori informazioni consultare il seguente link: [Che cos'è l'Internet of Things \(IoT\)? | IBM](#)

- Il sensore di temperatura: nella logistica della catena del freddo, i sensori di temperatura effettuano un monitoraggio in tempo reale dei parametri ambientali intorno all'ambiente in cui si trova la merce e regolano la temperatura quando questa è diversa dal set point stabilito dal cliente. I container refrigerati sono equipaggiati con diversi sensori per monitorare costantemente le condizioni interne. Tra questi, il sensore di mandata misura la temperatura dell'aria fredda proveniente dal gruppo frigorifero, mentre il sensore di ritorno rileva la temperatura dell'aria dopo che ha assorbito il calore dalla merce. In condizioni operative ottimali, la temperatura rilevata dal sensore di ritorno è leggermente superiore a quella del sensore di mandata, indicando un corretto scambio termico. Qualsiasi anomalia in questo processo viene segnalata da un allarme sul display dell'unità, richiedendo l'intervento di un tecnico specializzato.
- Sensori di umidità: il monitoraggio dell'umidità ambientale si basa spesso sull'impiego di sensori capacitivi. Questi sensori sono composti da due elettrodi paralleli separati da un materiale isolante. La presenza di umidità modifica le proprietà elettriche del materiale isolante, alterando la capacità elettrica tra gli elettrodi. Questa variazione di capacità viene convertita in un segnale elettrico proporzionale all'umidità relativa¹⁵
- Sensori tempo-temperatura: questi sensori sfruttano reazioni chimiche specifiche per registrare variazioni di tempo e temperatura. Esposti a determinate condizioni, questi sensori subiscono una decolorazione irreversibile, indicando che sono state raggiunte le soglie predefinite¹⁶
- Sensori basati sulla radiofrequenza: i sensori RFID consentono di monitorare in tempo reale la temperatura, l'umidità e la posizione dei prodotti deperibili lungo tutta la filiera, dalla produzione alla vendita. Grazie ai tag RFID applicati direttamente sulle merci, è possibile tracciare ogni prodotto individualmente, garantendo la massima trasparenza e sicurezza per il consumatore. I tag RFID si dividono in due categorie principali: passivi

¹⁵ Lamberty, A.; Kreyenschmidt, J. Ambient Parameter Monitoring in Fresh Fruit and Vegetable Supply Chains Using Internet of Things-Enabled Sensor and Communication Technology. *Foods* 2022

¹⁶ Soltani Firouz, M.; Mohi-Alden, K.; Omid, M. A critical review on intelligent and active packaging in the food industry: Research and development 2022

e attivi. I tag passivi non hanno una batteria interna e si attivano solo quando entrano nel campo elettromagnetico di un lettore. Sono più economici ma hanno una portata limitata. I tag attivi, invece, possiedono una batteria interna che consente una maggiore portata e funzionalità, ma sono anche più costosi. La scelta tra i due tipi dipende dalle specifiche esigenze dell'applicazione. I sistemi RFID, combinati con l'IoT, consentono di realizzare una tracciabilità completa dei prodotti alimentari deperibili. I tag RFID, dotati di antenne, trasmettono informazioni wireless a lettori RFID, che a loro volta inviano i dati a una piattaforma centrale per l'analisi e la visualizzazione. Questa tecnologia trova applicazione in diverse fasi della catena del freddo, dalla produzione alla distribuzione, e permette di monitorare parametri critici come la temperatura, l'umidità e la posizione dei prodotti¹⁷

Per rendere una catena del freddo veramente intelligente, la gestione dei dati è fondamentale. I sensori raccolgono informazioni in tempo reale sulle condizioni ambientali e trasmettono questi dati a un sistema centrale. Quest'ultimo analizza le informazioni e invia comandi ai dispositivi per regolare i parametri, come la temperatura e l'umidità, garantendo così la conservazione ottimale dei prodotti. La trasmissione dei dati può avvenire attraverso diverse tecnologie:

- **Wi-fi e smartphone:** il Wi-Fi, pur offrendo una buona portata e un costo contenuto, presenta alcune limitazioni per le applicazioni nelle catene del freddo. Le interferenze con altri dispositivi possono compromettere la stabilità della connessione, e l'elevato consumo energetico lo rende meno adatto per dispositivi a batteria come i sensori. Nonostante ciò, la sua alta velocità di trasmissione lo rende ancora una scelta popolare in molti sistemi. L'avvento del 5G offre un'opportunità unica per trasformare la gestione delle catene del freddo. La sua capacità di trasmettere grandi quantità di dati a bassa latenza e con un consumo energetico ridotto, consente di monitorare in tempo reale le condizioni di conservazione degli alimenti e di ottimizzare i processi logistici
- **La tecnologia NFC:** NFC è una tecnologia di comunicazione a corto raggio che utilizza una banda di frequenza di 13,56 MHz e la distanza di trasmissione è breve quanto 10

¹⁷ Lamberty, A.; Kreyenschmidt, J. Ambient Parameter Monitoring in Fresh Fruit and Vegetable Supply Chains Using Internet of Things-Enabled Sensor and Communication Technology 2022

cm. Attualmente, quasi tutti i telefoni cellulari hanno la funzione di lettura NFC, quindi il vantaggio principale di questa tecnologia è il suo basso costo e la facile integrazione¹⁸

- Le reti LPWAN: Le reti LPWAN (Low-Power Wide-Area Network) come LoRa e NB-IoT sono fondamentali per l'IoT, offrendo comunicazioni a lunga distanza e basso consumo energetico. LoRa opera su bande non autorizzate, garantendo flessibilità ma con una qualità del servizio potenzialmente inferiore rispetto a NB-IoT che utilizza bande autorizzate. Quest'ultimo offre una migliore qualità del servizio grazie all'assenza di vincoli sul ciclo di lavoro. La scelta tra LoRa e NB-IoT dipende da fattori come il costo dei dispositivi, la quantità di dati da trasmettere, la distanza di copertura e la qualità del servizio richiesta¹⁹

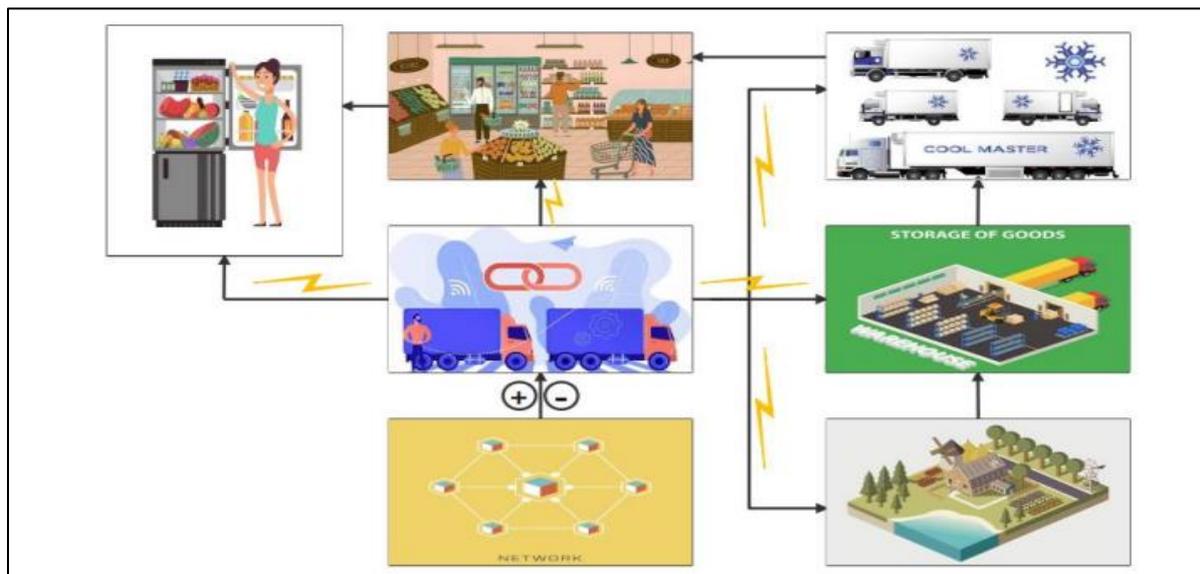
2.8.1 I sistemi di tracciabilità

L'Internet delle cose ha trasformato il settore della catena del freddo, introducendo un livello di controllo e monitoraggio senza precedenti. Grazie a sensori, GPS e comunicazioni wireless, è possibile seguire in tempo reale le condizioni dei prodotti refrigerati durante l'intero percorso logistico. Sistemi di allarme automatici intervengono tempestivamente in caso di variazioni di temperatura, garantendo la freschezza e la sicurezza dei prodotti. Inoltre, la raccolta e l'analisi dei dati consentono di ottimizzare le operazioni, ridurre gli sprechi e migliorare la tracciabilità dei prodotti. Come evidenziato in Figura 2.15, il superamento della soglia termica all'interno del veicolo refrigerato innesca l'attivazione del sistema di allarme. Quest'ultimo invia un segnale al sistema di refrigerazione, il quale, mediante opportune regolazioni, riporta la temperatura ambientale entro i parametri predefiniti.

¹⁸ Al-Fuqaha, A.; Guizani, M.; Mohammadi, M.; Aledhari, M.; Ayyash, M. Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications 2015

¹⁹ Tagarakis, A.C.; Benos, L.; Kateris, D.; Tsotsolas, N.; Bochtis, D. Bridging the Gaps in Traceability Systems for Fresh Produce Supply Chains: Overview and Development of an Integrated IoT-Based System 2021

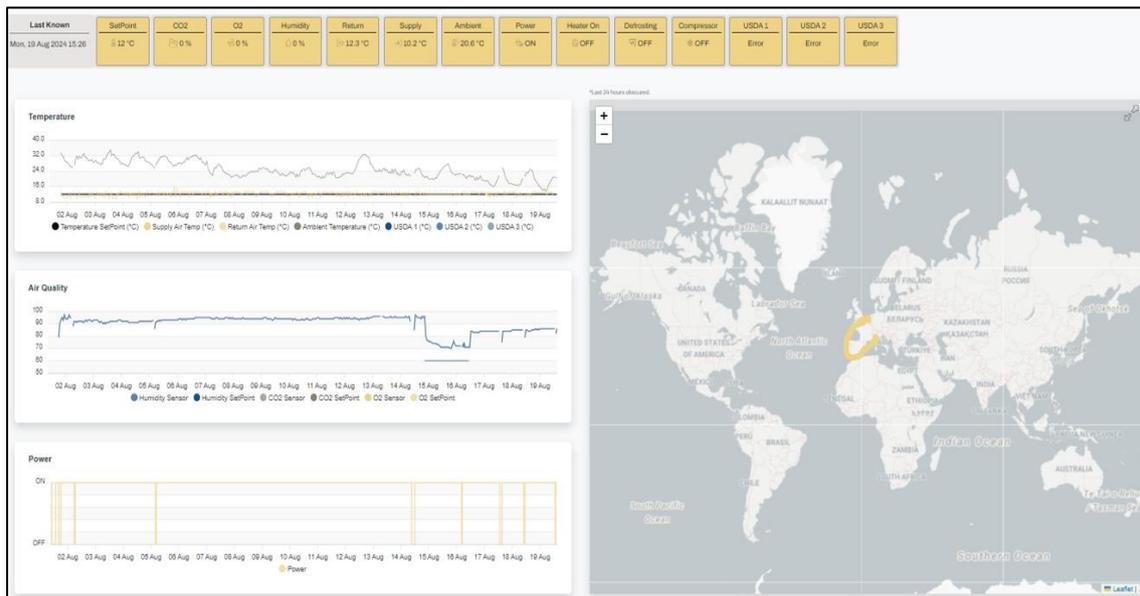
Figura 2.15 Applicazione internet of things



Fonte: L. Bai, M. Liu, Y. Sun, Overview of Food Preservation and Traceability Technology in the Smart Cold Chain System 2023

I container reefer di MSC specializzati nel trasporto di merci refrigerate, sono equipaggiati con sofisticati sistemi di controllo basati su microprocessori. Questi piccoli ma potenti circuiti integrati svolgono un ruolo cruciale nel garantire la corretta conservazione dei prodotti durante il trasporto marittimo. I microprocessori rappresentano il cuore pulsante dei container reefer di MSC, garantendo la conservazione ottimale delle merci refrigerate durante il trasporto marittimo. Questi sofisticati circuiti integrati, collegati a una serie di sensori, monitorano costantemente parametri come temperatura, umidità e pressione all'interno del container. In base ai dati raccolti, i microprocessori elaborano le informazioni e inviano comandi al sistema di refrigerazione per mantenere le condizioni ideali. In caso di anomalie, vengono attivati allarmi e inviate notifiche in tempo reale, consentendo interventi rapidi. Inoltre, grazie ad algoritmi avanzati, i microprocessori ottimizzano il consumo energetico, riducendo i costi e l'impatto ambientale. I dati raccolti vengono registrati e archiviati, garantendo la massima trasparenza e tracciabilità della catena del freddo.

Figura 2.16 interfaccia di Monitoraggio MSC technology



Fonte: MSC-i Reefer application

La figura 2.16, mostra l'interfaccia è utilizzata per monitorare i container reefers, in particolare viene posta attenzione a:

- **SetPoint:** Rappresenta la temperatura target impostata all'interno del container reefer. Questo è il valore che il sistema cerca di mantenere.
- **CO2 e O2:** Indicazioni del livello di anidride carbonica e ossigeno all'interno del container. Monitorare questi valori è cruciale per garantire che l'atmosfera controllata mantenga la freschezza del carico.
- **Humidity:** Livello di umidità all'interno del container. Livelli di umidità controllati sono essenziali per evitare danni ai prodotti sensibili all'umidità.
- **Return e Supply:** Rappresentano rispettivamente la temperatura dell'aria che ritorna all'unità di raffreddamento e quella che viene fornita all'interno del container. Questo aiuta a capire l'efficacia del sistema di raffreddamento.
- **Ambient:** La temperatura esterna o ambientale attorno al container. Importante per capire l'impatto delle condizioni esterne sulle prestazioni del sistema di refrigerazione.
- **Power, Heater On, Defrosting, Compressor:** Indicano lo stato di funzionamento del container, inclusi il consumo di energia, l'attivazione del riscaldamento, la funzione di sbrinamento e lo stato del compressore.

- Grafico della Temperatura: Monitora come la temperatura all'interno del container (sia quella dell'aria fornita sia quella ambiente) si confronta con il SetPoint, permettendo di verificare se il carico è mantenuto alla temperatura corretta.
- Grafico della Qualità dell'Aria: Questo grafico fornisce informazioni sui livelli di CO₂, O₂ e umidità, cruciali per il mantenimento dell'atmosfera controllata nei container reefer, particolarmente importante per prodotti come frutta, verdura, o carne.
- Grafico del Consumo Energetico (Power): Visualizza quando il sistema è acceso o spento, permettendo di monitorare l'efficienza energetica del container reefer e assicurarsi che non ci siano interruzioni nel funzionamento che potrebbero compromettere il carico.

Infine viene rappresentata a posizione geografica dei container reefer, consentendo di tracciare dove si trovano nel mondo e monitorare le condizioni ambientali in cui operano. In sintesi, questa interfaccia permette agli operatori di monitorare attentamente le condizioni critiche dei container reefer, assicurandosi che il carico mantenga la qualità ottimale durante il trasporto su lunghe distanze. Questa tecnologia all'avanguardia consente di offrire ai clienti un servizio di alta qualità, assicurando l'arrivo dei prodotti a destinazione nelle migliori condizioni rispettando le normative internazionali.

CAPITOLO III

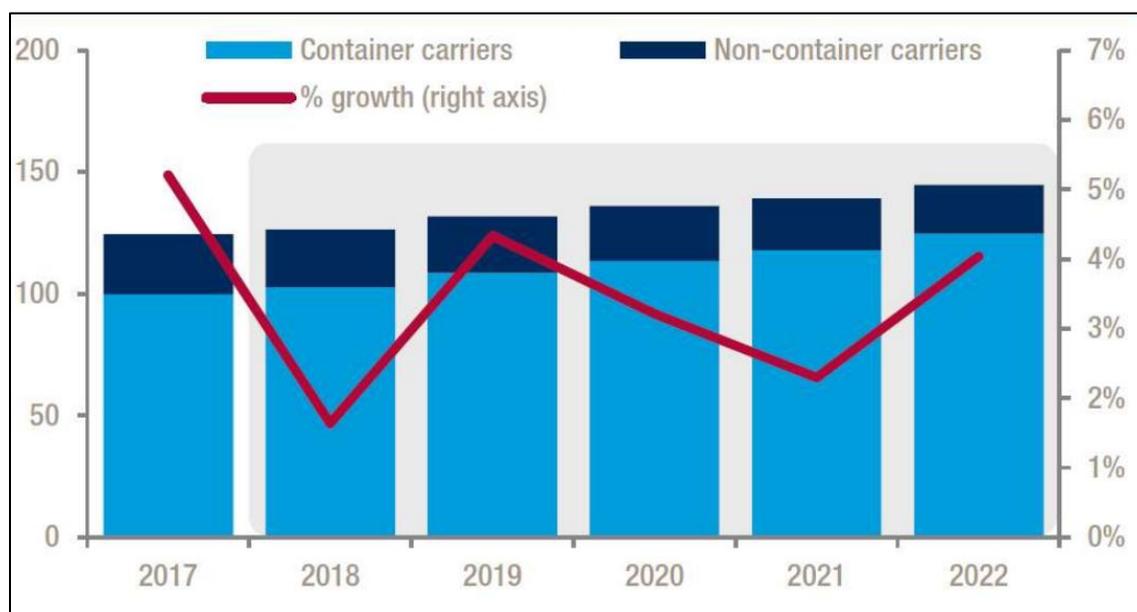
Commercio Globale dei Prodotti Deperibili: L'Italia e il Porto di Genova come Snodi Chiave della Logistica Internazionale

Il commercio internazionale dei prodotti deperibili riveste un ruolo fondamentale nell'economia globale, sostenendo la domanda di alimenti freschi e di alta qualità in tutto il mondo. Questo capitolo analizza il mercato globale dei prodotti deperibili, con particolare attenzione all'importanza del trasporto marittimo e all'uso dei container refrigerati, che costituiscono la spina dorsale della catena di approvvigionamento di questi beni. Esamineremo l'evoluzione delle rotte commerciali marittime e il crescente peso strategico del Mediterraneo, con un focus specifico sull'Italia, che grazie alla sua posizione geografica e ai suoi porti, come quello di Genova, svolge un ruolo chiave nella distribuzione dei prodotti deperibili verso i principali mercati di consumo europei. Saranno inoltre discusse le normative che regolano questo settore, cruciali per garantire la sicurezza alimentare e la qualità dei prodotti. Attraverso questa analisi, il capitolo intende fornire una comprensione approfondita delle dinamiche che governano il commercio di prodotti deperibili e delle sfide logistiche connesse, evidenziando il contributo significativo dell'Italia in questo panorama complesso e in continua evoluzione.

3.1 Il mercato globale dei prodotti deperibili

Il settore dei prodotti deperibili a livello globale presenta un trend di crescita sostenuta, con un volume annuo che si attesta attualmente a 140 milioni di tonnellate.¹ Negli ultimi anni, il settore ha registrato un tasso di crescita compreso tra il 3,5% e il 4%, con una temporanea decelerazione nel 2015². Il trasporto marittimo, in particolare attraverso l'utilizzo di container refrigerati, rappresenta il principale canale di movimentazione di queste merci.

Figura 3.1 distribuzione del carico refrigerato deperibile (Perishable Reefer Cargo) per modalità di trasporto nel periodo 2017-2022, espresso in milioni di tonnellate



Fonte: Drenwy Maritime Research 2023

La figura 3.1 indica una crescita complessiva del trasporto di carichi refrigerati deperibili, con una predominanza del trasporto via container. Nonostante una flessione nel 2018, la crescita percentuale del volume di carico si è stabilizzata e ha mostrato un andamento positivo sino al 2022. Circa l'86% del traffico via mare di prodotti deperibili viene trasportato attraverso container reefer mentre solo il 14% attraverso navi frigo convenzionali.³

¹ L. Folchitto, Il container reefer e le esigenze della merce, pag 5 (2023)

² F.M. Rondini, il container reefer e le esigenze della merce, pag 9 (2023)

³ F.M: Rondini, Il container reefer e le esigenze della merce, pag 15 (2023)

Figura 3.2 Modalità di trasporto per carichi refrigerati deperibili

<i>Commodity</i>	Container carriers	Non-container carriers	Container carriers	Non-container carriers	Total
	%	%	<i>million tonnes</i>	<i>m tonnes</i>	<i>million tonnes</i>
2018					
Bananas	60.0%	40.0%	11.38	7.58	18.96
Citrus	74.0%	26.0%	5.55	1.95	7.51
Deciduous	84.0%	16.0%	8.50	1.62	10.12
Exotics	64.0%	36.0%	2.56	1.44	4.00
Fish/seafood	72.0%	28.0%	15.24	5.93	21.17
Meat/poultry	86.0%	14.0%	24.53	3.99	28.52
Dairy	95.0%	5.0%	2.29	0.12	2.41
Pharma	100.0%	0.0%	1.46	0.00	1.46
Cut Flowers	100.0%	0.0%	0.10	0.00	0.10
Confectionery	100.0%	0.0%	2.16	0.00	2.16
Other	97.0%	3.0%	29.10	0.90	30.00
Total	81.4%	18.6%	102.86	23.53	126.39
2022					
Bananas	75.0%	25.0%	15.88	5.29	21.18
Citrus	78.0%	22.0%	6.50	1.83	8.33
Deciduous	86.0%	14.0%	9.76	1.59	11.35
Exotics	72.0%	28.0%	3.28	1.27	4.55
Fish/seafood	78.0%	22.0%	19.46	5.49	24.95
Meat/poultry	89.0%	11.0%	29.34	3.63	32.97
Dairy	97.0%	3.0%	2.71	0.08	2.79
Pharma	100.0%	0.0%	1.71	0.00	1.71
Cut Flowers	100.0%	0.0%	0.11	0.00	0.11
Confectionery	100.0%	0.0%	2.53	0.00	2.53
Other	97.0%	3.0%	33.35	1.03	34.38
Total	86.0%	14.0%	124.62	20.22	144.84

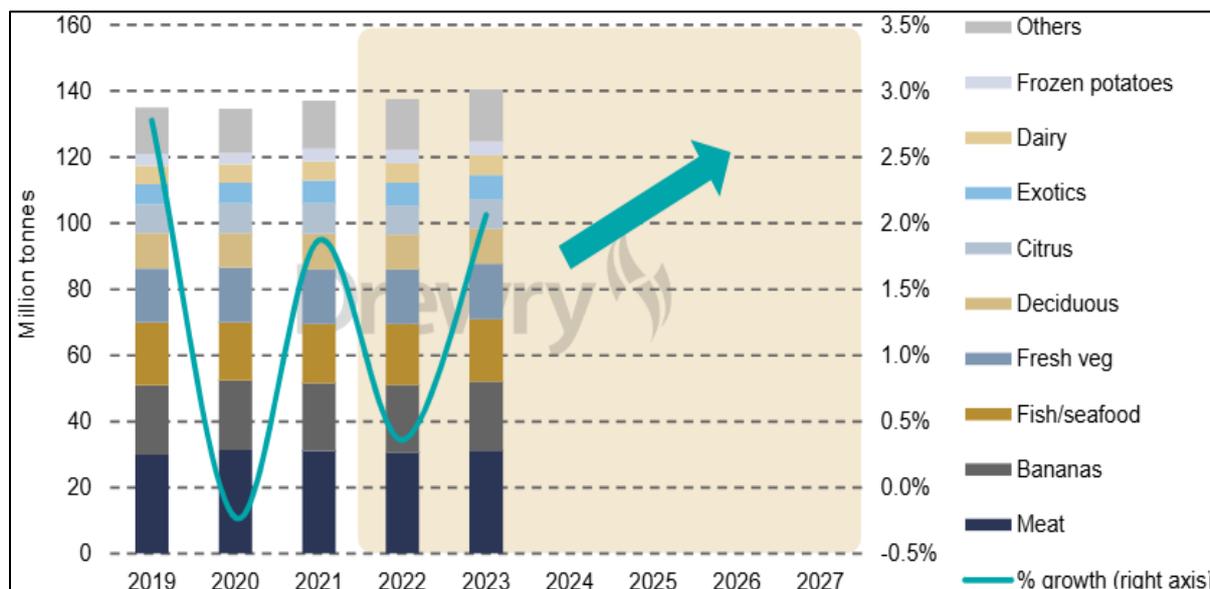
Fonte: Drewry Maritime research 2023

Dalla tabella 3.2 si evince che le navi reefer convenzionali sembrano aver mantenuto una posizione considerevole in alcune delle categorie di prodotti come banane, pesce/frutti di mare, agrumi e frutti esotici. In altri segmenti, in particolare latticini, “altro” e per i prodotti farmaceutici la containerizzazione è la norma. Le banane sono l’unica frutta in grado di influenzare da sola la domanda dei trasporti marittimi refrigerati. Si stima che circa il 95% della produzione destinata all’esportazione è collegata al trasporto via mare e lo rappresentano per circa il 35%.⁴ Il loro raccolto avviene lungo tutto il corso dell’anno e non è limitato ad una particolare stagione. Questo significa che in condizioni meteorologiche normali ci siano solamente piccole fluttuazioni stagionali nella disponibilità di banane per l’esportazione e i

⁴ Il container reefer e le esigenze della merce, L. Folchitto pag 13, (2023)

trasporti abbiano luogo ad intervalli regolari. Infatti nel mercato esistono diverse compagnie che offrono servizi di linea dedicati competitivi come ad esempio: Dole, Del Monte e Cosiarma

Figura 3.2 traffico mondiale via mare dei prodotti deperibili



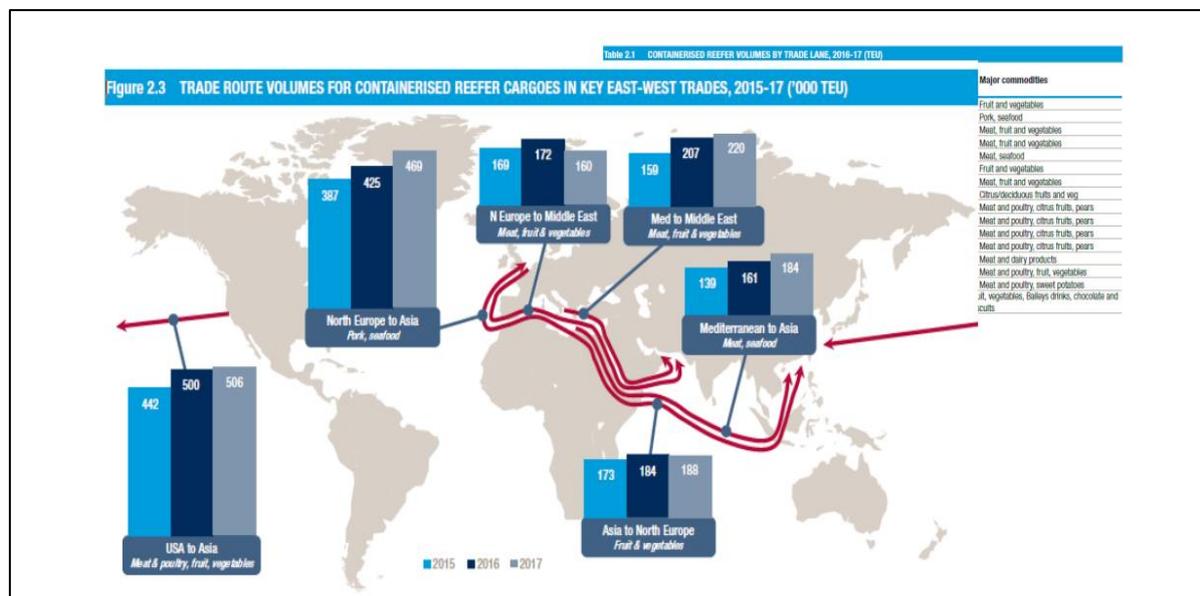
Fonte: Drewry Maritime Research 2023

La Figura 3.2 fornisce una panoramica di come appare il mercato del trasporto marittimo mondiale di merci deperibili. Le principali categorie di prodotti sono banane, carne e pollame, pesce e frutti di mare, e merci etichettate come "altro" (inclusi farmaci, verdure congelate, uova, patate etc). Le categorie di prodotti più piccole includono latticini e vari tipi di frutta: agrumi (arance, limoni, ecc.), frutta decidua (uva, mele, pere, ecc.), ed esotici (ananas, kiwi, avocado, ecc.) Mentre carne e pollame, insieme al pesce, mostrano una crescita marcata, il trasporto di frutta tropicale come banane e agrumi si mantiene relativamente stabile. È interessante notare come il settore farmaceutico stia emergendo come un nuovo importante segmento del mercato, con un incremento costante dei volumi trasportati. Nonostante i cali di percentuale di crescita nel 2020 – 2022 che si sono verificati per via del Covid-19, il grafico evidenzia una crescita del traffico che secondo Drewry supererà il 3% annuo entro il 2024⁵. Le rotte marittime per il trasporto di prodotti deperibili svolgono un ruolo cruciale nell'economia globale, garantendo che alimenti freschi, come carne, frutta, verdura e frutti di mare, raggiungano i mercati internazionali in condizioni ottimali. Questi prodotti, che richiedono un controllo rigoroso della temperatura e tempistiche precise, vengono trasportati su rotte marittime specifiche, che collegano i principali centri di produzione con i mercati di

⁵ Drewry Maritime Research: [Drewry - Maritime Research Opinions - Reefer shipping to outpace dry cargo trade growth](#)

consumo in tutto il mondo. La crescente domanda di alimenti freschi e di alta qualità ha reso queste rotte essenziali, permettendo lo scambio di beni alimentari tra continenti e contribuendo a soddisfare le esigenze alimentari di popolazioni in continua crescita.

Figura 3.3 *Principali rotte marittime delle merci deperibili*



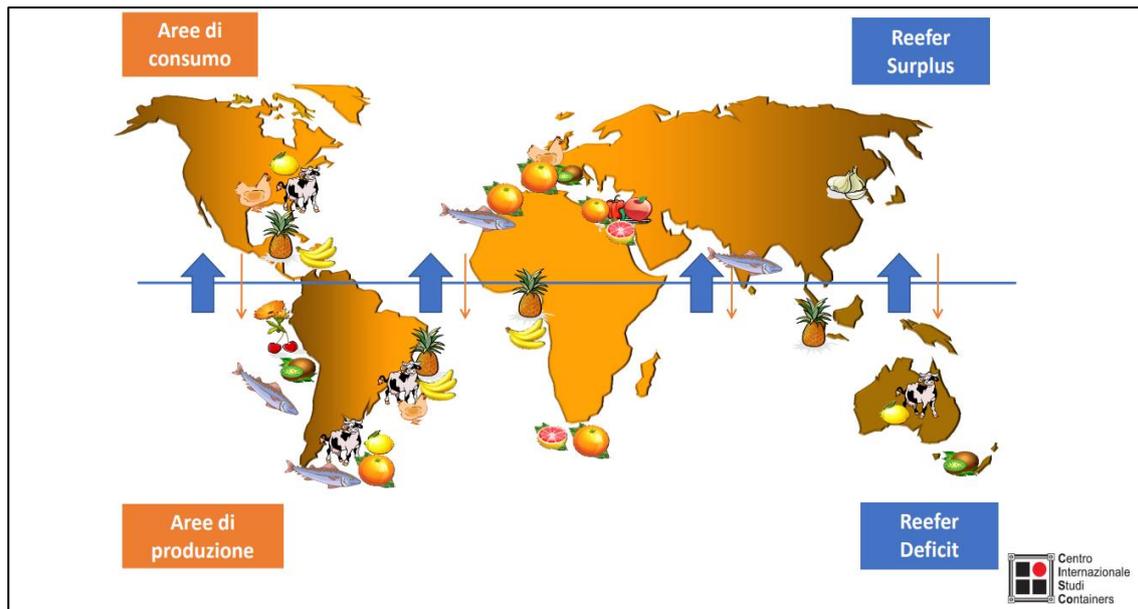
Fonte: *Drewry Maritime Research, 2023*

Le principali rotte marittime sono:

- Stati Uniti verso Asia: Principalmente trasporto di carne, pollame, frutta e verdure.
- Europa del Nord verso Asia: include carne e frutti di mare
- Europa del Nord verso Medio Oriente: per carne, frutta e verdure
- Mediterraneo verso Asia: carne e frutti di mare
- Asia verso Europa del Nord: Principalmente frutta e verdure

Il commercio mondiale di prodotti deperibili, nonostante queste rotte marittime che garantiscono l'approvvigionamento globale, è fortemente sbilanciato. Le aree evidenziate in Figura 3.4 rappresentano le principali regioni produttrici di alimenti deperibili a livello globale. Grazie a climi favorevoli, l'America Latina, l'Africa, l'Oceania e vaste porzioni dell'Asia sono specializzate nella coltivazione di frutta tropicale, nell'allevamento e nella pesca, fornendo al mondo una ricca varietà di prodotti freschi. Tuttavia, la distanza che separa queste aree di produzione dai principali mercati consumatori (Nord America, Europa e Asia orientale) rappresenta una sfida logistica cruciale.

Figura 3.4 Aree di consumo Vs Aree di produzione



Fonte: L. Folchitto, Centro Internazionale Studi Containers, 2022

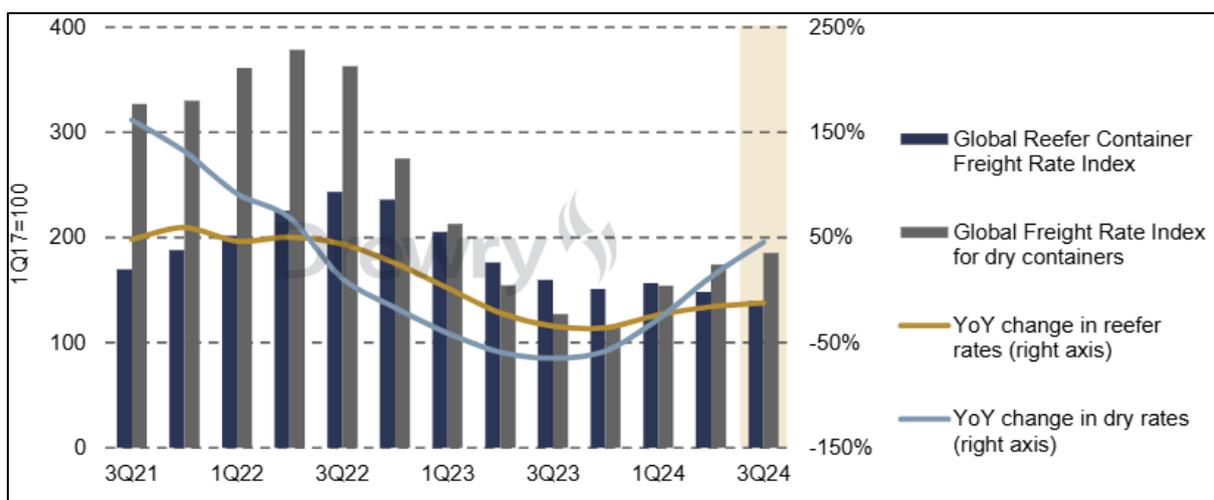
Per garantire che frutta, pesce e altri prodotti deperibili arrivino intatti sulle tavole dei consumatori, è indispensabile un sistema di trasporto refrigerato altamente efficiente. La domanda di prodotti freschi nei paesi sviluppati supera spesso l'offerta locale, rendendo le importazioni essenziali per soddisfare i bisogni dei consumatori. Di conseguenza, si crea un flusso costante di container refrigerati (reefer) dalle aree di produzione verso i mercati di consumo. Un aspetto fondamentale della logistica della catena del freddo è la gestione equilibrata dell'offerta e della domanda di container refrigerati. Nei paesi consumatori, si registra spesso un surplus di reefer vuoti al termine delle importazioni, mentre nelle aree di produzione la richiesta supera l'offerta disponibile. Questa disparità genera la necessità di redistribuire i container vuoti verso le regioni produttrici, al fine di garantire la continuità delle esportazioni e prevenire perdite economiche dovute a ritardi nelle spedizioni. Le implicazioni sul mercato derivanti dalle dinamiche descritte prima, sono molteplici e riguardano vari aspetti del commercio globale, della logistica, e della competitività delle imprese:

- gestione del surplus e deficit di reefer: il surplus di reefer nelle aree di consumo e il deficit nelle aree di produzione comportano costi aggiuntivi per le imprese, poiché è necessario riposizionare i container vuoti. Questi costi possono incidere sui margini di profitto delle aziende e, di conseguenza, influenzare i prezzi finali dei prodotti nei mercati di consumo

- Aumento dei costi di trasporto: se il deficit di container refrigerati non viene gestito efficacemente, le aziende potrebbero affrontare ritardi nelle spedizioni, che possono portare a un aumento dei costi di trasporto, compresi quelli legati alla conservazione dei prodotti e al rischio di deterioramento.
- Variazione dei prezzi: le inefficienze logistiche e i costi aggiuntivi legati alla gestione dei reefer possono tradursi in un aumento dei prezzi al consumo. Le fluttuazioni nei prezzi dei prodotti deperibili possono essere particolarmente marcate nei mercati che dipendono fortemente dalle importazioni
- Impatto sulla disponibilità: la disponibilità di prodotti deperibili nei mercati di consumo può essere compromessa se non ci sono sufficienti container refrigerati per il trasporto. Questo potrebbe portare a carenze temporanee di determinati prodotti, specialmente durante i periodi di alta domanda.

In particolare lo squilibrio di mercato e la possibile carenza di equipment crea rate di nolo reefer molto instabili e fluttuanti. Nel corso del secondo trimestre del 2022, le tariffe di noleggio dei container refrigerati sono aumentate del 50% in tutto il mondo, raggiungendo lo stesso livello dei prezzi per il trasporto di merci secche.

Figura 3.4 Drewry global reefer container freight rate index



Fonte Drewry Maritime Research 2024

L'indice globale delle tariffe di noleggio dei container reefer di Drewry, che tiene conto delle tariffe delle 15 rotte commerciali più importanti, è aumentato del 50,4% su base annua nel secondo trimestre del 2022 continuando a crescere nel 2023, sebbene a un ritmo più lento. Secondo il rapporto di Drewry, la filiera dei container refrigerati si trova in una situazione

precaria a causa dei costi estremamente elevati per materiali come fertilizzanti, imballaggi ed energia. Inoltre, le tariffe di trasporto rimangono insostenibilmente elevate, causando una diminuzione delle spedizioni da parte di molti importatori, in particolare quelli che spostano prodotti di basso valore. Tuttavia, Drewry prevede che la crescita del commercio marittimo di reefer accelererà nei prossimi anni, espandendosi a un tasso medio annuo di circa il 3% negli anni fino al 2026. Questo sarà guidato principalmente dal cambiamento modale verso la containerizzazione, che dovrebbe crescere al ritmo più veloce.⁶

3.2 Le principali normative di mercato

Il mercato dei prodotti deperibili è regolamentato da una serie di norme e disposizioni legali a livello internazionale, europeo e nazionale. Queste normative sono volte a garantire la sicurezza alimentare, la qualità dei prodotti, la tracciabilità, e la protezione dei consumatori. A livello internazionale le principali norme sono:

- **Codex Alimentarius:** Il Codex Alimentarius, istituito nel 1963 dalla FAO e dall'OMS, rappresenta uno strumento fondamentale per garantire la sicurezza alimentare a livello globale. Questo codice, sviluppato congiuntamente dalle due organizzazioni delle Nazioni Unite, ha come obiettivo primario la tutela della salute dei consumatori e la promozione di pratiche leali nel commercio internazionale degli alimenti. Il Codex fornisce linee guida e standard relativi a un'ampia gamma di prodotti alimentari, inclusi quelli deperibili, coprendo aspetti cruciali come la sicurezza microbiologica, i limiti di residui di pesticidi e altri fattori che possono influenzare la qualità e la salubrità degli alimenti. Sebbene non abbia valore legale vincolante a livello internazionale, il Codex Alimentarius costituisce una base di riferimento imprescindibile per l'elaborazione delle legislazioni nazionali in materia di sicurezza alimentare e per la risoluzione delle dispute commerciali relative agli alimenti.
- **Accordo SPS (Sanitary and Phytosanitary Measures):** L'Accordo sulle Misure Sanitarie e Fitosanitarie (SPS), sottoscritto nell'ambito dell'Accordo di Marrakech del 1995, istitutivo dell'Organizzazione Mondiale del Commercio (OMC), detta le regole per le misure che i paesi possono adottare per proteggere la salute umana, animale e vegetale. L'accordo mira a garantire che tali misure siano basate su prove scientifiche e non

⁶ Drewry Maritime Research 2024: [Drewry - Maritime Research Opinions - Reefer freight rates are still going down – what is to come in an uncertain trade environment?](#)

costituiscano barriere commerciali ingiustificate. I membri dell'OMC sono tenuti a notificare le proprie misure SPS all'Organizzazione e a concedere agli altri membri un adeguato periodo di tempo per presentare osservazioni. In questo modo, l'accordo SPS promuove un commercio internazionale aperto e sicuro, evitando discriminazioni nei confronti dei prodotti importati.

- HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points): "Sviluppato originariamente dalla NASA negli anni '60 per garantire la sicurezza alimentare degli astronauti, il sistema HACCP è oggi uno standard internazionale ampiamente riconosciuto nell'industria alimentare. Basato su sette principi fondamentali, l'HACCP prevede un'analisi sistematica dei rischi potenziali lungo tutta la catena alimentare, dall'origine alla tavola. L'identificazione e il controllo dei punti critici di controllo (CCP) permettono di prevenire e mitigare i rischi microbiologici, chimici e fisici, garantendo la sicurezza e la qualità dei prodotti alimentari. L'implementazione dell'HACCP è obbligatoria per legge in molti Paesi, in particolare per i prodotti alimentari deperibili.
- GDP (Good Distribution Practice): La Good Distribution Practice, o GDP, è un insieme di norme e procedure rigorose che governano ogni fase della distribuzione dei medicinali, dal produttore al paziente. Questo sistema, fondamentale per l'industria farmaceutica, ha come obiettivo primario garantire che i farmaci mantengano inalterati i loro standard di qualità, sicurezza ed efficacia lungo tutto il percorso. Dalla selezione accurata dei fornitori, alla gestione delle condizioni di trasporto, fino allo stoccaggio e alla documentazione dettagliata di ogni singola operazione, la GDP copre un ampio spettro di attività. Ogni fase è monitorata attentamente per prevenire qualsiasi tipo di contaminazione, deterioramento o alterazione del prodotto. La qualificazione del personale, addestrato a seguire scrupolosamente le procedure, è un altro pilastro fondamentale della GDP.

Per quanto riguarda invece le normative europee, le più importanti sono:

- Regolamento (CE) n. 178/2002: Conosciuto come "Regolamento quadro sulla sicurezza alimentare", questo stabilisce i principi generali e i requisiti del diritto alimentare dell'UE, la creazione dell'Autorità europea per la sicurezza alimentare (EFSA) e le procedure in materia di sicurezza alimentare.

- Regolamento (CE) n. 852/2004: Stabilisce norme generali in materia di igiene per gli alimenti, che coprono tutte le fasi della produzione, trasformazione e distribuzione dei prodotti deperibili.
- Regolamento (CE) n. 853/2004: Specifica norme igieniche per gli alimenti di origine animale, come carne, pesce, latte e uova, con particolare attenzione ai requisiti per il trasporto e la conservazione.

Infine per l'Italia:

- D.Lgs. 6 novembre 2007, n. 193: Recepisce le direttive europee in materia di sicurezza alimentare, regolamentando l'igiene e la sanità dei prodotti alimentari in Italia.
- Legge n. 283/1962: È una delle leggi fondamentali per la disciplina igienica della produzione e della vendita delle sostanze alimentari e delle bevande in Italia.
- Codice del Consumo (D.Lgs. 206/2005): Regola la tutela dei consumatori, compresi i diritti riguardanti la sicurezza, la qualità e la corretta informazione sui prodotti alimentari.
- Decreto Ministeriale 16 dicembre 1993: Regola le condizioni di conservazione, produzione e distribuzione di prodotti deperibili, con particolare attenzione alla catena del freddo

Il mercato dei prodotti deperibili è fortemente regolamentato per garantire la sicurezza e la qualità degli alimenti, proteggere i consumatori e facilitare il commercio internazionale. La conformità a queste norme è essenziale per operare con successo in questo settore.

3.3 L'importanza del mediterraneo e il ruolo dell'Italia

Il commercio mondiale per via marittima è interessato ormai da diversi anni da profondi cambiamenti, segnati dalla forte crescita dei traffici marittimi e dalla crescente centralità del Mediterraneo. Il Mar Mediterraneo rappresenta per l'Unione Europea un'importantissima via di scambio marittimo, poiché consente di mettere in comunicazione l'Europa con l'Africa, l'Oceano Atlantico e quello Indiano. Esso, dunque, rappresenta un nodo strategico per lo sviluppo commerciale e industriale comunitario. Attraverso il bacino del Mediterraneo passa il traffico mercantile navale da e per India, Cina, Corea del Sud e Giappone non solo dai porti degli Stati comunitari del sud, ma anche da quelli atlantici e baltici di Francia, Belgio, Paesi Bassi, Germania, Polonia e Scandinavia. Non ultimo, il Mediterraneo è connesso al Mar Nero, consentendo il raggiungimento dei porti di Bulgaria e Romania ,attraverso il Mar di Marmara,

e contribuendo direttamente anche allo sviluppo del commercio fluviale sul Danubio che porta al cuore dell'Europa continentale. Il mediterraneo sta cambiando da mare di passaggio a mare di competizione questo perché si trova al centro di 4 macroaree regionali.

Figura 3.5 Le 4 macroaree economiche regionali



Fonte: SMR Centro Studi e Ricerche 2023

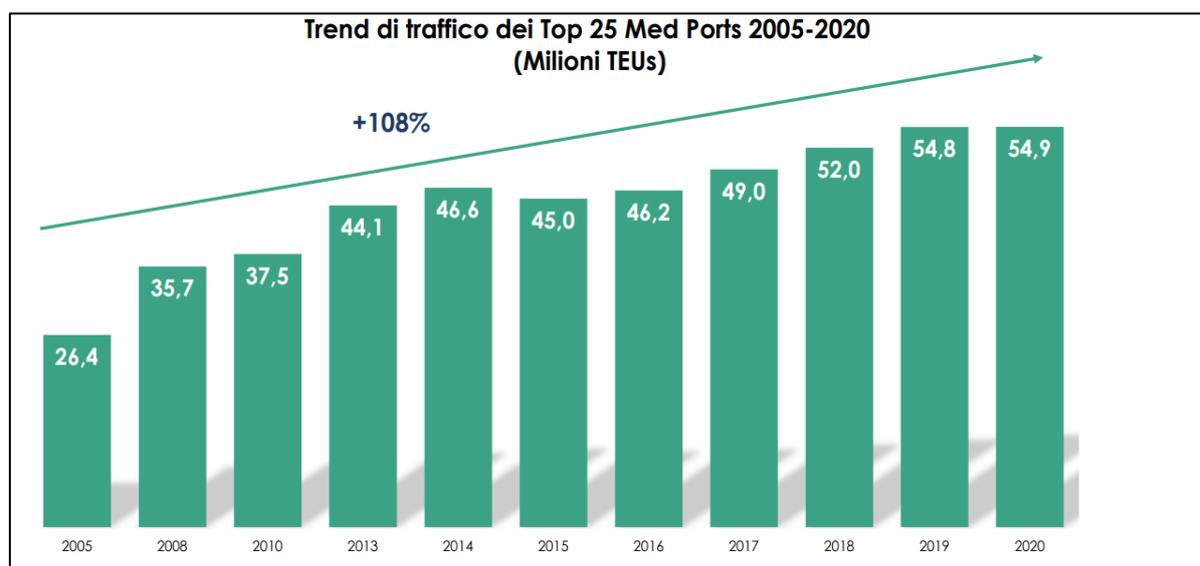
Essendo un mare chiuso per definizione, il Mediterraneo presenta diversi nodi cruciali che sono collocati, da ovest verso est, presso: Stretto di Gibilterra (consente la comunicazione con l'Oceano Atlantico e, attraverso esso, con il Mare del Nord - tramite La Manica - e l'Oceano Artico), stretti dei Dardanelli e del Bosforo (tramite il Mare di Marmara in Turchia, permettono il collegamento con il Mar Nero), canale di Suez (permette il collegamento con il Mar Rosso che, a sua volta, tramite lo Stretto di Bab-el-Mandab, consente i collegamenti con l'Oceano Indiano e il Golfo Persico). Quest'ultimo canale, rappresenta circa il 12% del traffico mondiale, il 30 % del flusso merci containerizzato e il 40% dell'import ed export marittimo italiano.⁷ Il Mediterraneo conferma la sua rilevanza nel panorama geoeconomico globale. Nonostante le turbolenze geopolitiche, si prevede una crescita annua dei traffici container nella regione superiore al 3% fino al 2028, superando la media mondiale del 2,5%.⁸ Questa dinamica positiva è alimentata da una crescente tendenza alla regionalizzazione dei flussi commerciali, che tuttavia non intacca il ruolo centrale dell'Asia, guidata dalla Cina, nella produzione mondiale. In particolare, si osserva un rafforzamento degli scambi tra l'UE e la Cina, con un conseguente consolidamento delle rotte marittime che collegano l'Asia al bacino euro-

⁷ Assoporti, Port Infographics 2024

⁸ SMR & Intesa San Paolo, Rapporto 2024 Italian Maritime Economy

mediterraneo. La crescente importanza delle rotte marittime a corto raggio è strettamente legata all'aumento del nearshoring. Sempre più aziende, soprattutto in Asia, stanno delocalizzando la propria produzione verso paesi del Mediterraneo come Turchia, Egitto e Tunisia, al fine di ridurre i rischi legati alla globalizzazione e di avvicinare i mercati di sbocco. Questa tendenza ha stimolato lo sviluppo di servizi marittimi regolari e di una flotta specializzata, in grado di soddisfare le esigenze di una supply chain più flessibile e reattiva. I porti mediterranei beneficiano di una duplice dinamica: da un lato, l'intensificarsi degli scambi commerciali tra Asia ed Europa, dall'altro, la crescente tendenza alla regionalizzazione dei flussi. Questa combinazione li pone in una posizione di particolare vantaggio.

Figura 3.6 Aumento del traffico TEUs nel Mediterraneo



Fonte: SMR su Autorità portuale , 2021

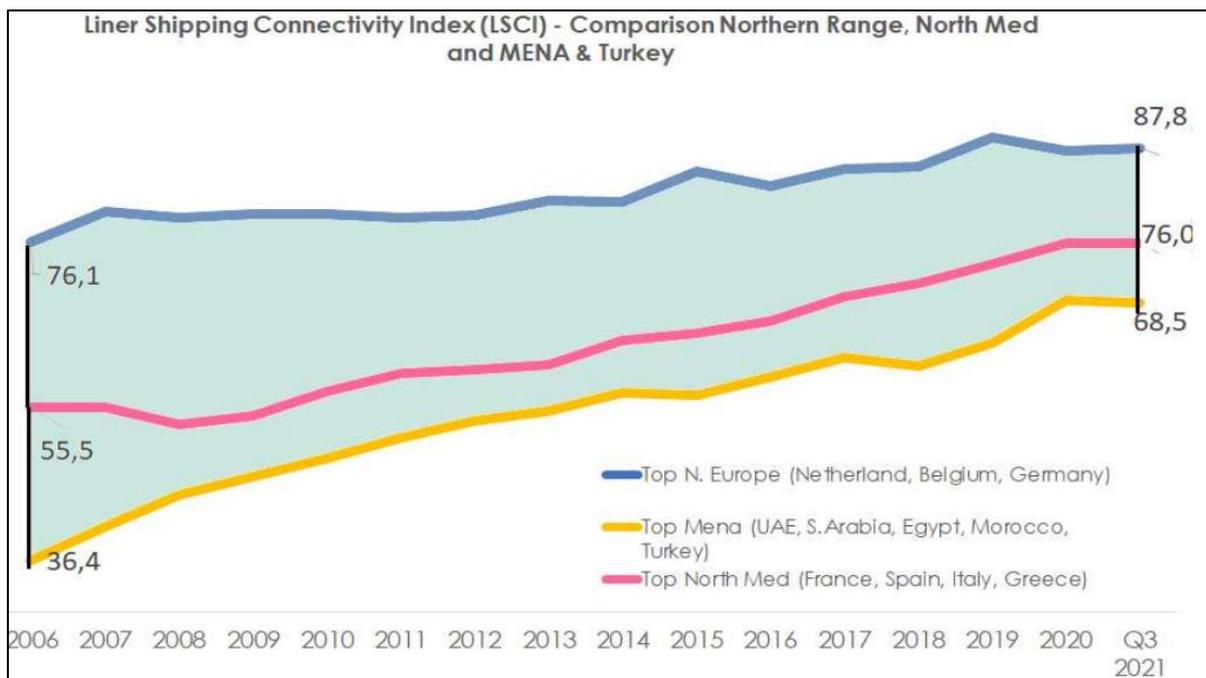
La figura 3.6 mostra l'importanza dei traffici containers sul mediterraneo e di come questi siano in costante crescita. In particolare si è registrato dal 2005 al 2020, un aumento del 108% confermando quanto il mediterraneo sia fondamentale per gli equilibri commerciali. Il bacino del mediterraneo, pur coprendo solo l'1 per cento dei mari del mondo, rappresenta il 20% del traffico marittimo mondiale, è attraversato dal 27% delle linee di transito container e il 30% dei flussi di petrolio e gas nord-sud ed est-ovest compresi gli oleodotti⁹. Concentra intorno le sue coste l'attività di 18 porti la cui singola attività supera 1 milione di TEU.¹⁰ I porti del Mediterraneo stanno migliorando la loro competitività e capacità attrattiva; al 2 trimestre 2022, l'indice dell'UNCTAD, Port Liner Shipping Connectivity Index (PLSCI) dei porti Med è

⁹Fonte: <https://mondointernazionale.org/focus-allegati/mar-mediterraneo-e-scambi-commerciali-analisi-geo-economica-del-commercio-marittimo-dellunione-europea-nel-mediterraneo> 2024

¹⁰ Study Maritime Research rapporto 2022

aumentato di circa 20 punti dal 2006. Il divario con i porti del Nord Europa è in costante diminuzione. Il grafico 3.7 confronta l'evoluzione nel tempo dell' LSCI di tre regioni: l'Europa del Nord, il Nord Mediterraneo e il MENA e Turchia. I dati mostrano come l'Europa del Nord sia da sempre la regione più connessa, grazie a una lunga tradizione nel settore marittimo e a infrastrutture portuali all'avanguardia. Il Nord Mediterraneo e il MENA hanno invece registrato una crescita significativa negli ultimi anni, grazie a investimenti in infrastrutture e a politiche di liberalizzazione del commercio.

Figura 3.7 Evoluzione del LSCI



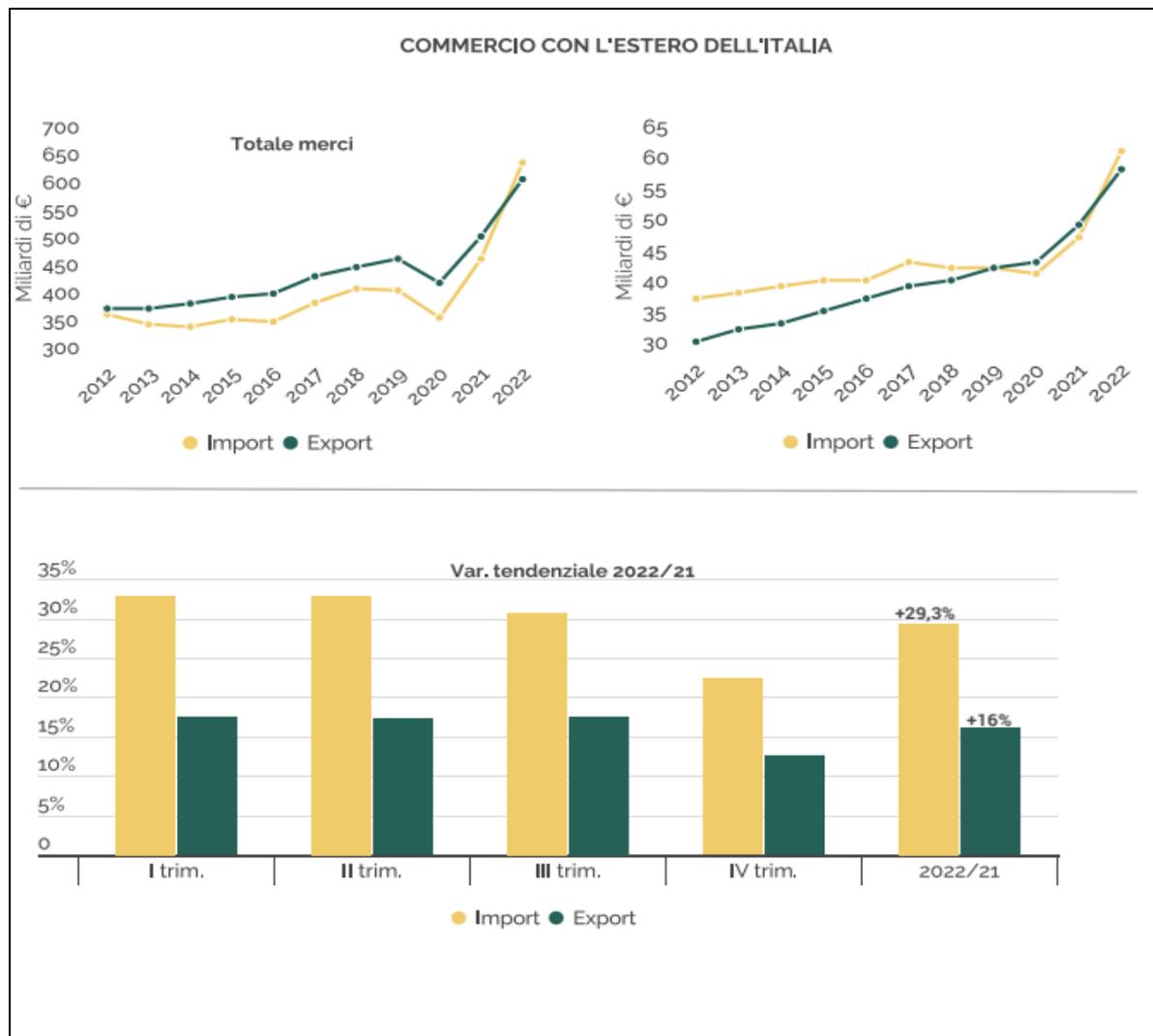
Fonte: SMR su UNCTAD 2022

Secondo SMR (Studi e Ricerche per il Mezzogiorno), il trend positivo dei porti del mediterraneo sarà destinato a continuare registrando nei prossimi tre anni la seconda migliore performance dopo la Cina per traffico di container movimentati con una variazione media annua del 4,9%¹¹. La posizione dell'Italia, al cuore del Mediterraneo ma con lo "sguardo" commerciale da sempre rivolto a nord, porta con sé importanti opportunità, in termini di commercializzazione di prodotti deperibili. I paesi terzi mediterranei vedono nell'Italia il ponte ideale per il transito verso l'Europa del Nord dei loro sempre più apprezzati prodotti ortofrutticoli mentre, dall'altro lato, i cosiddetti "prodotti fuori stagione" dell'emisfero sud sbarcano in quote crescenti presso i reefer terminal dei porti italiani (Vado, Genova, Ravenna,

¹¹ SMR , il Mediterraneo come ponte tra popolazioni , patrimonio e culture 2022

Livorno etc) Grazie ai porti italiani, la penetrazione nel mercato europeo dei grandi produttori ortofrutticoli mondiali (Sud Africa, Oceania, Cono Sud delle Americhe su tutti) mostra tutto il suo peso e la sua efficienza.

Figura 3.6 Commercio estero merci deperibili dell'Italia



Fonte: Rapporto CREA 2023

Il 2022 segna valori record per il commercio estero totale di merci dell'Italia. L'incremento delle esportazioni è pari al 20% mentre dal lato dell'import l'aumento supera il 36%, raggiungendo i 655 miliardi di euro. Si tratta di 175 miliardi di euro in più rispetto all'import del 2021, quando il rimbalzo dopo il primo anno del covid aveva già determinato valori in netta crescita. Anche l'export cresce di oltre 100 miliardi in un solo anno, raggiungendo quasi 625 miliardi di euro nel 2022. Dal 2020, quando la pandemia aveva eroso parte del valore dell'export italiano portandolo a 436 miliardi, c'è stato un incremento complessivo di quasi 200 miliardi nell'ultimo biennio. Per quanto riguarda il settore dei

prodotti deperibili, il 2022 mostra una forte crescita in valore degli scambi, nettamente più marcata di quella già significativa del 2021. In particolare, l'export cresce del 16%, raggiungendo il valore record di 59,4 miliardi di euro. Come evidenziato per il commercio totale anche per il commercio dei prodotti deperibili l'aumento in valore dell'import supera quello dell'export. Il valore delle importazioni raggiunge il primato di 63 miliardi di euro circa, con un aumento di quasi il 30% in un solo anno. Guardando alla distribuzione geografica degli scambi del settore dei prodotti deperibili, nel 2022 l'area dell'UE concentra il 58% delle vendite all'estero e il 68,1% degli acquisti, quote il leggero calo rispetto al 2021. Si riduce l'incidenza delle esportazioni verso gli Altri Paesi Europei (non mediterranei), in particolare verso il Regno Unito, l'Ucraina e la Russia.

Figura 3.7 Commercio prodotti deperibili dell'Italia per aree geografiche

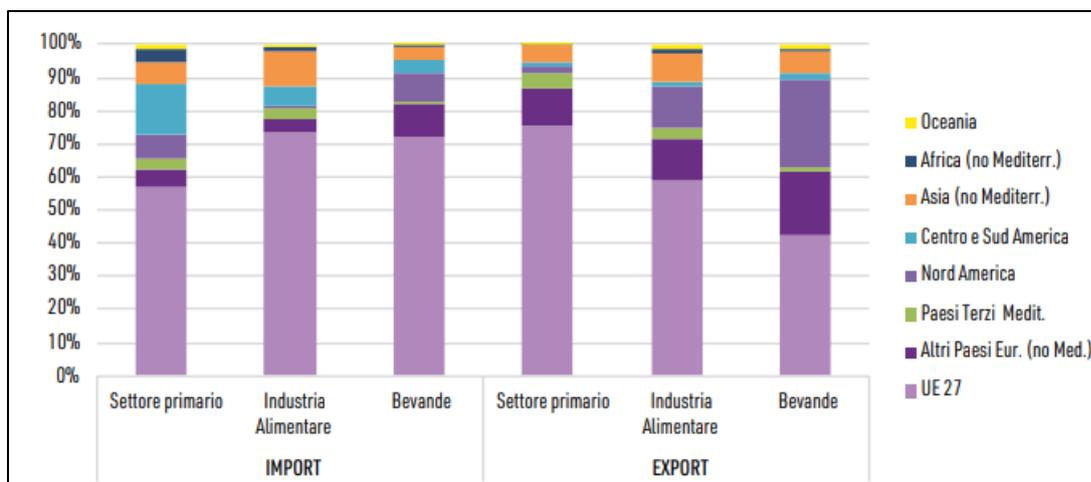
	Import			Export			Saldo		Saldo normalizzato (%)	
	2022	2021	Var. %	2022	2021	Var. %	2022	2021	2022	2021
UE 27	42.813	33.201	29,0	34.464	29.784	15,7	-8.349,2	-3.416,9	-10,8	-5,4
Altri Paesi Europei (no Med.)	2.648	1.827	44,9	8.030	7.245	10,8	5.381,7	5.417,5	50,4	59,7
Paesi Terzi Mediterranei Europei	159	151	5,3	385	322	19,7	226,2	170,8	41,5	36,1
Paesi Terzi Mediterranei Asiatici	863	810	6,5	802	668	20,2	-60,1	-141,8	-3,6	-9,6
Paesi Terzi Mediterranei Africani	989	922	7,2	828	601	37,9	-161,1	-321,8	-8,9	-21,1
Nord America	2.074	1.748	18,7	7.887	6.670	18,2	5.812,5	4.921,8	58,4	58,5
Centro America	951	786	21,0	320	244	30,9	-631,1	-541,5	-49,7	-52,6
Sud America	4.782	3.573	33,8	657	504	30,5	-4.124,7	-3.068,9	-75,8	-75,3
Asia (no Mediterranei)	5.676	4.028	40,9	4.520	3.877	16,6	-1.155,8	-151,4	-11,3	-1,9
Africa (no Mediterranei)	1.435	1.170	22,7	515	442	16,6	-920,3	-728,3	-47,2	-45,2
Oceania	457	407	12,3	839	737	13,9	382,1	329,8	29,5	28,8
Totali diversi	46	17	176,5	155	119	29,9	108,6	102,6	53,9	75,4
MONDO	62.894	48.639	29,3	59.403	51.211	16,0	-3.491,2	2.571,9	-2,9	2,6

Fonte: CREA su dati Istat 2023

Si riduce, per il secondo anno consecutivo, il peso del Nord America come fornitore dell'Italia, mentre continua a crescere l'incidenza del mercato nordamericano come cliente, confermandosi il principale mercato di destinazione extraeuropeo. Sempre più importante il ruolo dell'Asia come fornitore dell'Italia, con un peso del 9% sull'import dei prodotti deperibili italiani, pari a quasi 5,7 miliardi di euro nel 2022. A incidere su tale andamento sono tutti i principali prodotti di importazione come gli acidi grassi per l'industria cosmetica e i prodotti ittici. I paesi dell'UE 27 si confermano essere i principali partners dell'Italia. Il 57,2% degli acquisti del settore primario proviene dai paesi membri, il 73,7% per l'industria alimentare, e infine il 71,4% per le bevande. L'Europa conferma il ruolo di leader anche dal lato delle esportazioni con il 75,5% delle vendite del settore primario diretto agli Stati membri, il 58,5% dell'industria alimentare e il 42,5% delle bevande. Al Nord America è destinato il 12% dei prodotti dell'industria alimentare e il 26,3% delle bevande restano, come lo scorso anno, al margine le esportazioni del settore primario (1,8%). Dalla stessa area proviene il 7,3% degli

acquisti del settore primario e l'8,6% delle bevande. Dal Centro e dal Sud America, invece, giunge il 15% degli acquisti del settore primario, il 6,8% proviene dai paesi dell'Asia.

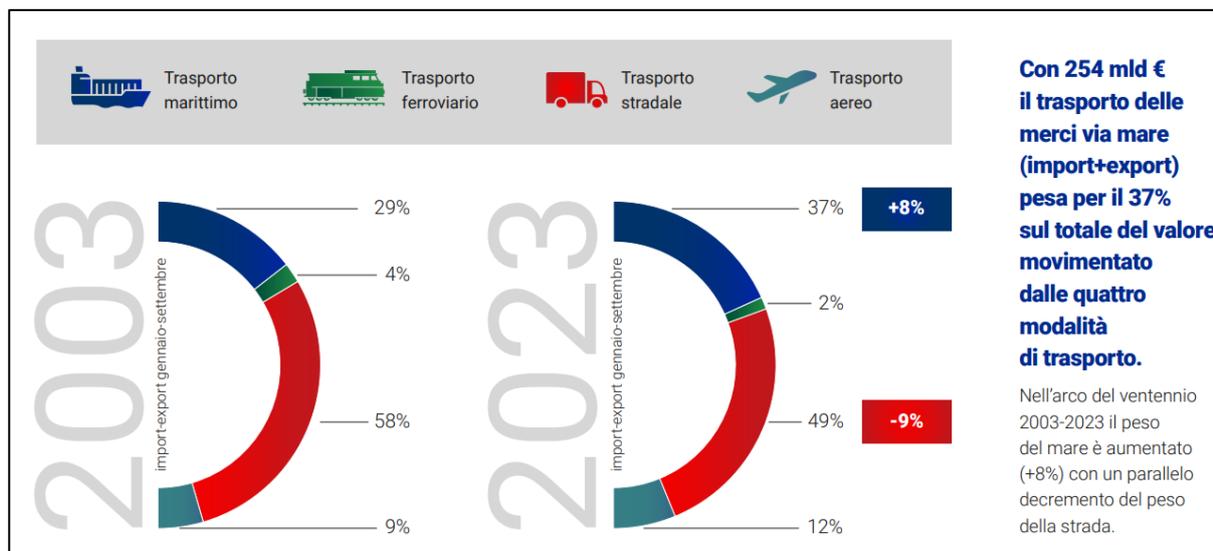
Figura 3.8 Distribuzione per comparti dei prodotti deperibili



Fonte: Elaborazioni CREA su dati Istat 2023

A quest'ultima è destinato, inoltre, l'8,5% delle vendite dell'industria alimentare, dato in linea con quello rilevato nel 2021, e il 6,9% delle bevande. Come già visto in precedenza il trasporto via mare gioca un ruolo fondamentale per il commercio dei diversi prodotti deperibili.

Figura 3.9 Commercio italiano dipende sempre più dal mare

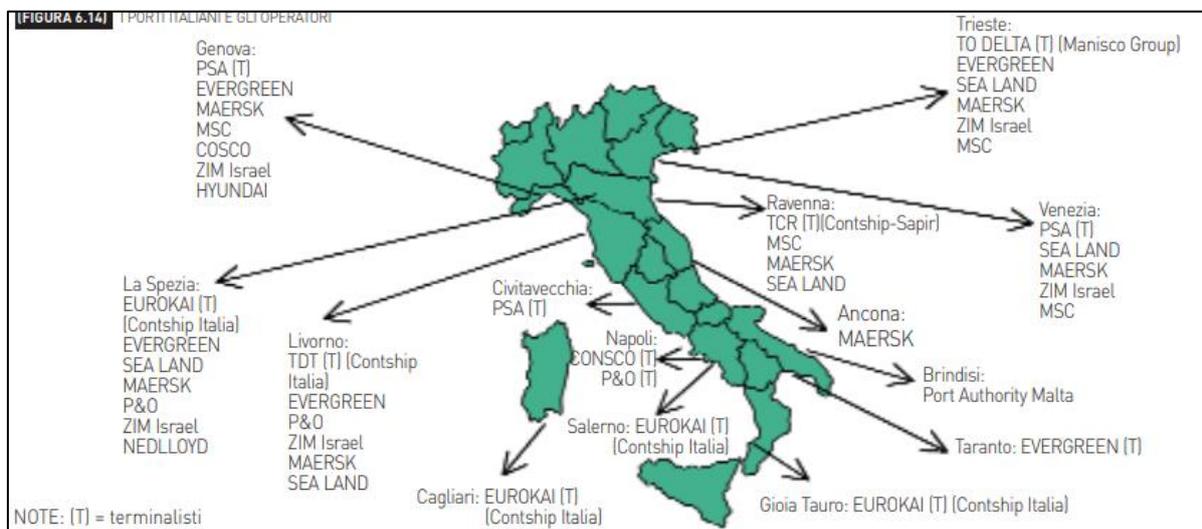


Fonte: SMR su dati Istat 2023

La figura 3.9 confronta la distribuzione delle modalità di trasporto delle merci in Italia nei periodi gennaio-settembre 2003 e gennaio-settembre 2023, evidenziando i cambiamenti avvenuti in vent'anni. Nel 2003, la maggior parte delle merci, pari al 58%, veniva trasportata

su strada, rendendo questa modalità la più utilizzata. Il trasporto via mare rappresentava il 29%, mentre quello aereo il 9% e quello ferroviario solo il 4%. Nel 2023, si osserva un cambiamento significativo: la quota del trasporto su strada è scesa al 49%, una diminuzione di 9 punti percentuali, mentre il trasporto marittimo è aumentato al 37%, con un incremento di 8 punti percentuali rispetto al 2003. Anche la quota del trasporto aereo è cresciuta, raggiungendo il 12%, mentre il trasporto ferroviario è sceso al 2%. Il trasporto marittimo pesa per il 37% sul totale del valore del commercio italiano, un aumento che riflette l'importanza crescente di questa modalità nel contesto economico del paese. Allo stesso tempo, il calo del trasporto su strada suggerisce una riduzione della dipendenza da questa modalità, probabilmente dovuta a una maggiore attenzione alle questioni ambientali, al miglioramento delle infrastrutture logistiche e a un cambiamento nella struttura del commercio. In questo contesto, i porti italiani, quindi, non solo facilitano l'esportazione di beni italiani verso mercati globali, ma fungono anche da hub logistici chiave, supportando l'intera catena del valore del commercio estero.

Figura 3.10 porti italiani e gli operatori



Fonte: Uniontrasporti 2023

La situazione dei porti italiani presenta numerosi aspetti positivi a partire dai volumi di merce trasportati che risultano maggiori di quelli intercettati dal trasporto stradale e ferroviario. Inoltre al contrario del settore aeroportuale, i porti italiani riescono a soddisfare tutta la domanda nazionale di movimentazioni marittime e mostrano ulteriore potenziale per aumentare l'attrattività verso la domanda di movimentazione estera. I volumi saranno destinati a crescere con la realizzazione dei grandi corridoio intermodali voluti dall'Unione Europea. I porti italiani di conseguenza si stanno adeguando attraverso la promozione di forme di logistica

integrata , in modo da funzionare da generatori ed attrattori dei traffici che si sviluppano lungo questi grandi corridoi.

3.4 I Ports of Genoa

I Ports of Genoa, gestiti e coordinati dall’Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale, giocano un ruolo fondamentale nel processo di approvvigionamento di prodotti deperibili per il settore alimentare e retail italiano. Il mese di agosto 2024 è stato caratterizzato da una crescita delle merci movimentate nei Porti del Sistema del Mar Ligure Occidentale, 4.992.670 tonnellate (+2,4%) rispetto allo stesso periodo del 2023. In particolare, si sono registrati risultati molto positivi per quanto riguarda il comparto container (+33,7%).

La crescita mensile relativa alle unità di carico movimentate nel settore container è stata del 18,4% rispetto al 2023, per un totale di 255.445 TEU movimentati.

L’ottimo trend delle movimentazioni dei container di agosto 2024 rispetto allo stesso mese del 2023 è in massima parte da collegare all’incremento del transhipment (+194,5%). L’incremento di questa tipologia di movimentazione è dipeso dalle scelte organizzativo-logistiche delle compagnie che fanno scalo nei terminal del Sistema Portuale in risposta alle difficili condizioni di navigazione presenti nel Mar Rosso. Il porto di Genova, con sei milioni di metri quadrati dispiegati lungo una fascia costiera di 22 chilometri, è il principale scalo mercantile italiano. Esso gode di una posizione favorevole dal lato mare che lo rende adatto ad intercettare facilmente i traffici che percorrono le principali rotte mediterranee.

Dal lato terra, la prossimità fisica al Piemonte e Lombardia ne fanno il principale porto di riferimento per il Nord-ovest, area che contribuisce per circa il 38% al valore totale delle esportazioni italiane.¹² Considerando il Sistema Portuale di Genova nel complesso, con 63,7 milioni di tonnellate di merce movimentata, quest’ultimo risulta primo in Italia.

Il Sistema Portuale rimane primo in Italia anche considerando i TEU movimentati pari, nel 2024, a 2,7 milioni di tonnellate, ovvero circa il 25% del totale nazionale.¹³ In riferimento al contesto economico del territorio, secondo gli ultimi dati disponibili al 2022, Genova si posiziona al 1° posto in Liguria per Valore aggiunto generato, pari a circa 28,6 miliardi di Euro, ovvero il 59,4% del totale regionale.¹⁴

¹² Istat, Esportazioni delle regioni italiane, 2024

¹³ [Homepage - Autorità di Sistema Portuale Mar Ligure Occidentale \(portsofgenoa.com\)](https://portsofgenoa.com)

¹⁴ The European House Ambrosetti, Think tank Liguria 2030 rapporto strategico 2024

A trainare l'andamento positivo del valore aggiunto della provincia di Genova è il settore dell'Economia del mare: infatti, Genova si colloca al 4° posto a livello nazionale per valore aggiunto generato dall'Economia del mare sul totale provinciale con un valore pari al 12%, mentre risulta la prima provincia in termini assoluti per valore generato dalla Blue Economy pari a circa 3,3 miliardi di Euro.¹⁵ Tra i diversi ports of genoa, quelli che contribuiscono maggiormente alla continuità della catena del freddo sono:

- Il Reefer terminal di Vado Ligure
- PSA Genova Prà
- Terminal PSA SECH

Il Porto di Vado Ligure, situato nella parte occidentale del sistema portuale ligure, rappresenta un nodo strategico per la logistica nel Mediterraneo, con una forte specializzazione nella movimentazione della frutta. Questo scalo portuale si distingue come il principale punto di sbarco di prodotti ortofrutticoli nell'area mediterranea, offrendo un'infrastruttura avanzata e tecnologicamente all'avanguardia. Tra i suoi elementi di spicco, figura la piattaforma Vado Gateway, una joint venture tra APM Terminals (60%) e Cosco Shipping Ports (40%), che si è affermata come il primo terminal container deep-sea semi-automatizzato d'Italia, nonché uno dei più moderni e innovativi dell'intero bacino mediterraneo. Il terminal Vado Gateway ha una capacità operativa annua di oltre 900.000 TEU, con una struttura altamente tecnologica che include un gate e un ampio piazzale di stoccaggio completamente automatizzati.

La banchina del terminal si estende per 700 metri lineari, con fondali di 17,25 metri di profondità, che permettono di accogliere le più grandi navi container di ultima generazione, come le Ultra Large Container Ships (ULCS). Il terminal è dotato di quattro gru ship-to-shore con una capacità di sollevamento massima di 100 tonnellate in modalità "under-hook" e di 65 tonnellate in configurazione twin lift, garantendo una capacità operativa elevata e flessibile.

Vado Gateway rafforza la competitività del sistema portuale ligure grazie a un'integrazione efficiente nei principali corridoi logistici europei. I collegamenti intermodali permettono di connettere il porto ai mercati del Nord Italia, della Svizzera, della Germania meridionale e della Francia nordorientale. Uno degli elementi distintivi dell'infrastruttura è il Truck Appointment System, un sistema avanzato che gestisce l'accesso dei camion al terminal. Gli autotrasportatori possono prenotare l'arrivo online, e il loro accesso viene gestito

¹⁵ The European House Ambrosetti, Think tank Liguria 2030 rapporto strategico 2024

automaticamente attraverso 14 corsie altamente automatizzate, grazie a un sistema di lettura ottica che riconosce le targhe dei mezzi e i numeri dei container. Inoltre, il porto movimentava via ferrovia circa il 30% del traffico containerizzato, con 10 treni settimanali diretti verso i principali snodi logistici del Nord Italia, come Milano, Padova, Rubiera, Piacenza e Verona. Un altro pilastro strategico del porto di Vado Ligure è il Reefer Terminal, che da oltre trent'anni si distingue come il più grande terminal refrigerato del Mediterraneo. Specializzato nella gestione di prodotti deperibili, il Reefer Terminal movimentava ogni anno circa 600.000 pallet di merci fresche, con una predominanza di banane e ananas, affiancati da altri frutti come kiwi, agrumi e prodotti provenienti da Nuova Zelanda, Sudafrica e America Latina.

Dal 1982, anno in cui il terminal è diventato operativo, i volumi di prodotti freschi movimentati sono passati da 82.000 pallet agli attuali 600.000, testimoniando una crescita costante e un'importanza strategica sempre maggiore. Il Reefer Terminal si avvale di tre attracchi in acque profonde: la banchina principale è lunga 470 metri con un pescaggio di 14,10 metri, mentre la banchina dedicata alla frutta si estende per 240 metri, con un pescaggio di 10 metri.

Grazie alla vicinanza delle strutture di stoccaggio alla banchina, situate a soli 50 metri, il processo di trasferimento delle merci è rapido ed efficiente, garantendo il mantenimento ottimale della catena del freddo. Il magazzino refrigerato del Reefer Terminal, con una superficie di 24.000 metri quadrati, è equipaggiato con 14 celle indipendenti, che offrono un controllo delle temperature variabile tra -2°C e $+14^{\circ}\text{C}$, e quattro aree condizionate. Complessivamente, il terminal può stoccare fino a 10.000 pallet, supportato da 16 piattaforme di carico dedicate alla movimentazione delle merci deperibili refrigerate.

La capacità operativa è tale da permettere lo svuotamento di fino a 100 container al giorno, con flussi logistici altamente ottimizzati. Oltre a questo, il Reefer Terminal fornisce servizi specializzati, quali la gestione di container secchi e refrigerati e una vasta gamma di controlli di qualità e ispezioni sanitarie. Tra questi servizi si annoverano ispezioni sanitarie USMAF, ispezioni veterinarie e fitosanitarie, situate all'interno del terminal, e scansioni a raggi X per il controllo radiometrico delle merci. Il terminal è inoltre autorizzato per la gestione di frutta biologica, con codifica a barre e tracciabilità delle merci deperibili, oltre a controlli di qualità specifici.

Il terminal PSA Genova Prà è stato progettato specificatamente per movimentare grandi volumi di traffico contenitori e per accogliere le navi container di ultima generazione.

Con strutture portuali moderni e sostenibili, insieme a collegamenti autostradali e ferroviari diretti al terminal, PSA Genova Prà si posiziona come la prima porta d'accesso

marittima dal sud verso la vasta area industriale e manifatturiera del nord Italia e si conferma altresì fra i terminalisti portuali più efficienti del Mediterraneo.

L'accesso direttamente in mare aperto e il bacino di evoluzione di 600 m permettono di effettuare agevoli manovre anche alle navi di maggiori dimensioni oggi impiegate a Genova, in arrivo e in partenza 24 ore su 24. Il bacino portuale di Prà si estende su una superficie totale di 116 ettari, lungo una banchina di 1675 metri di lunghezza, con un pescaggio massimo che consente l'approdo delle mega portacontainer.

Il terminal sta progressivamente rafforzando la propria posizione di porto leader nella movimentazione di container refrigerati, disponendo di strutture dedicate e reefer plugs che garantiscono una capacità di gestione fino a 1.500 TEUs di container reefer.

Figure 3.11 Principali Ports of genoa e loro caratteristiche

Terminal	Caratteristiche principali
Vado Gateway (Vado Ligure)	<ul style="list-style-type: none"> - Primo terminal container deep-sea semi-automatizzato d'Italia. - Capacità annua di 900.000 TEU. - Banchina di 700 metri, fondali profondi 17,25 metri. - 4 gru ship-to-shore, sollevamento fino a 100 tonnellate. - Sistema Truck Appointment e 14 corsie automatizzate.
Reefer Terminal (Vado Ligure)	<ul style="list-style-type: none"> - Più grande terminal refrigerato del Mediterraneo. - Movimenta 600.000 pallet di merci fresche all'anno (banane, ananas, kiwi, ecc.). - Magazzino refrigerato di 24.000 m² con 14 celle indipendenti. - Tre attracchi, banchina principale lunga 470 metri con pescaggio di 14,10 metri.
PSA Genova Pra'	<ul style="list-style-type: none"> - Superficie totale di 116 ettari, banchina di 1.675 metri. - Pescaggio per mega portacontainer. - 14.500 ground slots, 1.500 prese reefer. - Collegamenti ferroviari con 4 RMG e 120 treni settimanali. - Sistema E-port e tracking container in tempo reale.
PSA SECH (Genova)	<ul style="list-style-type: none"> - Movimenta circa 40.000 container refrigerati all'anno. - Infrastrutture certificate per l'ispezione e gestione delle merci refrigerate. - Collaborazioni con grandi aziende (es. Top Gold per kiwi). - Cold Treatment e controlli fitosanitari per esportazioni.

Il sistema viario interno al terminal si innesta direttamente allo svincolo del casello autostradale di Pra', consentendo un veloce collegamento con la A26 e la A6 per Milano e Torino, e con la A10 verso sud per il centro Italia e verso ovest per la Francia. Un container tracking system in tempo reale, insieme ad un varco con 12 piste bidirezionali per l'ingresso e

l'uscita dei contenitori e 2 piste per il traffico non containerizzato e per trasporti eccezionali, accelerano le operazioni di accesso al terminal. Il sistema ferroviario di PSA, dotato di 4 RMG, è direttamente collegato alla rete ferroviaria nazionale e vengono offerti servizi regolari, gestiti direttamente dal terminalista: il Southern Express che collega il terminal tre volte a settimana con Basilea in Svizzera, e lo Stuttgart Express due volte a settimana con Stoccarda in Germania.

La gestione delle merci deperibili, come l'ortofrutta, è uno dei servizi principali offerti dai terminal PSA Italia. I due principali terminal, PSA Genova Prà e PSA SECH, movimentano circa 40.000 container refrigerati all'anno, con 1.900 prese reefer costantemente monitorate per garantire la conservazione ottimale delle merci. Un esempio rilevante è la partnership con l'azienda Top Gold S.r.l., specializzata nell'esportazione di kiwi gialli, i cui principali mercati di destinazione includono Stati Uniti, Canada, Hong Kong, Brasile, Australia, Messico, Colombia, India e Taiwan. Le esportazioni rappresentano circa il 70% del fatturato di Top Gold, e l'80% di queste transita attraverso i terminal PSA Italia. La scelta del servizio di navigazione più efficiente è essenziale per garantire la qualità di un prodotto così delicato. Come afferma Massimo Pittaluga, responsabile delle spedizioni in Top Gold: “ l'obiettivo non è scegliere il servizio meno costoso, ma quello più rapido e con il minor numero di trasbordi, operato da compagnie in grado di eseguire trattamenti specifici, come il Cold Treatment contro la Mosca Mediterranea, obbligatorio in alcuni paesi”. Nei terminal PSA Italy, le aziende che esportano merce refrigerata possono contare su servizi di alta qualità, tra cui il Punto di Ispezione Frontaliera (PIF), il Punto Designato per l'Esportazione (PED) e servizi di ispezione veterinaria. Entrambi i terminal sono certificati a livello internazionale e offrono un'infrastruttura all'avanguardia per il trattamento delle merci, assicurando un servizio efficiente e sicuro per le esportazioni globali.

3.5 Trasporto refrigerato a Genova e il caso di Psa

L'affermarsi dei moderni modelli di distribuzione delle merci, che richiedono gradi crescenti di efficienza, pone in concorrenza i porti non solo sul versante marittimo ma anche su quello della capacità di raggiungere i mercati di origine e destinazione dei carichi in maniera ottimizzata. Ne consegue una particolare rilevanza di tutte le infrastrutture terrestri che servono

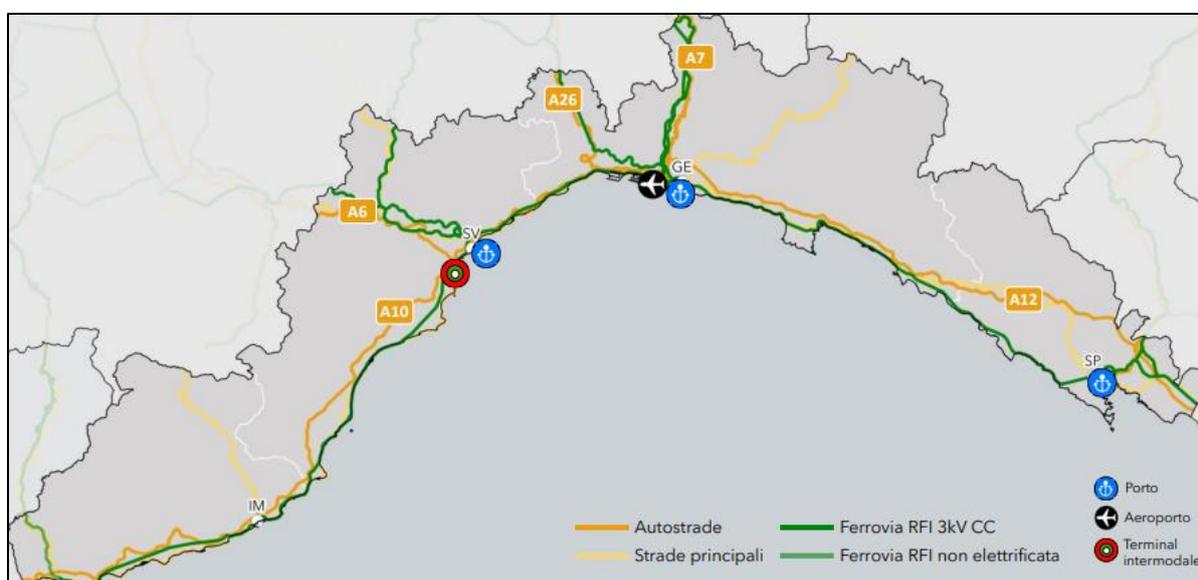
l'entroterra portuale. Secondo un'analisi condotta da Fermerci¹⁶ sul territorio ligure, gli operatori identificano l'inadeguatezza delle infrastrutture di superficie come l'ostacolo più rilevante per la competitività del sistema del porto. Vi influiscono in particolare le difficoltà di smistamento delle merci sulla rete ferroviaria, ma alcune criticità risiedono anche nella rete stradale e autostradale, nonché negli allacci fra porti e infrastrutture terrestri.

Tutto questo rappresenta un'importanza vincolo per il traffico di prodotti sensibili alla temperatura che per loro natura, hanno bisogno di una rete di trasporto intermodale veloce e affidabile.

L'ossatura infrastrutturale ligure è formata da:

- 3.954 km di rete stradale, di cui il 10% composto da autostrade e il 17% da strade di rilevanza nazionale in gestione Anas;
- 488 km di linee ferroviarie in esercizio, gestite da RFI, di cui 306 km classificati come linee fondamentali il 97% elettrificata (a 3kV CC) e il 68% a doppio binario

Figure 3.12 Il sistema dei trasporti Ligure



Fonte: Libro bianco sulle priorità infrastrutturali della Liguria 2023

In quanto regione di transito, la rete stradale ligure è interessata da un intenso traffico veicolare originato dalle attività portuali e dalla mobilità di confine verso la Francia. Nel 2022 le tratte autostradali A7 tra Serravalle e Genova e A10 tra Savona e Genova sono state le più trafficate del Nord-Ovest con oltre 110 mila veicoli medi giornalieri, di cui un quinto formato da mezzi

¹⁶ Fermerci, Associazione operatori trasporto ferroviario merci, Rapporto Annuale 2024

pesanti portando in essere a seri problemi di congestionamento.¹⁷ Secondo uno studio condotto da Uniontrasporti, Camera di Commercio Genova e Camera di Commercio Riviera ligure, la provincia di Genova presenta diverse criticità. Per quanto riguarda la rete autostradale, il porto di Genova è servito da 4 arterie (A7 Milano-Genova, A10 Genova-Ventimiglia, A12 Genova-Livorno, A26 Genova VoltriGravellona Toce), per uno sviluppo complessivo di 406 km.¹⁸

Complessivamente Genova, rispetto alle altre province, ha un discreto livello di accessibilità stradale superiore alla media nazionale, tuttavia questo effetto positivo è mitigato da un lato dall'orografia, dall'altro da una bassa percentuale di autostrade rispetto al totale delle strade

I diffusi fenomeni di congestionamento dovrebbero in prospettiva trarre beneficio dal progetto della Gronda autostradale di Genova. Questo progetto nasce con l'obiettivo di dotare la città di un'infrastruttura in grado di alleggerire il traffico lungo l'autostrada A10 tra il casello di Genova Ovest (porto di Genova) e l'abitato di Voltri. Il tracciato si sviluppa per 65 km complessivi, di cui l'81% in galleria, si allaccia agli svincoli che delimitano l'area cittadina e alla direttrice che porta alla A26 a Voltri. Tra i benefici che la Gronda porterà alla viabilità di Genova c'è quello della separazione del traffico pesante e di attraversamento da quello cittadino, alleggerendo il tratto della A10 e un risparmio in termini di tempo stimato in circa 3,5 milioni di ore all'anno. La Gronda è inserita tra le opere invariante del PRIIMT¹⁹ nello scenario oltre 2030. Le principali linee ferroviarie a servizio del porto riguardano le direttrici verso Milano e Torino; esse sono la "Alessandria – Arquata Scrivia – Genova" e la "Alessandria – Ovada – Genova". La prima di queste linee presenta due diramazioni tra le stazioni di Ronco Scrivia e Genova: una, detta "dei Giovi", transita via Busalla, l'altra, detta "Succursale", transita via Mignanego. La linea dei Giovi e la Succursale sono a doppio binario di circolazione ed elettrificate. Esse movimentano il traffico merci e viaggiatori da e per Alessandria, Novara, Torino, Novi Ligure (scalo merci di San Bovo) e Milano, in quanto alla stazione di Arquata Scrivia la linea si dirama per Tortona e Voghera verso il capoluogo lombardo. La linea dei Giovi ha però un'elevata pendenza, che ne riduce fortemente la potenzialità. La linea Alessandria-Ovada-Genova è elettrificata, prevalentemente a binario semplice e in alcuni tratti presenta pendenze del 16 per mille che comportano limitazioni di peso alla composizione dei treni merci. Tutte le gallerie consentono il trasporto combinato con

¹⁷ Libro bianco sulle priorità infrastrutturali della Liguria 2024

¹⁸ Think Tank Liguria, Rapporto strategico 2024

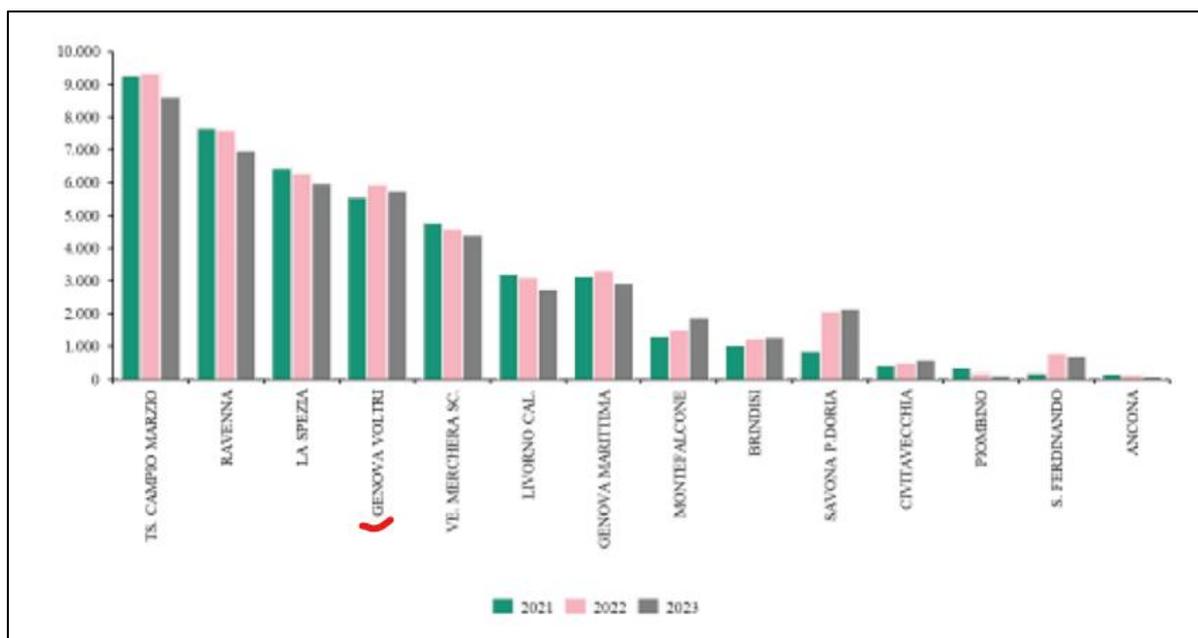
¹⁹ Piano regionale integrato delle Infrastrutture, della Mobilità e dei Trasporti - che costituisce lo strumento strategico di indirizzo e coordinamento per la politica regionale avente ad oggetto l'assetto delle infrastrutture, lo sviluppo sostenibile della mobilità e l'efficientamento del sistema del trasporto pubblico regionale e locale. Per ulteriori approfondimenti consultare il link: [Infrastrutture e trasporti - pianificazione e programmazione - Regione Liguria](#)

contenitori high cube. Per incrementare e ottimizzare il trasporto delle merci su ferro risulta ad oggi fondamentale lo sviluppo e la gestione efficiente dei nodi logistici, tra cui terminali intermodali, porti e interporti, in cui si svolgono parti rilevanti delle attività logistiche, intermodali e trasportistiche. Il trasporto intermodale costituisce infatti ad oggi una delle principali soluzioni trasportistiche su cui investire e rappresenta un'alternativa importante al trasporto mono-modale e stradale. Tuttavia, affinché il trasporto intermodale possa veramente affermarsi come un pilastro del sistema di trasporto merci in Italia, è essenziale concentrarsi sullo sviluppo delle infrastrutture ferroviarie terminali e delle tratte di collegamento con il sistema ferroviario nazionale. Le criticità del "ultimo miglio" e del "penultimo miglio" ferroviario rappresentano sfide significative nel sistema logistico genovese. Per superare tali criticità, è necessario continuare ad incentivare e investire nel potenziamento delle connessioni ferroviarie da e per i principali nodi logistici, garantendo una piena integrazione con la rete ferroviaria nazionale in grado così di movimentare senza interruzioni il traffico della merce e superare le sfide specifiche legate alla fase finale del trasporto, continuando parallelamente ad investire nella sicurezza di tali collegamenti e nell'adeguamento agli standard europei di intermodalità. Parallelamente, è necessario continuare ad investire nella sicurezza dei collegamenti, assicurando che i raccordi ferroviari rispettino elevati standard di sicurezza in linea con le normative nazionali e adattare le reti ferroviarie interne ai nodi agli standard europei di interoperabilità sempre più rivolti alla gestione di treni lunghi (750 m).

Focalizzando l'analisi sulla correlazione tra porti e ferrovie, nel contesto portuale sono attualmente integrati nella rete ferroviaria nazionale 20 porti, tra i quali spiccano Ancona, Genova, Gioia Tauro, La Spezia, Livorno, Ravenna, Taranto, Trieste e Venezia, riconosciuti come nodi strategici a livello nazionale. In termini di traffico ferroviario generato dai porti, il porto di Trieste si conferma come principale scalo ferroviario d'Italia con 8.617 treni merci rendicontati al 2023 (-8% rispetto al 2022), in leggera flessione rispetto agli anni precedenti, seguito da Ravenna (6.981 treni merci nel 2023), La Spezia (5.986 treni merci nel 2023), Genova (5.743 treni merci nel 2023), Venezia (4.404 treni merci nel 2023) per numero di accosti collegati alla rete ferroviaria. Gli altri porti hanno invece quote modali ferroviarie nettamente inferiori.²⁰

²⁰ Fremerci, Associazione operatori trasporto ferroviario merci, Rapporto Annuale 2024

Figura 3.13 Treni merci rendicontati con O/D su Impianti RFI con porti raccordati



Fonte: Fremerci, Associazione operatori trasporto ferroviario merci, Rapporto Annuale 2024

Genova, in quanto nodo regionale, ha una dotazione ferroviaria migliore e anche volumi di traffico più elevati delle altre province, ma la presenza di aree montane e forti pendenze incide sulla funzionalità della rete. In aggiunta la Liguria, non ha ancora una rete ferroviaria AC/AV. A questo proposito, l'intervento per la realizzazione del terzo valico dei Giovi è inserito nel più ampio progetto unico che riunisce tre progetti, linea «AV/AC Milano-Genova Terzo Valico dei Giovi», «Potenziamento infrastrutturale Voltri-Brignole», «Potenziamento Genova-Campasso», per conseguire il celere riavvio dei lavori del Nodo ferroviario di Genova e assicurare il collegamento dell'ultimo miglio tra il Terzo Valico dei Giovi e il Porto storico di Genova. Il costo dell'intero progetto è di 8.443 milioni di euro di cui 6.573 milioni di euro relativi al Progetto del Terzo Valico, 1.270 milioni di euro per il Progetto del Nodo di Genova e 401 milioni di euro per il Potenziamento di Genova Campasso. La nuova linea ha uno sviluppo complessivo di 53 km di cui 36 in galleria ed è collegata alla linea esistente attraverso interconnessioni lunghe complessivamente 12 km. La linea parte dal nodo di Genova e attraversa le province di Genova e Alessandria sviluppandosi lungo la direttrice Genova - Milano, fino a Tortona, e lungo la direttrice Alessandria - Torino, fino a Novi Ligure. Quindi si innesta sulle linee esistenti di collegamento con Milano e Torino. Il progetto è suddiviso in 6 lotti costruttivi. A gennaio 2024 sono stati inaugurati i primi 8,5 km della nuova linea tra Tortona e Novi Ligure. La nuova linea permetterà ai treni di viaggiare a una velocità massima di 250 km/h. Il collegamento offrirà alle merci provenienti dal porto di Genova un percorso preferenziale separato dalle linee dei collegamenti ferroviari locali per raggiungere i mercati

del Centro-Nord Europa e il porto di Rotterdam²¹. A fine agosto 2024 le operazioni di scavo risultavano completate per circa l'85%, valore (medio dello stato di avanzamento dei sei lotti costruttivi). Sono emerse, tuttavia, alcune difficoltà legate alle sfavorevoli condizioni geologiche in alcuni tratti, che potrebbero far slittare la data di consegna, a oggi prevista per il 2025. Sono invece sostanzialmente terminati gli scavi delle gallerie per il potenziamento del nodo ferroviario di Genova, opera complementare al Terzo valico. Le difficoltà infrastrutturali evidenziate nel contesto genovese si riflettono in modo particolarmente negativo sul trasporto di merce refrigerata via treno. Questo tipo di merce, per sua natura, richiede condizioni di trasporto stabili e controllate, con tempistiche precise per evitare il deterioramento dei prodotti. La mancanza di infrastrutture adeguate, come nel caso delle linee ferroviarie con pendenze elevate e tratte a binario unico, influisce sulla capacità di movimentazione rapida e sicura, generando incertezza negli operatori logistici. Nonostante ciò, nel contesto del servizio intermodale Southern Express, operato direttamente da PSA Italia tra il terminal di Genova Prà e il terminal Frenkendorf di Basilea, è stato recentemente compiuto un significativo progresso con l'introduzione della possibilità di trasportare container refrigerati.

Nello specifico, il primo carico trasportato consisteva in un container contenente prodotti farmaceutici appartenenti a una multinazionale italiana del settore. Partiti da Basilea, i farmaci sono giunti a Genova Prà, dove sono stati caricati sulla nave MSC Alma, diretta verso il porto di Savannah, negli Stati Uniti. L'espansione di questo servizio, come precisato dal gruppo singaporiense PSA, è frutto della stretta collaborazione tra PSA Italia e PSA BDP, la società costituita in seguito all'acquisizione dell'operatore logistico BDP International da parte della stessa PSA.

Una delle caratteristiche distintive di questo servizio è l'utilizzo di un innovativo sistema di raffreddamento per i container refrigerati, basato su un generatore elettrico alimentato da una dinamo, che sfrutta l'energia cinetica prodotta dalle ruote del treno in movimento, e su un sistema di batterie che garantisce il funzionamento del meccanismo anche quando il convoglio è fermo. Questo collegamento intermodale rappresenta il primo esempio in Europa avviato da PSA per il trasporto di beni a temperatura controllata, e la società ha dichiarato di essere pronta ad ampliare tale offerta anche ad altri beni sensibili alla temperatura. Il progetto evidenzia l'efficacia dell'intermodalità tra trasporto ferroviario e marittimo. La combinazione di ferrovia e nave, dimostra l'efficienza della catena logistica integrata, riducendo i tempi di transito e ottimizzando il trasporto di merci sensibili. Secondo uno studio di EcoTransIT World, le

²¹ Libro bianco sulle priorità infrastrutturali della Liguria 2024

aziende che effettuano il passaggio modale dalla strada alla ferrovia utilizzando il Southern Express possono ottenere riduzioni delle emissioni di carbonio fino all'83 per cento e del consumo energetico del 49 per cento, rispetto al trasporto su camion.²²

Nel 2018, PSA Italia ha istituito il collegamento ferroviario diretto "Southern Express" tra il porto mediterraneo di Genova e il terminal ferroviario svizzero di Frenkendorf vicino a Basilea. Da allora, la Southern Express ha spostato circa 84 milioni di tonnellate/chilometro dalla strada alla ferrovia: l'azienda ha trasportato più di 21.000 TEU, che altrimenti sarebbero stati probabilmente trasportati su gomma. Oggi, il servizio ferroviario continua a funzionare tre giorni alla settimana, collegando il porto di Genova con i mercati del Nord e Centro Europa. Il viaggio da Genova a Basilea dura circa 10 ore e il 94% dei treni arriva entro due ore dall'orario di arrivo previsto.²³ La soluzione di una dinamo che alimenta il generatore elettrico è innovativo e si discosta dalla soluzione più diffusa sul mercato di genset a diesel che hanno alti costi di montaggio e/o smontaggio e poca autonomia su lunghe tratte. Inoltre, il progetto si dimostra ben compatibile con i principali obiettivi stabili dal piano operativo triennale 2023-2025 dell'Autorità di sistema portuale del Mar Ligure occidentale:

Figura 3.14 politiche Adsp Vs progetto Psa Italia

Obiettivi Principali	Soluzioni per Raggiungerli	Compatibilità con il treno reefer Southern Express di PSA Italia?
Sviluppo della competitività del sistema portuale	<ul style="list-style-type: none"> - Potenziamento infrastrutturale nei porti di Genova e Savona. - Miglioramento dell'accessibilità terrestre e marittima. - Consolidamento della multi-business portuale (merci, passeggeri, attività industriali). 	<p>✓ Compatibile. Il Southern Express contribuisce alla competitività, potenziando il trasporto intermodale e migliorando l'accessibilità per merci refrigerate, che aumentano la capacità logistica del sistema portuale.</p>
Sostenibilità ambientale e decarbonizzazione	<ul style="list-style-type: none"> - Riduzione delle emissioni di CO2 tramite il DEASP. - Promozione di combustibili alternativi (LNG, cold ironing). - Monitoraggio ambientale e riduzione degli impatti ecologici delle operazioni portuali. 	<p>✓ Compatibile. Il treno reefer utilizza una tecnologia a dinamo e batteria per alimentare i container refrigerati, riducendo la dipendenza dal diesel e abbassando le emissioni in linea con gli obiettivi di decarbonizzazione.</p>

²² [PSA Italy and PSA BDP Launch the First Sustainable Reefer Rail Service in Europe – PSA International \(globalpsa.com\)](https://www.globalpsa.com)

²³ Psa Italia, comunicato stampa 2022

Digitalizzazione e innovazione tecnologica	<ul style="list-style-type: none"> - Implementazione del Port Community System (PCS) per gestire le operazioni logistiche digitalmente. - Automazione dei terminal e integrazione intermodale (mare, gomma, ferrovia). 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compatibile. Il Southern Express, come parte del sistema intermodale, può beneficiare della digitalizzazione e dell'automazione nelle operazioni, migliorando l'efficienza del trasferimento merci tra ferrovia e porto.
Sviluppo dei sistemi logistici e infrastrutturali	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento dei collegamenti ferroviari e stradali con i principali hub europei. - Potenziamento delle piattaforme retroportuali e degli interporti. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compatibile. Il servizio Southern Express rientra nelle politiche di sviluppo dei collegamenti intermodali, ampliando la rete ferroviaria e migliorando l'integrazione logistica tra Genova e importanti mercati come la Svizzera.

L'avvio del trasporto di container refrigerati attraverso il Southern Express si pone come una risposta concreta agli obiettivi strategici dell'AdSP del Mar Ligure Occidentale. Supporta la sostenibilità ambientale, l'intermodalità, l'integrazione logistica e il miglioramento delle connessioni internazionali, rendendo il porto di Genova e l'intera regione ligure più competitivi sul panorama globale. Questo servizio, quindi, può essere interpretato come un caso di successo che esemplifica come le politiche pianificate dall'AdSP possano concretizzarsi in progetti operativi che portano benefici sia locali che internazionali.

CONCLUSIONI

Le conclusioni di questo elaborato, sottolineano l'importanza crescente della catena del freddo nel contesto del commercio internazionale e, in particolare, il ruolo che il traffico marittimo svolge nel trasporto sicuro ed efficiente di prodotti deperibili. L'evoluzione delle tecnologie di refrigerazione, insieme allo sviluppo di reti logistiche complesse, ha reso possibile la distribuzione globale di merci sensibili alla temperatura, contribuendo significativamente a migliorare la qualità della vita e la sicurezza alimentare in tutto il mondo.

In particolare, il Mediterraneo si conferma come un'area strategica per il commercio internazionale con una crescita media annua dei traffici container di poco più del 3%, grazie alla sua posizione geografica che collega Europa, Africa e Asia. In questo contesto, il porto di Genova si configura come un nodo essenziale per la movimentazione di prodotti refrigerati destinati ai mercati europei. Le sue infrastrutture, costantemente modernizzate per accogliere volumi crescenti di traffico e per soddisfare le esigenze specifiche del trasporto refrigerato, ne fanno un esempio di efficienza logistica nel settore della catena del freddo. I traffici marittimi, in particolare, rappresentano la modalità di trasporto preferenziale per il commercio internazionale di merci deperibili su larga scala. Secondo il Centro Internazionale degli Studi Containers più dell'80% dei prodotti sensibili alla temperatura viaggia in container reefer.

La capacità delle navi di trasportare grandi volumi di merci, combinata con il minor impatto ambientale rispetto ad altre forme di trasporto, ha reso il trasporto via mare uno dei principali pilastri della logistica globale. Tuttavia, la gestione della catena del freddo marittima comporta sfide complesse, che richiedono tecnologie all'avanguardia per mantenere condizioni ottimali lungo tutta la filiera, dalla partenza alla destinazione finale. Il trasporto in container refrigerati ha permesso una maggiore flessibilità e una riduzione del rischio di deterioramento dei prodotti, contribuendo a ridurre lo spreco alimentare e migliorare la competitività delle imprese che operano in questo settore. Questa tesi ha evidenziato come l'efficienza della catena del freddo sia strettamente legata alla capacità di mantenere controlli rigorosi in ogni fase del processo logistico. La sicurezza alimentare e la conservazione della qualità dei prodotti dipendono dalla capacità di garantire che le merci siano mantenute a temperature adeguate durante tutto il loro percorso, evitando fluttuazioni termiche che possano comprometterne l'integrità. Inoltre, le innovazioni tecnologiche, come i sistemi di monitoraggio remoto delle temperature e i sensori intelligenti, hanno migliorato significativamente la capacità delle

imprese di controllare in tempo reale le condizioni dei prodotti, riducendo i rischi associati a guasti o malfunzionamenti dei sistemi di refrigerazione.

Dal punto di vista economico, la catena del freddo riveste un ruolo fondamentale non solo per le aziende coinvolte nel commercio di prodotti alimentari e farmaceutici, ma anche per l'intero sistema economico globale. L'integrazione dei sistemi logistici con le tecnologie di refrigerazione ha permesso di espandere i mercati, offrendo a paesi e regioni la possibilità di accedere a prodotti freschi e deperibili provenienti da ogni parte del mondo. Tuttavia, il mantenimento di una catena del freddo efficiente comporta anche costi significativi, sia in termini di infrastrutture che di consumo energetico. Per le catene del freddo in generale, circa il 20% di tutto il consumo energetico viene utilizzato per la refrigerazione del carico. Nei terminal container, il consumo energetico dei container reefer è responsabile del 30-35% del consumo totale di energia e il principale fattore alla base dei picchi della domanda di energia.

Le emissioni di gas serra associate alla refrigerazione e al trasporto marittimo rappresentano un'importante sfida ambientale che il settore deve affrontare, con l'obiettivo di ridurre l'impatto ecologico della catena del freddo attraverso l'adozione di soluzioni più sostenibili. A sostegno di ciò, il caso proposto di Genova Prà si dimostra di successo. Psa Italia ha lanciato un nuovo servizio ferroviario per container reefer che collega il porto di Genova Prà a Basilea. Questo progetto innovativo è compatibile con i principali obiettivi dell'Adsp del Mar Ligure occidentale proposti nel piano operativo triennale 2023-2025. L'analisi di compatibilità ha permesso di dimostrare come Genova, nonostante le sue difficoltà territoriali, l'assenza di collegamenti ferroviari AV e la scarsità di collegamenti retroportuali, abbia ampi margini di miglioramento e potenzialità che emergeranno sicuramente in vista anche degli ingenti investimenti del PNRR.

Il Mediterraneo, con la sua posizione di crocevia tra continenti, e il porto di Genova, con le sue infrastrutture all'avanguardia, offrono un esempio concreto di come una gestione efficiente e integrata della logistica dei prodotti deperibili possa non solo migliorare la competitività dei mercati, ma anche contribuire a un futuro più sostenibile per il settore alimentare globale.

SITOGRAFIA

- [Dunedin, 1882, prima nave frigorifera della storia - narraremare](#) (Consultato il 7 luglio 2024)
- [History of the Blue Star Line](#). (Consultato il 18 luglio 2024)
- [Storia del marchio Chiquita, la migliore banana del mondo](#) (consultato il 20 luglio 2024)
- [Dole plc - About - Our Industry consultato il 23 luglio 2024](#) (consultato il 21 luglio 2024)
- [FRUTTA: maturazione ed ... etilene – Le Vie della Salute](#) (consultato il 22 luglio 2024)
- [Revolution on Rails: Refrigerated Box Cars -- The Henry Ford Blog - Blog - The Henry Ford](#) (Consultato il 22 luglio 2024)
- [Frederick McKinley Jones \(1893-1961\) • \(blackpast.org\)](#) (consultato il 23 luglio 2024)
- [Anticella | O.R.T.I.Z. & Co. Srl \(ortizsrl.it\)](#) (consultato il 25 luglio 2024)
- [Magazzini frigoriferi: tra efficienza e sostenibilità - Mecalux.it](#) (consultato il 25 luglio 2024)
- [Magazzini autoportanti | Scaffalature autoportanti - Mecalux.it](#) (consultato il 26 luglio)
- [catena freddo \(centrogalileo.it\)](#) (consultato il 30 luglio)
- [Reefer Containers & Cargo - Refrigerated Transport | MSC](#) (consultato il 4 agosto)
- [Text and Status of the Agreement | UNECE](#). (Consultato il 7 Agosto)
- [Che cos'è l'Internet of Things \(IoT\)? | IBM](#) (consultato l'8 Agosto)
- [Drewry - Maritime Research Opinions - Reefer shipping to outpace dry cargo trade growth](#) (consultato il 28 agosto)
- [PSA Italy and PSA BDP Launch the First Sustainable Reefer Rail Service in Europe – PSA International \(globalpsa.com\)](#)
- [Infrastrutture e trasporti - pianificazione e programmazione - Regione Liguria](#)

BIBLIOGRAFIA

- T. Taro & P. Birch Snow in the tropics, 2019
- M.M. Aung & Y.S. Chang, Cold Chain Management, 2023
- Beasley, Helping exports keep their cool 2002
- L. Folchitto, Il container reefer e le esigenze della merce deperibile, Centro internazionale Studi Containers, 2023
- Smith D, Sparks L, Temperature controlled supply chain, 2020
- Filippo Marini, La logistica del freddo, 2022
- Thompson JF, Kader, Wholesale distribution centre storage, perishable handling quarterly 2002
- MOH Singapore, Guideline on how to maintain the vaccine cold chain 2022
- UNICEF, Cold Chain support Package, 2021
- OMS, come monitorare le temperature nella catena di approvvigionamento vaccinale, 2015
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, Sustainable Cold Chain, 2022
- International Institute of Refrigeration, The Carbon Footprint of the Cold Chain, 7th Informatory Note on Refrigeration and Food, 2021
- International Institute of Refrigeration, The Role of Refrigeration in Worldwide Nutrition, 6th Informatory Note on Refrigeration and Food. March, 2020
- Ozone Secretariat, Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Options Committee. 2018 Assessment Report
- Kumar, S., Sachar, S., Goenka, A., Kasamsetty, S. and George, G, Demand Analysis for Cooling by Sector in India in 2027. New Delhi: Alliance for an Energy Efficient Economy 2022
- Mercier et al, Time-temperature management along the food cold chain 2017
- Brecht et al, Protecting perishable foods during transport by truck and rail 2019
- TRT Trasporti e Territorio, Il trasporto merci aereo in Italia, 2020
- RailFreight, First cooled train Rotterdam-Valencia is now a fact, 2018

- Castelein, B., Geerlings, H. and Van Duin, R. ‘Cold chain strategies for seaports, 2020
- L .Bai, M. Liu ,Y. Sun, Overview of Food Preservation and Traceability Technology in the Smart Cold Chain System 2023
- Lamberty, A.; Kreyenschmidt, J. Ambient Parameter Monitoring in Fresh Fruit and Vegetable Supply Chains Using Internet of Things-Enabled Sensor and Communication Technology 2022
- SMR & Intesa San Paolo, Rapporto 2024 Italian Maritime Economy
- Assoport, Port Infographics 2024
- Study Maritime Research rapporto 2022
- Fremerci, Associazione operatori trasporto ferroviario merci, Rapporto Annuale 2024
- Libro bianco sulle priorità infrastrutturali della Liguria 2024
- Think Tank Liguria, Rapporto strategico 2024