UNIVERSITÀ DI GENOVA
SCUOLA DI SCIENZE SOCIALI
DIPARTIMENTO DI ECONOMIA

Tesi di laurea magistrale in

Economia e Management Marittimo e Portuale

EFFICIENZA, VULNERABILITÀ E RESILIENZA NELLA RETE MARITTIMA GLOBALE: ANALISI DEI CHOKEPOINTS, NUOVA NORMALITÀ E LIMITI DELLA SOSTITUZIONE MODALE

Relatore: Claudio Ferrari

Candidato: Andrea Caravaggio

anno accademico 2025-2026

INDICE

Abstract 1
I. Economia delle reti e resilienza infrastrutturale 3
I.1. Literature review 3
I.2. Economia delle industrie di rete applicata ai sistemi portuali 9
I.2.1. Caratteristiche economiche delle infrastrutture di rete: economie di scala, di scopo e sunk costs 9
I.2.2. Teoria dei Grafi, centralità e vulnerabilità dei sistemi 12
I.2.3. La logica hub and spoke, efficienza vs rischio di concentrazione 15
I.3 Dal Just-in-Time al Just-in-Case: la ridefinizione del paradigma logistico 17
I.3.1 L'efficienza estrema e l'erosione dei margini di sicurezza 18
I.3.2 Il trade-off tra la riduzione dei costi di stoccaggio e l'incremento della vulnerabilità sistemica 19
I.3.3 Il passaggio al Just-in-Case: la ridondanza e le scorte che diventano investimenti di resilienza 21
I.4 Cigni neri e policrisi, l'imprevedibilità nello *shipping* 22
I.4.1 La teoria del Cigno Nero applicata agli shock marittimi rari e ad alto impatto 22
I.4.2 Dalla crisi singola alla policrisi: effetti domino tra shock geopolitici e climatici 24
II. Analisi comparata dei chokepoints 26
II.1 Una griglia analitica comune per la lettura dei chokepoints 26
II.2 Suez e Mar Rosso: instabilità geopolitica e circumnavigazione dell'Africa 28
II.2.1 La minaccia nel Bab el-Mandeb e l'esposizione strutturale di Suez 29
II.2.2 I costi operativi della rotta del Capo di Buona Speranza 33
II.3 Panama e clima: le limitazioni fisiche del cambiamento climatico 36
II.3.1 La crisi idrica del lago Gatún e l'impatto sul pescaggio e sui transiti giornalieri 37
II.3.2 Il cambiamento climatico come fattore di rischio strutturale, non più solo emergenza 39
II.3.3 Riorganizzazione delle rotte commerciali interoceaniche 40
II.4 Lo Stretto di Hormuz: dal rischio teorico al blocco reale del 2026 42
II.4.1 Centralità dello Stretto per il transito di petrolio e GNL 43
II.4.2 Il blocco del 2026: cronologia, impatti economici e persistenza 45
II.5 Dagli shock locali alla congestione sistemica: effetto di contagio ed evidenze empiriche 48

III Una nuova normalità economica e operativa 55
III.1 Il mito del ritorno alla normalità pre-Covid: realtà o utopia? 55
III.1.1 Perché le metriche del 2019 non sono più un parametro di riferimento valido 56
III.1.2 L'instabilità come nuovo assetto organizzativo di caricatore e trasportatore 59
III.2 Il risk management e l'analisi geopolitica come nuove competenze strategiche aziendali 63
III.2.1 Dalla logistica come centro di costo alla logistica come gestione del rischio 63
III.3 L'incertezza come costo strutturale 66
III.3.1 L'esplosione dei premi assicurativi: il mercato War Risk nelle aree di conflitto 67
III.3.2 Volatilità dei noli: SCFI e Drewry e la prevedibilità tariffaria 70
III.4 Governance portuale e regolazione in un contesto di instabilità permanente 74
III.4.1 Il modello landlord port e la ripartizione pubblico-privata del rischio sistemico 74
III.5 Una nuova globalizzazione: la frammentazione logistica per blocchi politici 82
III.5.1 Near-shoring, friend-shoring e re-shoring: nuove logiche di riconfigurazione delle rotte 82
III.5.2 La regionalizzazione dei traffici: la frammentazione geoeconomica in prospettiva comparata 84
IV Corridoi alternativi e sostituzione modale 87
IV.1 La logica economica della ricerca di alternative 87
IV.1.1 Le alternative strettamente marittime: la circumnavigazione dell'Africa e la scorciatoia artica (NSR) 88
IV.2 Il corridoio ferroviario euroasiatico come servizio complementare alla via marittima 92
IV.2.1 Il trasporto ferroviario transcontinentale Cina-Europa 92
IV.2.2 Vantaggi temporali e criticità geopolitiche e infrastrutturali del corridoio 95
IV.3 Il corridoio IMEC come progetto strategico alternativo 98
IV.3.1 Analisi geopolitica e infrastrutturale del progetto IMEC 98
IV.3.2 L'integrazione multimodale mare-ferrovia-mare e i nodi critici di interscambio 100
IV.3.3 Gli ostacoli attuali alla piena implementazione del corridoio 101

IV.4 La logica economica degli investimenti infrastrutturali alternativi 104
IV.4.1 Trade-off tra costo del capitale, esternalità e benefici di resilienza nei corridoi multimodali 104
IV.4.2 Criteri qualitativi per la scelta modale in condizioni di incertezza 107
IV.5 I limiti strutturali della sostituzione modale: mare, ferrovia e aereo a confronto 110
IV.5.1 Un confronto quantitativo tra le tre modalità di trasporto 110
IV.5.2 Perché i corridoi terrestri e aerei possono assorbire solo una frazione della capacità di una nave ULCV 113
Conclusioni 116
Bibliografia 120

Abstract

Questo lavoro di tesi analizza la crescente vulnerabilità del trasporto marittimo globale esposto alla sovrapposizione di shock geopolitici e climatici, una condizione definita con il termine di "policrisi". La ricerca nasce dall'esigenza di comprendere come eventi recenti, tra cui la crisi nel Mar Rosso, la siccità del Canale di Panama e il blocco dello Stretto di Hormuz del 2026, abbiano incrinato l'efficienza estrema del paradigma logistico Just-in-Time. Dal punto di vista metodologico, lo studio integra l'economia delle reti e la teoria dei grafi con un'analisi empirica e comparata dei principali *chokepoints* marittimi. Inoltre, valuta la logica economica di corridoi multimodali alternativi, quali la Rotta Artica, la ferrovia euroasiatica e il progetto IMEC. I risultati dimostrano che l'attuale fragilità sistemica non è un'anomalia passeggera, ma l'esternalità di una rete *hub-and-spoke* troppo concentrata, la quale ha generato una nuova normalità operativa segnata da noli volatili e instabilità permanente. Di conseguenza, le imprese stanno razionalmente transitando verso modelli di gestione del rischio Just-in-Case. Infine, sebbene le opzioni terrestri e aeree non possano fisicamente sostituire i volumi delle navi odierne, esse si confermano strumenti infrastrutturali imprescindibili per diversificare le rotte e garantire la resilienza globale.

Abstract

This thesis analyzes the growing vulnerability of global maritime transport exposed to the overlapping of geopolitical and climate shocks, a condition defined as a "polycrisis". The research stems from the need to understand how recent events, including the Red Sea crisis, the Panama Canal drought, and the 2026 blockade of the Strait of Hormuz, have undermined the extreme efficiency of the Just-in-Time logistics paradigm. From a methodological perspective, the study integrates network economics and graph theory with an empirical and comparative analysis of major maritime chokepoints. Furthermore, it evaluates the economic rationale of alternative multimodal corridors, such as the Northern Sea Route, the Eurasian railway, and the IMEC project. The results demonstrate that the current systemic fragility is not a passing anomaly, but rather the externality of an overly concentrated hub-and-spoke network, which has generated a new operational normality marked by volatile freight rates and permanent instability. Consequently, companies are rationally transitioning towards Just-in-Case risk

management models. Finally, although land and air options cannot physically replace the volumes of ultra large vessels, they prove to be essential infrastructural tools for diversifying routes and ensuring global resilience.

I. Economia delle reti e resilienza infrastrutturale

I.1. Literature review

Questo progetto ricostruisce, in un'unica trattazione organizzata per filoni tematici, i principali corpi di letteratura sui quali si fonda l'intero impianto argomentativo della tesi, dal quadro teorico sviluppato in questo capitolo, all'analisi comparata dei *chokepoints* del Capitolo 2, alla lettura della nuova normalità economica e regolatoria del Capitolo 3, fino alla valutazione dei corridoi di trasporto alternativi del Capitolo 4. I filoni richiamati appartengono discipline distinte, economia dei trasporti, network science, teoria del rischio, relazioni internazionali, finanza dei progetti infrastrutturali, che il presente testo intende ricomporre in un'unica cornice interpretativa, evidenziando di volta in volta i contributi principali e i punti di raccordo con la struttura della tesi.

Il primo filone affonda le proprie radici nella teoria economica delle network industries e nella teoria dei mercati contendibili elaborata da Baumol, Panzar e Willig (1982), applicata successivamente al contesto portuale da Notteboom, Pallis e Rodrigue (2021) e da Notteboom e Rodrigue (2023), i quali hanno organizzato il ruolo delle economie di scala, delle economie di scopo (Jara-Díaz e Basso, 2003) e dei sunk costs nella determinazione della struttura di monopolio naturale dei terminal portuali. Contributi più circoscritti, come quelli di Talley (2009) e Carey (2014), possono quantificare l'incidenza dei costi fissi sul costo medio di movimentazione, mentre Hirata (2017) e Mudronja, Jugović e Škalamera-Alilović (2020) hanno esteso l'analisi rispettivamente alla contendibilità del mercato dei vettori e alla crescita economica regionale indotta dai porti. Questo corpo di letteratura fornisce gli strumenti concettuali per spiegare perché l'efficienza infrastrutturale portuale tenda strutturalmente a concentrarsi.

L'attenzione si sposta successivamente all'incrocio tra *network science* e geografia dei trasporti. Ducruet, con contributi che spaziano dall'analisi dei porti multilivello (Ducruet, Rozenblat e Zaidi, 2010) alla rassegna critica della geografia delle reti marittime (Ducruet, 2020) fino allo studio della polarizzazione indotta dai canali interoceanici (Ducruet, 2016), rappresenta il principale riferimento per la formalizzazione della rete marittima come grafo orientato e pesato, un impianto ripreso e sviluppato da Pan, Zhang e Fan (2022) e da Xu et al. (2020, 2024). Su questa base, la letteratura ha

sviluppato indicatori di centralità applicati al contesto marittimo (Mou et al., 2020; Yang e Liu, 2022; Duan et al., 2024), documentando empiricamente la natura *scale-free* della rete globale dei container, il fenomeno del *rich-club* (Novaes Mathias et al., 2025) e il meccanismo del *cascading failure* (Xu et al., 2024). I lavori più recenti di Cremaschini, Ducruet e Ferrari (2026), Shang et al. (2026), Bütün, Petrovic e Muyldermans (2021) e Faure e Ducruet (2026) collegano esplicitamente le proprietà topologiche della rete all'asimmetria economica tra beneficio privato della concentrazione e costo sistemico della fragilità, nesso ripreso e approfondito in questo capitolo e successivamente nel Capitolo 2.

Il terzo filone riguarda la letteratura sulla gestione delle scorte e, più in generale, sull'evoluzione della funzione logistica d'impresa. Le sue radici affondano nel problema di minimizzazione dei costi di stoccaggio formulato da Arrow, Harris e Marschak (1951), mentre la transizione dal paradigma *Just-in-Time* al *Just-in-Case* costituisce uno dei temi più dibattuti della *supply chain management* recente. Jiang, Rigobon e Rigobon (2022) propongono una cornice che descrive analiticamente tale passaggio come revisione razionale della probabilità di interruzione stimata dalle imprese, mentre Choi et al. (2023) e Yu et al. (2024) ne approfondiscono la natura ibrida e selettiva, mostrando come la ridondanza venga concentrata sui nodi critici della catena piuttosto che estesa indiscriminatamente all'intero inventario. Questo stesso filone prosegue, sul piano manageriale, nella letteratura ripresa nel Capitolo 3 sulla trasformazione della logistica da funzione di costo a leva strategica di gestione del rischio (Danyluk, 2018; Pan et al., 2025; Pugachov et al., 2026), che integra l'analisi predittiva basata su *big data* marittimi e tracciamento AIS (Millefiori et al., 2021) come strumento per anticipare le strozzature di rete prima che si traducano in interruzioni fisiche.

L'analisi delle vulnerabilità richiede il ricorso alla teoria del rischio raro e ad alto impatto. La formulazione originaria della teoria del Cigno Nero (Taleb, 2009) è stata applicata al contesto delle catene di approvvigionamento da Zarghami e Dumrak (2021), che ne hanno analizzato le implicazioni tramite la teoria dell'entropia e l'analisi di rete. Una parte della letteratura più recente, tra cui Baştuğ et al. (2023) e Thanopoulou e Strandenes (2025), ha tuttavia messo in discussione l'applicabilità stretta della categoria di cigno nero a shock che risultano, a un'analisi più attenta, strutturalmente prevedibili,

introducendo la categoria distinta del *grey rhino*. Parallelamente, la letteratura storico-politica ha sviluppato il concetto di policrisi per descrivere la correlazione crescente tra *shock* di natura eterogenea (Li et al., 2026; Cao et al., 2025). Questi due corpi teorici, pur complementari, sono raramente stati messi in relazione esplicita con l'impianto della *network science* e dell'economia delle industrie di rete richiamato sopra, integrazione che costituisce uno degli obiettivi specifici di questo capitolo e che trova la propria verifica empirica nella griglia analitica a quattro dimensioni applicata ai tre *chokepoints* nel Capitolo 2.

Un quinto filone raccoglie gli studi dedicati ai singoli *chokepoints* marittimi e alla loro capacità di generare effetti sistemici. Alexander (1992) e Rodrigue (2005) hanno fornito le prime sistematizzazioni geostrategiche del concetto di *chokepoint*, successivamente aggiornate da Verschuur e Hall (2024) con un approccio quantitativo agli impatti sistemici delle interruzioni. Il caso di Suez è stato indagato sia sul versante dello shock puntuale rappresentato dall'incaglio della Ever Given (Subran et al., 2021; Qu et al., 2024; Tran et al., 2025) sia su quello della crisi prolungata del Mar Rosso e dei relativi costi di *rerouting* (Sun et al., 2026; CEPR, 2024). Il caso di Panama è documentato da una solida letteratura idroclimatica e infrastrutturale (Castrellón et al., 2025; Jung et al., 2025; Mathew e Agarwala, 2026; Mendieta et al., 2026; Muñoz, Lawrence e Wang, 2025; Fuentes e Munim, 2025), integrata da contributi sul rischio multirischio nazionale (Castillo-Martínez et al., 2025) e sul ritardo decisionale nella gestione del rischio climatico (Lucio et al., 2024). Il caso, più recente, dello Stretto di Hormuz è affrontato principalmente da letteratura giuridico-geopolitica (Sayin e Kilic, 2020; Rahman e Mehnaz, 2024; Nevitt, 2026) e da analisi di mercato energetico (Mangu, 2025; Zamani, 2026; Childs, 2026; Ushakov, 2026), questi tre contributi, pur ricchi sul piano empirico, restano tendenzialmente autoreferenziali rispetto al singolo caso, senza una griglia analitica comune che ne permetta la comparazione sistematica, il Capitolo 2 intende colmare, applicando ai tre episodi un coerente schema di lettura fondato sulla distinzione cigno nero/*grey rhino*, sul meccanismo di trasmissione e sulla persistenza dello shock.

Strettamente connesso al filone precedente è il tema della propagazione sistemica delle interruzioni locali, affrontato dalla letteratura sulla congestioni dei flussi e sull'affidabilità degli scali (Karmelić et al., 2025), sulla congestione portuale indotta dalla

deviazione delle rotte (Cullinane e Haralambides, 2021; Notteboom, Pallis e Rodrigue, 2021) e sulla misurazione sintetica della tensione delle catene di approvvigionamento globali tramite il Global Supply Chain Pressure Index (Benigno et al., 2022), impiegato nel Capitolo 2 come indicatore aggregato per verificare se la sequenza di shock analizzata abbia lasciato una traccia persistente nel sistema commerciale mondiale.

La letteratura si muove poi sul rischio geopolitico quantificato attraverso i mercati assicurativi e i mercati dei noli. Kavussanos e Visvikis (2016) offrono l'inquadramento teorico generale della formazione dei prezzi nei mercati shipping, mentre la regolamentazione contrattuale dei rischi di guerra è documentata dalle fonti normative di settore (Joint Hull Committee, 2003; Joint Cargo Committee, 2009; Steamship Mutual, 2023) e dagli indici tariffari pubblicati da Shanghai Shipping Exchange e Drewry, utilizzati nel Capitolo 3 per tracciare l'evoluzione della volatilità dei noli containerizzati, secchi e petroliferi lungo l'intero periodo 2020-2026.

Un settimo filone riguarda la governance dei sistemi portuali e la finanza dei progetti infrastrutturali in condizioni di incertezza. Il riferimento centrale è costituito dalla tassonomia dei modelli di governance portuale e in particolare dall'analisi del modello landlord port elaborata da Ferrari, Parola e Tei (2015), integrata dagli studi di Notteboom, Pallis e Rodrigue sulla riforma e sulla privatizzazione portuale e dal lavoro di Baird (2000) sulle joint ventures tra terminalisti e autorità portuali. Su questa base si innesta la letteratura più recente sulla valutazione economica degli investimenti infrastrutturali in condizioni di incertezza, che supera i limiti dei modelli deterministici di *Discounted Cash Flow Analysis* (DCFA) tramite simulazioni Monte Carlo e modelli stocastici (Han e Wu, 2026) e tramite l'applicazione della teoria delle opzioni reali agli investimenti infrastrutturali (Di Maddaloni, Favato e Vecchiato, 2024) e alla transizione energetica dello shipping (Pomaska e Acciaro, 2022). A completamento di questo filone, gli studi sull'internalizzazione delle esternalità di trasporto (Ambrosino e Sciomachen, 2021; Ramalho e Santos, 2021) e le indagini di settore sugli investimenti pianificati dai porti europei (ESPO, 2024; BalticWind.EU, 2024) forniscono la base empirica per la discussione del deficit di finanziabilità della transizione ecologica portuale sviluppata nel paragrafo III.4.2.

Un ottavo filone riguarda la frammentazione geoeconomica e la riconfigurazione geografica del commercio mondiale, discussa nel paragrafo III.5. Il riferimento principale è costituito dai modelli di equilibrio economico generale sviluppati dal Fondo Monetario Internazionale (International Monetary Fund, 2023) per simulare gli effetti di un'eventuale divisione del commercio mondiale in blocchi contrapposti, un impianto integrato dalle analisi della World Trade Organization sulla crescita differenziata del commercio intra- ed extra-blocco. Questo filone dialoga direttamente con la letteratura sulle strategie di *re-shoring, near-shoring* e *friend-shoring*, che documenta la crescente rilevanza della distanza geopolitica, oltre a quella meramente geografica, come determinante dei flussi di investimento diretto estero, con effetti contrattivi più marcati nelle economie emergenti e nei settori classificati come strategici.

Infine, il Capitolo 4, raccoglie la letteratura sui corridoi di trasporto alternativi e sulla resilienza della catena di approvvigionamento intesa come capacità del sistema di assorbire l'impatto di un'interruzione imprevista (Li et al., 2025; Pan et al., 2025). All'interno si distinguono tre argomenti principali: la letteratura sulla Rotta Marittima Settentrionale, alimentata soprattutto da rapporti tecnici e statistici del Centre for High North Logistics (2025, 2026); la consistente letteratura sul corridoio ferroviario euroasiatico, che ha il proprio riferimento centrale nel lavoro di Zhang e Schramm (2020) sulla nicchia di mercato del trasporto ferroviario nell'era della Belt and Road, integrato dagli studi di Pomfret (2023) sull'impatto della pandemia e della guerra in Ucraina sul *land bridge* euroasiatico, di Beifert, Prause e Shcherbanin (2020) sull'integrazione dei corridoi terrestri euroasiatici, di Mohseni, Van Hassel e Vanelslander (2025) sulla competitività modale della rete ferroviaria trans-euroasiatica e di Wiegmans e Janic (2019) sulla modellizzazione delle prestazioni dei corridoi merci a lunga distanza; infine la letteratura, ancora relativamente giovane, sul corridoio economico India-Medio Oriente-Europa (IMEC), rappresentata da Qin (2025), Gauba e Singh (2024), Kasiraman e Humayun (2026), Rathod (2026), Samojedny (2025) e dal rapporto dell'Atlantic Council (Hussain e Shafer, 2025), che ne analizzano rispettivamente la genesi geopolitica, l'architettura multimodale e gli ostacoli attuativi legati al conflitto a Gaza e al deficit infrastrutturale e finanziario.

Chiude idealmente con la letteratura sui criteri decisionali di scelta modale in condizioni di incertezza, che integra l'approccio dell'analisi costi-benefici tradizionale con strumenti di *Multi-Criteria Decision Analysis* quali il *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* e il TOPSIS (Zaid, Gazder e Barbieri, 2024; Neumann, 2021), evidenziando come, dal punto di vista dei decisori aziendali, criteri qualitativi quali la sicurezza e le emissioni di carbonio pesino spesso più del solo costo diretto di trasporto. A questo si affianca la letteratura sui limiti strutturali della sostituzione modale legati all'anelasticità delle reti di trasporto (Rich, Kveiborg e Hansen, 2011) e alla disparità di capacità fisica tra il modulo marittimo, ferroviario e aereo (Dunmore, Preti e Routaboul, 2019), che nel paragrafo IV.5 viene impiegata per dimostrare quantitativamente l'impossibilità dei corridoi terrestri e aerei di sostituire, se non in minima parte, la capacità di una singola nave ULCV.

Nel complesso, la rassegna della letteratura evidenzia come i nove filoni qui richiamati, economia delle industrie di rete, network science, gestione delle scorte e risk management d'impresa, teoria del rischio raro, studi di caso sui *chokepoints*, mercati assicurativi e dei noli, governance portuale e finanza infrastrutturale, frammentazione geoeconomica, corridoi alternativi e teoria della scelta modale, siano stati sviluppati in larga parte all'interno di comunità disciplinari distinte, che raramente dialogano tra loro in modo sistematico: la letteratura sui singoli *chokepoints*, ad esempio, cita solo occasionalmente gli strumenti della *network science* che ne spiegherebbero la centralità strutturale; la letteratura sugli investimenti infrastrutturali alternativi tratta la scelta modale come un problema prevalentemente tecnico-economico, senza ricondurla in modo esplicito alla teoria del rischio raro discussa nel primo filone. Il contributo che la presente tesi intende offrire consiste precisamente nella costruzione di un ponte concettuale tra questi filoni lungo l'intero arco dei quattro capitoli: la fragilità topologica della rete e la risposta gestionale delle imprese (Cap. 1) vengono sottoposte a verifica empirica comparata sui tre chokepoints (Cap. 2); gli effetti economici e regolatori di tale fragilità vengono ricondotti a una nuova normalità operativa e istituzionale del settore (Cap. 3); infine le strategie di diversificazione infrastrutturale vengono valutate alla luce degli stessi criteri di rischio e resilienza introdotti nel quadro teorico iniziale (Cap. 4). È in questa lettura integrata, più che nei singoli filoni presi separatamente, che risiede il principale spazio di originalità della tesi rispetto alla letteratura esistente.

I.2. Economia delle industrie di rete applicata ai sistemi portuali

I.2.1. Caratteristiche economiche delle infrastrutture di rete: economie di scala, di scopo e sunk costs

Nel mondo contemporaneo, i sistemi portuali non possono essere analizzati come unità economiche isolate, ma devono essere osservati, all'interno della teoria delle industrie di rete o *network industries,* come nodi complessi e interconnessi (Mudronja et al. 2020); questo tipo di analisi permette di comprendere le forti interdipendenze spaziali, tecnologiche ed economiche caratterizzanti il settore.

Le infrastrutture portuali sono caratterizzate da caratteri economici che condizionano la concorrenza, le barriere all'entrata e le strategie di pianificazione, questi concetti sono rappresentati da: le economie di scala, le economie di scopo e i costi sommersi (*sunk costs)*; sono tre concetti che permettono di spiegare l'efficienza e la vulnerabilità sistemica agli shock.

Le economie di scala si manifestano da definizione quando il costo medio unitario di produzione decresce all'aumentare del volume prodotto in ragione dell'elevata incidenza dei costi fissi rispetto ai costi variabili, caratteristica tipica del settore marittimo (Carey, 2014). Nel contesto portuale, questa condizione si traduce nell'elevata incidenza di costi quali costruzione di banchine, installazioni di gru o dragaggio dei fondali, rispetto al costo marginale di movimentazione della singola unità aggiuntiva di merce o di un container; facendo l'esempio di un terminal container, il costo medio per container movimentato si riduce sensibilmente al crescere dei volumi effettivamente movimentati fino a raggiungere la saturazione dell'infrastruttura (Talley, 2009). Questo fenomeno economico ha guidato già dagli anni passati la concentrazione dei traffici in un numero limitato di hub portuali di grandi dimensioni a discapito della dispersione in scali di minori dimensioni e maggior numero ma anche la tendenza alla costruzione di unità navali sempre più grandi alimentando il fenomeno del gigantismo navale che ad oggi ha subito un arresto. Un'altra strada percorribile è la cooperazione e l'alleanza portuale tra porti adiacenti, il problema sorge quando si supera una determinata soglia critica e iniziano ad emergere le diseconomie di scala che erodono il surplus del consumatore.

Le economie di scopo sono un concetto distinto ma parallelo alle economie di scala appena spiegate. Si manifestano quando il costo di produzione congiunta di un output all'interno della medesima infrastruttura risulta inferiore alla somma dei costi che si sosterrebbero producendo questi output separatamente (Jara-Díaz e Basso, 2003). Spostandosi sul piano portuale, questo concetto spiega perché un singolo terminal ha l'attitudine a gestire molteplici funzioni congiuntamente sul piano verticale e quello orizzontale piuttosto che mantenere le attività frammentate su infrastrutture separate. L'infrastruttura di base costituisce così l'input condiviso il cui costo viene ammortizzato sui diversi servizi erogati. I porti ad esempio condividono gli accessi, i servizi tecnico-nautici, reti di trasporto terrestri ecc. le economie di scopo inoltre spingono anche la nascita di cluster (Notteboom et al. 2021) relativi al settore.

I *sunk costs* rappresentano la categoria di investimenti che, una volta effettuati, non sono recuperabili o riallocabili per usi diversi da quelli per cui sono stati pensati se l'attività cessa o si riduce; esempi esplicativi di investimenti *sunk* sono la costruzione di una banchina, il dragaggio di un canale o l'installazione di una gru di dimensioni importanti (Notteboom e Rodrigue, 2023). Da questo fenomeno scaturiscono due implicazioni distinte e al contempo rilevanti; la prima implicazione generata sono le barriere all'uscita, perché, dopo l'investimento, gli operatori tendono a operare anche in condizioni di domanda calante o di mancata economicità pur di non disperdere il capitale investito, meccanismo che aiuta a spiegare la persistenza di configurazione di rete anche quando risulterebbero teoricamente subottimali rispetto ad un nuovo assetto geoeconomico, la forte specificità di destinazione d'uso, fa sì che gli investimenti non possono essere liquidati o riconvertiti per usi alternativi senza subire una perdita quasi totale dell'investimento. La seconda implicazione è la generazione di un mercato poco contendibile poiché in un mercato in cui l'uscita comporterebbe una perdita irrecuperabile di capitale, si scoraggia l'ingresso di potenziali concorrenti anche nella condizione di assenza di barriere regolatorie (Notteboom e Rodrigue, 2023). Gli operatori storici possono godere di un grande vantaggio competitivo per l'esistenza dell'infrastruttura e quindi tale barriera denota l'importanza della regolamentazione per evitare lo sfruttamento di posizioni dominanti. Si sottolinea però anche che il ciclo di vita dell'infrastruttura è molto lungo, si stimano circa 40-100 anni, ogni decisione è presa nell'incertezza macroeconomica, tecnologica e in condizioni di rischio e irreversibilità,

per questa ragione, le concessioni hanno durate pluridecennali, funzionali a garantire al concessionario un orizzonte temporale sufficiente a recuperare il proprio investimento in sovrastrutture e a fornire all'ente concedente flussi di canone stabili nel tempo.

La combinazione tra elevata intensità di capitale, economie di scala e sunk cost determina la condizione secondo cui più infrastrutture risulterebbero economicamente inefficienti, questa condizione conduce l'emergere del monopolio naturale. Il monopolio naturale descrive la condizione in cui la produzione dell'output da parte di un'unica impresa risulta più efficiente, in termini di costo aggregato, rispetto alla ripartizione tra due o più imprese in concorrenza tra loro.

Tuttavia, la presenza di monopolio naturale espone il mercato a inefficienze di mercato, tariffe non competitive e abuso di posizione dominante; per dimostrare se il mercato può autoregolarsi tramite forze competitive, ci si riferisce alla letteratura su mercati contendibili (Baumol et al. 1982) perché, secondo questa teoria la disciplina tariffaria non dipende dal numero di imprese effettivamente presenti sul mercato ma dalla credibile minaccia dell'ingresso potenziale di un concorrente.

Per far sì che un mercato sia perfettamente contendibile, l'entrata e l'uscita dal mercato devono essere privi di barriere e quindi anche privi di costi irrecuperabili (Hirata, 2017). Provando a trasporre questi concetti sul settore portuale, si osserva che questo settore presenta elevati costi irrecuperabili come banchine, piazzali e dragaggi e uniti alla specificità d'uso degli asset si decreta una quasi totale impossibilità di riconversione e quindi una perdita di capitale. Il mercato portuale si configura quindi come un mercato non contendibile a causa delle sue elevate barriere all'uscita che favoriscono operatori storici e richiedono così regolamentazione sul sistema delle concessioni e del sistema tariffario.

Questa conformazione influenza anche la rete marittima globale perché massimizza l'efficienza e la concentrazione spaziale con il principale scopo di ammortizzare i costi fissi e massimizzare l'utilizzo concentrando i flussi su pochi hub e corridoi marittimi minimizzando la ridondanza delle infrastrutture (Notteboom, 2023). Inoltre, in condizioni di stabilità geoeconomica la scarsa capacità di magazzino rappresenta la massima espressione di efficienza in termini di costi ma di fronte a shock esogeni (come la chiusura

di un canale) l'impossibilità di deviare flussi su percorsi ugualmente efficienti trasforma il monopolio naturale in un vettore di vulnerabilità sistemica che causa ritardi, congestioni e innalzamento dei noli (Yue, Mangan, 2024) questa dinamica è ciò che verrà analizzato in questo lavoro.

I.2.2. Teoria dei Grafi, centralità e vulnerabilità dei sistemi

Il sistema di trasporto marittimo può essere analizzato e modellizzato tramite strumenti teorici della *Network Science* e, nello specifico, la teoria dei grafi. Questa formalizzazione matematica permette di semplificare il contesto spaziale e logistico delle catene di approvvigionamento globali, in un sistema geometrico, analizzabile e computabile offrendo alla nozione di monopolio naturale una base topologica precisa.

La rete di trasporto mondiale viene interpretata come un sistema infrastrutturale complesso, dinamico e interconnesso per cui la teoria dei grafi funge da semplificatore, estraendo la complessità al fine di quantificare la vulnerabilità strutturale e simulare gli shock e le interruzioni sistemiche.

La rete marittima può essere descritta matematicamente come un grafo orientato e pesato costituito dall'insieme finito di nodi ovvero l'insieme dell'infrastruttura portuale, dall'insieme degli archi orientati corrispondenti all'insieme di collegamenti tra i nodi. (Pan et al., 2022)

L'infrastruttura portuale è rappresentata dai porti commerciali suddivisi nella gerarchia funzionale di porti gateway ovvero punti di accesso diretto ai mercati continentali, porti hub quindi snodi strategici dedicati a operazioni di transhipment e porti feeder, scali secondari di redistribuzione locale e regionale. Ogni nodo all'interno della matrice è definito da attributi operativi e vincoli fisici che ne determinano la resilienza e la capacità di assorbimento degli shock, tra questi parametri assumono importanza: la capacità di movimentazione ed il ruolo strategico per le compagnie di linea (Yang e Liu, 2022), oltre a questi vincoli quantitativi si affiancano vincoli strutturali quali il pescaggio e la lunghezza delle banchine: fattori che costituiscono una selezione naturale delle tipologie di navi che possono essere accolte dallo scalo e il dwell time, tempo medio di

stazionamento delle merci, che si lega al tema dell'efficienza operativa dello scalo, quindi alla vulnerabilità della rete intera (Ducruet, 2020).

Gli archi, ovvero le rotte, rappresentano il collegamento diretto tra un porto di origine e un porto di destinazione. Lo studio dei flussi denota una forte asimmetria causata dalla diversa localizzazione di domanda e offerta e a fattori di stagionalità, ciò rende necessaria nello studio empirico l'uso di grafi orientati. Le caratteristiche dell'arco si definiscono in termini di costo e peso sintetizzando la resistenza e l'intensità del legame logistico sulla base di: distanza e tempo di navigazione, grandezze dipendenti tra loro misurate in miglia nautiche e velocità di crociera. L'offerta di mercato che dipende in modo proporzionale alla frequenza del servizio offerto, alla quantità di stiva messa a disposizione sulla singola rotta e alla velocità e dei costi di esercizio di cui fanno parte pedaggi, tasse, assicurazioni e combustibile (Xu et al. 2024).

La rappresentazione della rete non è univoca e dipende dalla regola con cui si definisce il collegamento tra due nodi e si distinguono due approcci principali (Sen et al., 2003). Nella rappresentazione *Space-L* due nodi sono collegati se sono elementi consecutivi lungo almeno un servizio o una rotta, la matrice di adiacenza risulta sparsa e riproduce la struttura fisica della rete, compresi i passaggi obbligati come canali e stretti. Nella rappresentazione *Space-P* sono collegati tutti i porti serviti dalla stessa linea, indipendentemente dall'ordine di scalo, ogni servizio genera un sottografo completo, la matrice è più densa e la distanza tra due nodi misura il numero di trasbordi necessari. La scelta incide sulle metriche, nello *Space-P* il grado degli hub è amplificato e i passaggi geografici non compaiono come nodi, mentre nello *Space-L* la *betweenness* ne rileva il ruolo di intermediazione. I risultati richiamati in questo lavoro (Ducruet, 2016) si riferiscono a reti costruite secondo logica Space-L, ed è su questa base che si interpreta la posizione dei *chokepoint*. Ne deriva che, in una matrice di adiacenza pesata, il legame tra due mercati non è misurato in miglia nautiche ma dalla presenza e dall'intensità del servizio (frequenza o capacità).

Definita l'architettura topologica della rete, il modello si implementa tramite strumenti analitici capaci di quantificare sia il peso strategico dei singoli elementi sia la solidità complessiva del sistema ovvero centralità e vulnerabilità.

Il primo indicatore è la centralità di grado (*degree centrality)* che quantifica il numero di archi di un nodo quindi il numero di connessioni dirette di un porto (Mou et al. 2020). In ambito economico oltre a misurare la connettività base, è anche un indicatore di potere di mercato e dominanza logistica. Studi empirici dimostrano che la distribuzione dei gradi della rete marittima globale non segue una gaussiana simmetrica, ma è governata da una *power law* riconducibile alle strutture di rete *scale-free* (Ducruet, 2020): la maggior parte dei porti presenta pochissime connessioni, mentre all'opposto vi è un nucleo ristretto di macro-hub portuali come Rotterdam in Europa, Singapore in Asia, che concentrano un volume di collegamenti esponenzialmente superiori alla media, generando una tendenza gerarchica *hub and spoke* (Novaes Mathias et al., 2025). La polarizzazione dei flussi si lega al tema del fenomeno dei *rich-club*: i grandi scali portuali tendono preferenzialmente a collegarsi tra loro, accentrano i servizi transoceanici, dettano le condizioni di mercato, abbattono i costi marginali grazie allo sfruttamento delle economie di scala e rendono i porti *feeder* fortemente legati alle loro inefficienze e ai propri ritardi (Duan et al., 2024). Questa struttura è una peculiarità tipica delle reti *scale-free*, i nuovi porti o le nuove rotte tendono a collegarsi agli hub già consolidati rafforzando il loro dominio e facendo scaturire un meccanismo a spirale di rafforzamento del fenomeno. Il secondo parametro, cruciale per la decodifica delle crisi geopolitiche, è la centralità di intermediazione (*betweenness centrality)*, una metrica che quantifica la frequenza con cui un nodo si interpone lungo i cammini minimi che collegano tutte le possibili coppie di porti della rete, mettendone in risalto l'importanza di un nodo come passaggio strategico o obbligato per cui i flussi sono obbligati a transitare per ottimizzare tempi e trasbordi. Nella rete marittima i più alti valori di intermediazione corrispondono a infrastrutture geografiche quali canali o stretti come il canale di Panama o il canale di Suez (Ducruet, 2020), questi passaggi hanno quindi una elevatissima centralità che conferisce a tali nodi la natura di monopoli geografici naturali e colli di bottiglia sistemici. La terza misura in analisi è la centralità di vicinanza (*closeness centrality)*, calcolata come l'inverso della distanza media di un porto da tutti gli altri nodi della rete. Dal punto di vista economico, questa misura definisce l'accessibilità ad un mercato ovvero la facilità e la rapidità di accesso ad un altro scalo (Xu et al., 2020), minori sono i trasbordi, maggiore è la rapidità e l'economicità.

L'analisi di queste metriche conduce ad una quantificabile nozione di vulnerabilità sistemica; anche se la configurazione *scale-free* garantisce alla rete marittima un ampio livello di robustezza rispetto agli impedimenti casuali (*random failures)* e alle interruzioni periferiche, la stessa struttura si dimostra essere ampliamente vulnerabile ad attacchi mirati o shock esogeni che intaccano nodi ad alta centralità: quando un hub ad alto grado o una rotta ad alta intermediazione subisce un'interruzione operativa, la rete subisce uno stress improvviso, che si tratti di eventi climatici estremi, blocchi politici, incagli o scioperi. La risposta alle perturbazioni non è lineare e omogenea; a causa della struttura interconnessa e spesso già al limite delle capacità nei punti nevralgici, l'interruzione di un elemento dominante impone rapide azioni di *re-routing* che vanno a sovraccaricare porti limitrofi e percorsi alternativi meno efficienti. La redistribuzione del traffico innesca una reazione definita guasti a cascata (*cascading failure)*; la congestione e le code generate al livello primario si diffondono paralizzando in sequenza porzioni di rete sempre più vaste soprattutto se interessa uno dei membri del *rich-club* (Yang e Liu, 2022). Dallo studio di questi processi si rende evidente come i colli di bottiglia agiscano da single point of failure, un blocco localizzato si trasforma in un costo strutturale sistemico che degrada le prestazioni e la fluidità delle catene di approvvigionamento a livello globale.

I.2.3. La logica hub and spoke, efficienza vs rischio di concentrazione

Nell'economia dei trasporti il modello hub and spoke rappresenta la configurazione di rete in cui i flussi, provenienti da molteplici origini periferiche, vengono convogliati verso un numero ristretto di nodi centrali, da questi ripartono verso le direzioni finali evitando così collegamenti diretti tra ogni singola coppia di nodi. Nel trasporto containerizzato, questa configurazione è forte e si traduce nella concentrazione dei traffici transoceanici su un numero ristretto di mega-hub portuali, da cui vengono redistribuiti tramite servizi di feederaggio verso porti minori secondo la logica gateway-hub-feeder precedentemente introdotta (Notteboom et al. 2021). La configurazione hub and spoke è una conseguenza delle proprietà di costo del paragrafo I.2.1, se un terminal presenta significative economie di scala allora la concentrazione dei flussi su un numero ristretto di hub produce un beneficio di efficienza reale (Cremaschini et al. 2026).

Il problema di ottimizzazione che si affronta nella scelta della configurazione di rete può essere schematizzato come un *trade-off* tra due componenti di costo tra loro

contrapposte: il costo di transito addizionale (dall'inglese *collection and distibution cost*) sostenuto per direzionare il carico verso l'hub e non verso la destinazione finale e il risparmio generato dalle economie di scala ottenute concentrando volumi elevati su rotte primarie servite da navi di grandi dimensioni che diminuiscono il costo per unità di merce trasportata all'aumentare delle capacità di nave impiegata (Bütün et al. 2021). La configurazione hub and spoke risulta economicamente preferibile rispetto al collegamento diretto quando il risparmio ottenuto sulla rotta primaria eccede il costo di transito addizionale generato dalla concentrazione, questa condizione è tipica delle rotte a lunga percorrenza e spiega perché la distribuzione dei gradi osservata non sia casuale ma polarizzata verso pochi nodi dominanti. Riprendendo il fenomeno del *rich-club*, la concentrazione dei flussi genera un processo cumulativo e autorinforzante, per cui i nuovi porti o le nuove rotte tendono a collegarsi agli hub già consolidati. Il meccanismo di attaccamento preferenziale, che nella letteratura di *network science* giustifica formalmente l'emergere di distribuzioni *power law* nelle reti *scale-free*, ha un corrispettivo economico altrettanto preciso: un hub già dominante offre economie di scala superiori a quelle di un hub minore, attirando ulteriori volumi che ne rafforzano ulteriormente la posizione dominante, in un circolo che tende a confermarsi nel tempo (Ducruet et al. 2010). È questa dinamica cumulativa, più che la concentrazione in sé considerata staticamente, a rendere la configurazione hub-and-spoke un fenomeno strutturalmente persistente, poco reversibile nel breve periodo anche qualora se ne rivelasse la fragilità sistemica.

Ed è su questo punto che si manifesta il costo nascosto della concentrazione. Il calcolo di ottimizzazione, per come è condotto dagli operatori di mercato, internalizza in modo sistematico i costi operativi (carburante, tempo di transito, costo del capitale nave) ma tende a non internalizzare, o a sottostimare strutturalmente, il costo atteso di interruzione della rete in caso di shock esogeno (Bütün et al. 2021). Si tratta di un'esternalità sistemica in senso proprio: la stessa proprietà scale-free che garantisce alla rete un'elevata robustezza rispetto a guasti casuali la rende anche vulnerabile ad attacchi mirati o shock che colpiscano i nodi ad alta centralità sempre più dominanti. Il beneficio della concentrazione (economie di scala, minori costi unitari) è appropriato individualmente da ciascun operatore che sceglie di convogliare i propri flussi attraverso l'hub, mentre il costo della fragilità che ne risulta è un costo diffuso, sopportato

collettivamente dall'intero sistema economico globale nel momento in cui lo shock si manifesta, e non un costo che entra nel calcolo di convenienza del singolo operatore al momento della scelta della rotta (Shang et al. 2026).

Questa asimmetria tra beneficio privato immediato, osservabile nella crescita della *degree centrality* dei macro-hub, e costo sistemico differito, topologicamente osservabile nel rischio di *cascading failure* innescato dalla loro eventuale compromissione, costituisce il nucleo economico più rilevante (Cremaschini et al. 2026). Non si tratta di un fallimento di calcolo da parte degli operatori di mercato, né un errore manageriale delle imprese, ma di una conseguenza strutturale e prevedibile delle proprietà di costo delle industrie a rete. Se l'esternalità descritta non viene corretta a livello di sistema, tramite strumenti di regolazione, diversificazione dell'infrastruttura finanziata pubblicamente, o mutamento degli incentivi privati, il mercato, lasciato alla sola logica di ottimizzazione individuale del costo operativo, non ha alcuna ragione per correggere spontaneamente la propria esposizione al rischio di concentrazione, anche dopo aver sperimentato ripetutamente gli effetti di shock localizzati sui nodi ad alta *betweenness centrality* (Shang et al. 2026).

I.3 Dal Just-in-Time al Just-in-Case: la ridefinizione del paradigma logistico

L'analisi si sposta verso le decisioni gestionali delle singole imprese, caricatori e produttori, che della rete marittima sono utenti finali. È un cambio di prospettiva perché la vulnerabilità sistemica documentata nei paragrafi I.2.3 e I.2.4 non origina soltanto dalla struttura della rete, ma è dipendente anche dalle politiche di gestione delle scorte adottate a monte dalle imprese che si servono dalla rete. Il passaggio da un assetto organizzativo *Just-in-Time* (JIT) a uno *Just-in-Case* (JIC), che ha caratterizzato l'evoluzione della gestione delle catene di approvvigionamento globali nell'ultimo quinquennio, costituisce infatti la risposta gestionale più diretta allo stesso problema economico già affrontato sotto il punto di vista infrastrutturale: un'ottimizzazione condotta in condizioni di normalità operativa che sistematicamente sottostima il costo atteso di un'interruzione a bassa probabilità ma ad alto impatto.

I.3.1 L'efficienza estrema e l'erosione dei margini di sicurezza

Il paradigma del Just-in-Time, sviluppato originariamente nell'ambito della produzione industriale giapponese nel settore automobilistico si è esteso su scala globale alla gestione dell'intera catena di approvvigionamento negli ultimi tre decenni (Jiang et al. 2022); si fonda sul principio dell'eliminazione sistematica di ogni scorta ridondante: i materiali, i componenti e i prodotti finiti devono giungere nel luogo e nel momento esatto in cui sono richiesti dal processo produttivo o distributivo a valle, minimizzando in tal modo i costi di stoccaggio, di immobilizzo del capitale circolante e di obsolescenza dell'inventario (Yang et al. 2021). Dal punto di vista della teoria economica dell'impresa, questo principio può essere ricondotto a un problema classico di minimizzazione dei costi di gestione delle scorte, in cui il costo totale atteso si compone di due termini contrapposti: il costo di mantenimento a scorta (comunemente detto *holding cost*), che cresce al crescere del livello di scorta di sicurezza mantenuto, e il costo atteso di rottura di *stock* (comunemente detto *stockout cost*), decrescente al crescere della scorta. La struttura JIT tende a ridurre il livello di scorta di sicurezza verso valori che tendono allo zero, sistema per lungo tempo confermato in condizioni di stabilità geopolitica e logistica relativa che la probabilità di un'interruzione della catena di fornitura fosse sufficientemente bassa da rendere il costo atteso di rottura di stock trascurabile rispetto al risparmio generato sui costi di mantenimento (Yu et al. 2024).

Ciò, inoltre, dipende in modo critico dalla stabilità della rete di trasporto, la stessa rete la cui struttura scale-free è stata descritta come resistente a guasti casuali ma vulnerabile ad attacchi mirati o shock esogeni sui nodi ad alta centralità (Yue e Mangan, 2024). Il dogma dell'efficienza estrema del JIT, in altre parole, ha storicamente considerato come trascurabile un rischio che la stessa architettura della rete rendeva, in realtà, strutturalmente non trascurabile: l'erosione dei margini di sicurezza a livello di impresa si è consolidata proprio nel periodo in cui la concentrazione dei traffici su un numero ristretto di hub e di rotte ad alta *betweenness centrality* rendeva la rete progressivamente più esposta a shock localizzati capaci di propagarsi attraverso il meccanismo di *cascading failure* prima descritto (par. I.2.2). Si è determinata così una condizione di fragilità sotto due fronti: fragilità infrastrutturale a livello di rete, fragilità

gestionale a livello di impresa, reciprocamente non compensate e presupposte l'una dall'altra (Jiang et al. 2022).

I.3.2 Il trade-off tra la riduzione dei costi di stoccaggio e l'incremento della vulnerabilità sistemica

Il trade-off tra costi di mantenimento della scorta e costi attesi di interruzione può essere reso esplicito riformulando il problema di minimizzazione dell'impresa nella sua forma più semplicistica in termini di costo atteso totale in funzione del livello di scorte di sicurezza s:

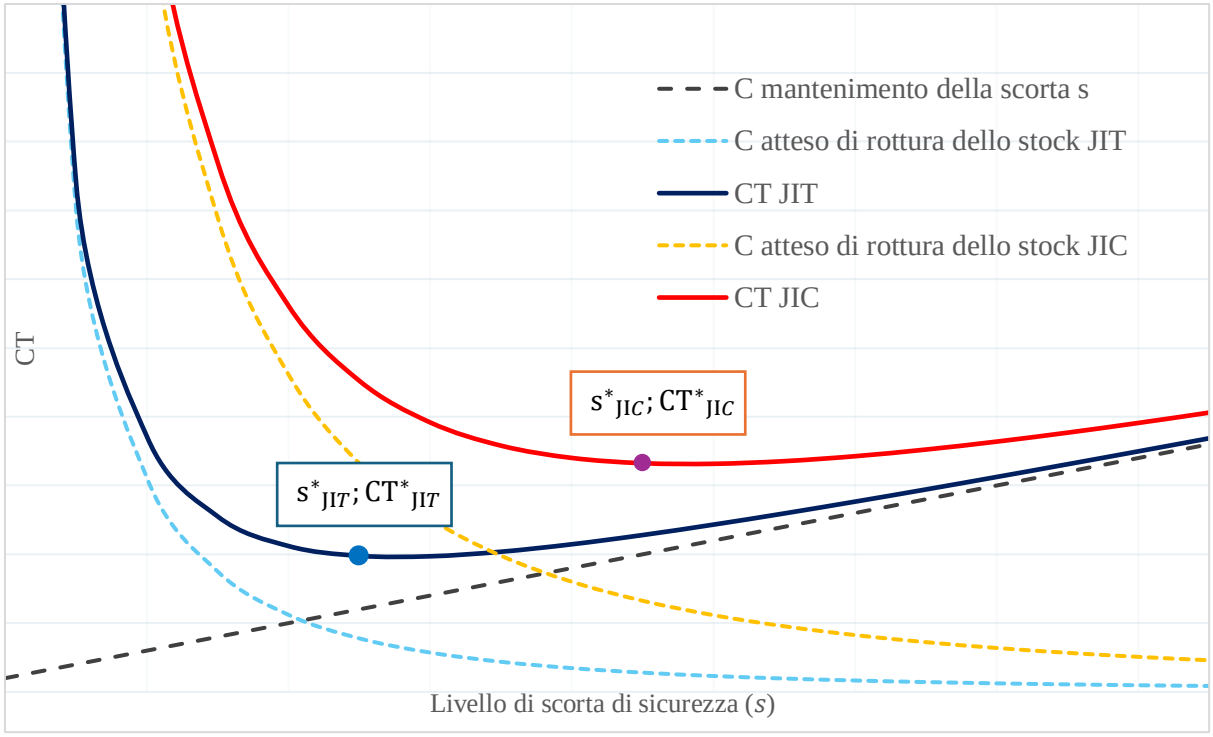
$$\mathrm{CT(s)} = \mathrm{h} \cdot \mathrm{s} + \mathrm{p(s)} \cdot \mathrm{L}$$

In questa formula,"h" rappresenta il costo unitario di mantenimento della scorta, $p(s)$ la probabilità di rottura di stock in funzione del livello di scorta mantenuto e L la perdita economica attesa in caso di interruzione della fornitura (mancata produzione, perdita di quota di mercato, penali contrattuali). Il livello ottimale di scorta s^* è quello che minimizza $CT(s)$, e si sposta verso l'alto tanto più $p(s)$ risulti sensibile a variazioni di s e tanto più L risulti elevato (Arrow et al. 1951).

La probabilità di interruzione della fornitura non è una caratteristica esogena e stabile nel tempo, ma una funzione della struttura della rete di trasporto, la cui concentrazione ne determina l'esposizione agli shock localizzati. Il modo in cui le imprese caricatrici hanno storicamente stimato $p(s)$ sulla base di serie storiche riferite ad un periodo di relativa stabilità geopolitica e climatica – cioè le stesse condizioni descritte nell'introduzione come "normalità pre-permacrisi" – e il livello di scorta di sicurezza s^* effettivamente scelto dalle imprese hanno sistematicamente sottostimato il vero valore atteso del rischio di interruzione, producendo un livello di scorte strutturalmente inferiore a quello che sarebbe risultato ottimale una volta correttamente internalizzata la fragilità topologica della rete (Jiang et al. 2022). Si tratta, quindi, di un fenomeno del tutto analogo, all'esternalità sistemica già discussa: anche in questo caso, il beneficio della riduzione delle scorte (minori costi di stoccaggio, maggiore rotazione del capitale) è appropriato individualmente e immediatamente dall'impresa, mentre il costo dell'esposizione al rischio sistemico che ne deriva si manifesta solo ex post, in occasione

dello shock, ed è spesso amplificato dal fatto che numerose imprese, avendo adottato indipendentemente la medesima logica di ottimizzazione, si trovano esposte simultaneamente alla medesima interruzione, un effetto di correlazione del rischio che nessuna singola impresa ha incentivo a correggere unilateralmente, poiché farlo comporterebbe accettare un costo di stoccaggio superiore ai concorrenti che non adottano la medesima cautela (Yu et al. 2024).

Graf 1.1: Trade-off tra costo di mantenimento a scorta e costo atteso di rottura di stock.



Fonte: Elaborazione dell'autore sulla base di Silver et al. 2017 e di Chopra et al. 2016.

Nello scenario di stabilità di rete, la stima del rischio a ribasso trascina la funzione del costo totale in basso determinando un punto di minimo in corrispondenza di un livello di scorta poco elevato e un costo minimo ($s^*_{JIT}; CT^*_{JIT}$). Quando il sistema mostra le sue fragilità e aumenta la percezione del rischio, la curva di rottura di sposta verso l'alto individuando il nuovo equilibrio ($s^*_{JIC}; CT^*_{JIC}$). La maggiore scorta non rappresenta inefficienza ma una risposta razionale.

I.3.3 Il passaggio al Just-in-Case: la ridondanza e le scorte che diventano investimenti di resilienza

La sequenza di shock verificatasi a partire dal 2020, come la pandemia da Covid-19, la crisi di Suez legata all'incidente della Ever Given, le tensioni nel Mar Rosso, la crisi idrica del Canale di Panama, ecc. ha prodotto, a livello gestionale di impresa, un effetto che può essere descritto in termini economici come una revisione al rialzo della stima di $p(s)$: le imprese hanno corretto, spesso in modo brusco e reattivo più che pianificato, la probabilità attesa di interruzione della fornitura, spostando conseguentemente verso l'alto il livello di scorta di sicurezza ritenuto ottimale (Jiang et al. 2022). È in questo contesto che si colloca l'emergere del paradigma Just-in-Case, che ribalta esplicitamente la logica JIT: la ridondanza infrastrutturale e le scorte di sicurezza, anziché essere trattate come costo puro da minimizzare, vengono riqualificate come investimento in resilienza, il cui rendimento atteso si manifesta non in condizioni di normalità operativa ma precisamente nei momenti di crisi, quando la disponibilità di scorte consente all'impresa di assorbire uno shock che, in un regime JIT puro, si tradurrebbe in un'interruzione immediata della produzione o della distribuzione (Yu et al. 2024).

Inoltre, è rilevante osservare, che questa transizione non va interpretata come un cambiamento radicale e definitivo di paradigma: la letteratura più recente di *supply chain management* tende piuttosto a descrivere l'esito come un riposizionamento verso un modello ibrido, talvolta indicato con l'espressione "just-in-time resiliente" o "*hybrid JIT-JIC*", in cui la ridondanza viene selettivamente concentrata sui nodi e sui componenti critici della catena di fornitura, piuttosto che estesa indiscriminatamente all'intero inventario aziendale (Yu et al. 2024). Questa selettività ha una diretta corrispondenza con l'impianto teorico sviluppato nei paragrafi precedenti: se la vulnerabilità della rete marittima è concentrata nei nodi ad alta centralità piuttosto che distribuita uniformemente sull'intera rete, è economicamente razionale che anche la risposta gestionale delle imprese si concentri selettivamente sui componenti e sui fornitori esposti a tali nodi critici, anziché tradursi in un aumento generalizzato e indifferenziato delle scorte, che riprodurrebbe su scala aziendale la medesima inefficienza allocativa che il paradigma JIT era nato per eliminare (Choi et al. 2023).

Questa lettura consente di anticipare il paragrafo I.4, dedicato alla teoria del Cigno Nero e al concetto di policrisi perché se il passaggio da JIT a JIC rappresenta una corretta revisione della stima di $p(s)$ a seguito degli shock già osservati, ci si chiede se tale revisione sia sufficiente a fronteggiare non più singoli shock isolati, ma la sovrapposizione simultanea o sequenziale di shock di natura eterogenea, geopolitica, climatica, sanitaria, la cui probabilità congiunta non si riduce alla semplice somma delle probabilità dei singoli eventi presi singolarmente (Jiang et al. 2022).

I.4 Cigni neri e policrisi, l'imprevedibilità nello *shipping*

L'analisi svolta mette in luce un aspetto importante, la revisione della probabilità di subire un'interruzione su cui si basa il passaggio dal JIT al JIC potrebbe non bastare quando non si affrontano più singoli eventi isolati, ma più shock diversi che si verificano insieme o in ravvicinata successione. Per comprendere questo limite occorre fare riferimento a due concetti distinti: la teoria del Cigno Nero (Zarghami e Dumrak, 2021) e l'idea di policrisi. Pur nascendo in ambiti di studio differenti: il primo finanziario ed epistemologico, il secondo storico e politico; entrambi mostrano come i modelli tradizionali di gestione del rischio fatichino a spiegare eventi che non rientrano nei normali calcoli probabilistici.

I.4.1 La teoria del Cigno Nero applicata agli shock marittimi rari e ad alto impatto

Nassim Nicholas Taleb ha definito *black swan* (cigno nero) un evento che presenta congiuntamente tre caratteristiche: è una sorpresa rispetto alle aspettative dell'osservatore, poiché nulla nel passato ne indicava in modo convincente la possibilità di manifestarsi; produce un impatto estremo e sproporzionato rispetto alla frequenza con cui si manifesta; e, soprattutto, è soggetto a una razionalizzazione retrospettiva, per cui una volta accaduto viene ricostruito come se fosse stato prevedibile, o addirittura inevitabile, nonostante non lo fosse stato ex ante per l'osservatore (Taleb, 2009). Applicata al contesto del trasporto marittimo, questa definizione si presta a descrivere efficacemente episodi come l'incaglio della portacontainer Ever Given nel Canale di Suez nel 2021: un evento puntuale, imprevedibile nella sua specifica manifestazione, una singola nave, in un momento specifico, incagliata per condizioni meteorologiche contingenti, che ha tuttavia prodotto un impatto sproporzionato sull'intero sistema del commercio globale

(Thanopoulou e Strandenes, 2025) generando nei giorni successivi un'ampia produzione retrospettiva di analisi che ne presentavano la dinamica come "inevitabile" alla luce della crescente dimensione delle navi portacontainer e del fenomeno del gigantismo navale.

È tuttavia necessario introdurre, a questo punto dell'argomentazione, una distinzione critica che il capitolo ha già gli strumenti per formulare con precisione, e che la letteratura più recente sul rischio sistemico tende a sottolineare: non tutti gli shock analizzati in questa tesi condividono pienamente le caratteristiche del cigno nero nel senso tecnico definito da Taleb. Se si applica il quadro concettuale sviluppato nei paragrafi I.2.3 e I.2.4, l'esposizione strutturale di nodi ad alta betweenness centrality, Suez, Hormuz, e nella fattispecie climatica Panama, a shock esogeni non è, in linea di principio, un evento imprevedibile: è una conseguenza logica e osservabile della topologia scale-free della rete, nota alla letteratura di network science ben prima che i singoli episodi si manifestassero concretamente (Xu et al, 2024). In questo senso, buona parte degli shock analizzati nel capitolo 2 si colloca più correttamente nella categoria concettualmente distinta, proposta nella letteratura sul rischio sistemico con l'espressione *grey rhino*, di rischio ad alta probabilità e alto impatto, strutturalmente identificabile in anticipo, ma sistematicamente ignorato o sottostimato dagli attori di mercato non per un'oggettiva impossibilità cognitiva di prevederlo, bensì per la stessa ragione economica già discussa nei paragrafi I.2.4 e I.3.2: l'asimmetria tra il beneficio privato immediato della concentrazione e dell'ottimizzazione delle scorte, e il costo sistemico differito della fragilità che ne risulta, il quale non entra nel calcolo di convenienza del singolo operatore fino al momento in cui lo shock si manifesta concretamente (Baştuğ et al. 2023). Ciò che appare, nella cronaca e nel dibattito pubblico, come un cigno nero imprevedibile, è con maggiore frequenza, un rischio strutturale noto, la cui bassa priorità nel calcolo economico individuale ne ha impedito una corretta internalizzazione ex ante (Thanopoulou e Strandenes, 2025).

Ciò non significa che la categoria di cigno nero perda del tutto rilevanza esplicativa nel contesto marittimo: alcuni elementi specifici degli shock analizzati: il momento esatto di manifestazione, l'entità precisa dell'impatto, la concatenazione con altri eventi concomitanti, conservano un margine di autentica imprevedibilità che la sola analisi topologica non è in grado di eliminare (Cao et al. 2025). La teoria di Taleb rimane così

uno strumento utile per descrivere la sorpresa che permane anche in un sistema la cui vulnerabilità strutturale sia nota, ma va utilizzata con la consapevolezza che i termini "imprevedibile" e "raro" non sono sinonimi, e che ad oggi gran parte del rischio marittimo appartiene alla seconda categoria più che alla prima (Taleb, 2009).

I.4.2 Dalla crisi singola alla policrisi: effetti domino tra shock geopolitici e climatici

Se la teoria del Cigno Nero, nella sua formulazione originaria, è pensata primariamente per descrivere un singolo evento raro e ad alto impatto (Taleb, 2009), essa mostra i propri limiti descrittivi quando applicata a un contesto, quello dello shipping globale a partire dal 2020; da quel momento gli shock non si sono manifestati in sequenza isolata, ma sovrapposta: la pandemia da Covid-19, la crisi di Suez, le tensioni nel Mar Rosso, la siccità del Canale di Panama non sono episodi indipendenti separati da intervalli di ritorno alla normalità, bensì eventi parzialmente sovrapposti nel tempo, i cui effetti si sono reciprocamente amplificati (Li et al. 2026). Per descrivere questa condizione, la letteratura storico-politica più recente ha proposto il concetto di policrisi, inteso come una situazione in cui crisi di natura eterogenea: sanitaria, geopolitica, climatica, economica, non si limitano a coesistere, ma interagiscono tra loro in modo tale che l'impatto aggregato risulti superiore alla semplice somma degli impatti che ciascuna crisi avrebbe prodotto in maniera isolata.

Dal punto di vista della teoria della probabilità applicata alla gestione del rischio, se due o più shock fossero eventi indipendenti, la probabilità della loro manifestazione congiunta sarebbe pari al prodotto delle loro singole probabilità, un valore che per definizione, è sicuramente più basso della probabilità di ciascun evento preso isolatamente. Il concetto di policrisi descrive precisamente la violazione di questa condizione di indipendenza: gli shock geopolitici, climatici e sanitari verificatisi non sono statisticamente indipendenti tra loro, ma positivamente correlati attraverso meccanismi di trasmissione concreti e osservabili (Thanopoulou e Strandenes, 2025). Una congestione portuale originata da eventi geopolitici, come la crisi provocata dalle offensive Houthi contro le rotte del Mar Rosso, riduce la capacità di riserva della retee la sua elasticità di risposta nel momento in cui si manifesta, in parallelo o in sequenza ravvicinata, uno shock di natura completamente diversa come la siccità di Panama; il riposizionamento delle flotte e dei container vuoti indotto dal primo shock, discusso nel paragrafo, riduce i

margini operativi disponibili per assorbire il secondo (Wang et al. 2024). La correlazione tra shock che si mostrano diversi tra loro si manifesta dunque non attraverso una relazione causale diretta tra le cause originarie perché un conflitto in Medio Oriente non causa la siccità in America Centrale bensì il canale comune costituito dalla rete infrastrutturale condivisa - è la medesima architettura a grafo concentrata e interconnessa - trasformare shock causalmente indipendenti in eventi economicamente correlati, poiché entrambi insistono sulla stessa capacità limitata del sistema globale.

Questa chiave di lettura consente di chiudere il capitolo sintetizzando l'intero impianto argomentativo e che dirigerà l'indagine empirica del Capitolo 2: la fragilità del trasporto marittimo globale non dipende tanto dalla frequenza o dall'intensità dei singoli shock esogeni, siano essi climatici o geopolitici, quanto dall'interazione di tre elementi strutturali: una topologia di rete di tipo *scale-free*, che rende alcuni nodi geografici insostituibili; un'esternalità sistemica che spinge operatori e caricatori a sottostimare, nelle proprie scelte di ottimizzazione microeconomica, il reale costo atteso di un blocco della rete; una crescente correlazione tra shock eterogenei che, nel contesto di una policrisi, rende ormai inadeguati i modelli tradizionali di gestione del rischio basati sull'ipotesi di eventi rari e reciprocamente indipendenti.

Con questa combinazione di fattori, si analizzeranno gli episodi geopolitici e climatici e successivamente le risposte regolatorie e organizzative che il mercato marittimo ha effettivamente adottato di fronte a una condizione di instabilità che appare sempre meno riconducibile all'eccezione e sempre più alla regola.

II. Analisi comparata dei chokepoints

II.1 Una griglia analitica comune per la lettura dei chokepoints

Un chokepoint marittimo è un canale naturale o artificiale, uno stretto o un passaggio in cui si concentrano e convengono grandi volumi di traffico e rotte di navigazione mondiali (Verschuur, Hall, 2024). Per essere definito tale, dal punto di vista geografico e strutturale deve presentare elementi come la strettezza fisica, l'assenza di alternative immediate e la centralità internazionale. Strettezza fisica perché può essere facilmente interdetto o chiuso al traffico; per ciò che riguarda le alternative spesso esistono ma sono soluzioni meno immediate, più lunghe e costose; per il tema della centralità, deve rivestire un ruolo cruciale per l'economia di più stati (Alexander, 1992). Le caratteristiche che accomunano i principali *chockepoint* sono vincoli fisici come la larghezza del canale, difficoltà di navigazione e limiti sulle dimensioni delle navi che attraversano il canale. Altra caratteristica è il livello di sostituibilità della rotta, minore è la sostituibilità e maggiore è il valore del canale proprio perché il passaggio nel canale è cruciale. Ultima caratteristica è il controllo normativo, la maggior parte dei nodi sono regolati dalla convenzione UNCLOS (1882) con il regime del "diritto di transito" che garantisce il passaggio continuo e rapido senza sospensioni (Alexander, 1992), altri canali invece ricadono sotto la sovranità dello stato nazionale che tramite autorità predisposte organizzano gli attraversamenti e riscuotono i canoni (Rodrigue, 2005). L'insieme delle caratteristiche e dei fattori descritti esplicitano una forte vulnerabilità dei nodi legata sia a fattori naturali che antropici. I nodi sono dipendenti da rischi naturali e climatici, quest'ultimo in continua crescita di frequenza e intensità e rischi geopolitici come pirateria, incagli e conflitti. Le interruzioni locali, nascono come tali ma vista la centralità si propagano rapidamente impattando su tutto il sistema tramite un effetto a cascata, il traffico si sposta andando a congestionare la rete secondaria non preparata a gestire l'eccesso di traffico congestionandosi, si vengono a creare code, ritardi e disagi, inoltre variando le rotte, le navi tendono a percorrere più miglia assorbendo più tonnellate di stiva e riducendo l'offerta relativa, ciò crea squilibri sui noli che tendono ad aumentare improvvisamente (Verschuur, Hall, 2024).

L'impianto teorico sviluppato nel capitolo 1 ha permesso di individuare, a livelli di analisi differenti, un'unica proposizione di fondo: la fragilità del sistema marittimo

globale è la conseguenza prevedibile di una struttura di rete concentrata secondo una logica scale-free (par. I.2.3), di un'esternalità sistemica che porta operatori infrastrutturali e imprese caricatrici a sottostimare, nel proprio calcolo individuale, il costo atteso dell'interruzione, e di una crescente correlazione tra shock di natura eterogenea che la condizione di policrisi rende sempre meno riconducibile al modello dell'evento raro e isolato. Il presente capitolo si propone di sottoporre questa proposizione teorica a una verifica empirica, attraverso l'analisi comparata di tre *chokepoints*, il Canale di Suez, il Canale di Panama, lo Stretto di Hormuz, scelti per la loro attualità ma anche perché condividono la caratteristica di presentare un valore elevato di centralità (*betweenness centrality*) tra i più elevati dell'intera rete marittima globale (Ducruet, 2016), pur differendo per la natura dello shock che li ha interessati negli anni recenti.

Si rende necessario definire infine, prima di procedere ai singoli casi, una griglia analitica di quattro dimensioni da applicare a ciascuno dei tre soggetti per effettuare un'analisi il più omogenea possibile.

La prima dimensione riguarda la natura dello shock e il suo grado di prevedibilità strutturale. Riprendendo la distinzione introdotta nel paragrafo I.4.1 tra evento genuinamente imprevedibile (cigno nero in senso stretto) e rischio strutturalmente identificabile ma sistematicamente sottostimato (*grey rhino*), analizzando anche l'origine dello shock.

La seconda dimensione riguarda il meccanismo di trasmissione, ovvero il canale attraverso cui l'interruzione o la limitazione del transito in un singolo nodo o arco della rete si propaga all'insieme del sistema marittimo globale. Questa dimensione applica direttamente il concetto di *cascading failure* (par. I.2.2): per ciascun caso, si tratterà di identificare quali porti limitrofi o rotte alternative abbiano assorbito il traffico deviato, e con quali conseguenze in termini di congestione secondaria.

La terza dimensione riguarda l'impatto economico attraverso indicatori omogenei tra i tre casi: variazione dei tempi di transito, costi di carburante ed emissioni aggiuntive stimate, variazione dei noli sulle rotte interessate, variazione dei volumi di traffico registrati dalle rispettive autorità di canale o di stretto.

La quarta dimensione, diretta applicazione dell'argomento teorico sviluppato nei paragrafi, riguarda il grado di internalizzazione ex ante del rischio sistemico da parte degli operatori di mercato come spedizionieri o carrier globali. Ci si chiederà se l'esposizione al rischio fosse già scontata dagli operatori prima del manifestarsi dello shock attraverso, ad esempio, premi assicurativi *War Risk* già elevati prima dell'evento, rotte alternative già pianificate o parzialmente utilizzate e se lo shock abbia rivelato un'esposizione non anticipata, con conseguente adattamento solo reattivo e successivo all'evento. Questa dimensione va letta in stretta connessione con la prima: un caso classificabile come *grey rhino*, rischio noto e strutturalmente prevedibile, dovrebbe presentare un grado di internalizzazione ex ante superiore rispetto a un caso più prossimo al cigno nero in senso stretto (par. I.4.1).

II.2 Suez e Mar Rosso: instabilità geopolitica e circumnavigazione dell'Africa

Il canale di Suez nasce con la sua inaugurazione, per come è conosciuto oggi, il 17 novembre del 1869, rappresenta un punto strategico per il suo posizionamento geografico: collega il Mar Mediterraneo con il Mar Rosso evitando il doppiaggio del Capo di Buona Speranza e quindi la circumnavigazione dell'Africa fungendo da ponte tra le grandi economie esportatrici asiatiche e i principali paesi di consumo come Europa e Nord America, rappresenta anche un passaggio energetico cruciale per il transito di gas e petrolio.

Al momento della sua apertura, la profondità massima misurava appena 8 metri e permetteva il passaggio di navi da 5000 tonnellate di portata lorda (DWT), sufficienti per l'epoca; ad oggi, dopo varie opere di ampliamento dell'infrastruttura, la profondità misura 24 metri permettendo il passaggio delle navi con un pescaggio di 66 piedi e di 240.000 tonnellate di portata lorda; la larghezza del canale in superficie misura 313 metri mentre sul fondale 121 metri. La sua posizione sul livello del mare garantisce l'assenza di chiuse rendendo il passaggio più fluido e veloce. L'intervento effettuato nel 2015 ha inoltre inserito una seconda corsia di 35km riducendo notevolmente i tempi di transito: da 18 a 11 ore (Suez Canal Authority, s.d. -a).

Fino al 2023, il Canale di Suez movimenta tra il 12% e il 15% del commercio mondiale, questo dato si spinge fino al 30% per il traffico containerizzato, questa rotta è

infatti fondamentale per questo settore; la rotta Asia-Europa, seconda rotta intercontinentale più grande al mondo, accoglie circa il 28% di tutti i container al mondo, favorito anche dalla capacità di permettere il passaggio delle più grandi navi portacontainer operanti su questa rotta (Tran et al. 2025).

Inoltre, l'Egitto, che gestisce la *Suez Canal Authority*, ha tramite il canale non solo una grande influenza ma anche un grande vantaggio economico; infatti, ha ottenuto ricavi pari a 9,4 miliardi di dollari equivalenti al 2,3% del PIL dell'intero paese nel 2023 (UNCTAD, 2024), è così un'infrastruttura chiave per il paese.

II.2.1 La minaccia nel Bab el-Mandeb e l'esposizione strutturale di Suez

Nel novembre del 2023 l'avvio degli attacchi mossi dal movimento Houthi contro le navi mercantili nel bacino del Mar Rosso, a seguito dall'escalation del conflitto a Gaza dell'ottobre precedente (Carlson, 2024) ha introdotto una severa discontinuità nei flussi marittimi globali. Il punto di rottura operativo si è registrato a seguito della decisione del *Joint War Committee* dei Lloyd's di estendere l'area ad alto rischio assicurativo (*listed area*) al Mar Rosso meridionale e allo stretto di Bab el-Mandeb (Joint War Committee [JWC], 2023). Tale provvedimento in concordanza all'incremento elevato dei premi di rischio di guerra (*war risk premiums*), ha spinto i principali vettori globali a deviare le rotte lungo il Capo di Buona Speranza e in pochi giorni, il transito delle navi portacontainer attraverso Suez subì una contrazione immediata, il 2024 si è chiuso con un crollo complessivo dei transiti navali nel canale nell'ordine del 50% rispetto ai picchi del 2023, con una riduzione particolarmente asimmetrica verso il settore container di linea, in cui la capacità in DWT transitata si è ridotta di quasi il 90% (Suez Canal Authority, s.d. -b).

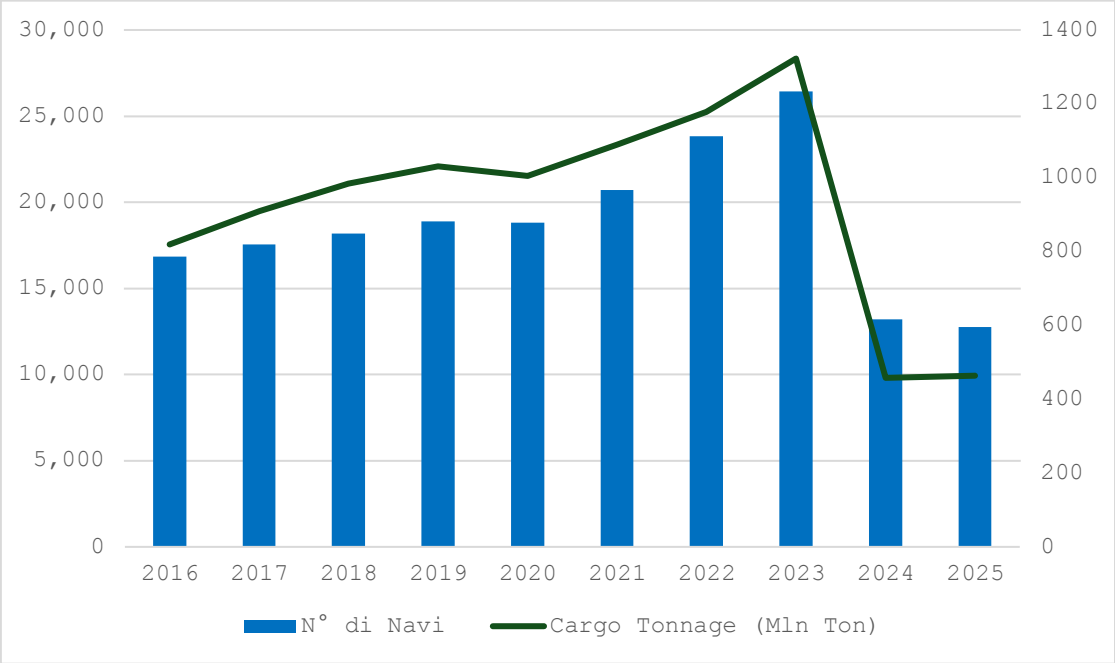
Tab. 2.1: Transiti per il canale di Suez

Anno	N° di Navi	Variazione YoY	Net Tonnage (Mln Ton)	Cargo Tonnage (Mln Ton)
2016	16.833	-	974,20	819,2
2017	17.550	4,26%	1.041,60	908,6
2018	18.174	3,56%	1.139,60	983,4
2019	18.880	3,88%	1.207,10	1.031,20
2020	18.830	-0,26%	1.169,00	1.005,10
2021	20.694	9,90%	1.274,80	1.088,90
2022	23.851	15,26%	1.409,90	1.177,40
2023	26.434	10,83%	1.568,30	1.322,70
2024	13.213	-50,02%	524,50	457,8
2025	12.758	-3,44%	522,10	464,4

Fonte: elaborazione sulla base di Suez Canal Authority, 2026

Ciò che risulta interessante dalla conclusione degli attacchi è che il traffico non ha mostrato una ripresa esplosiva infatti all'inizio del 2026, a oltre tre mesi dall'ultimo attacco, i transiti complessivi attraverso il canale risultavano ancora compressi rispetto ai livelli pre-crisi del 2023. La segmentazione dei diversi settori evidenzia una risposta fortemente eterogenea tra i comparti: mentre il segmento delle navi *tankers* per prodotti raffinati ha manifestato una parziale e più rapida ripresa dei transiti, trainata dalla flessibilità del mercato *spot* e dall'attrattività dei differenziali di nolo, il comparto container registrava ancora volumi di transito inferiori rispetto al 2023 (BIMCO, 2026).

Graf. 2.1: Relazione tra numero di navi entranti e tonnellate trasportate



Fonte: elaborazione sulla base di Suez Canal Authority, 2026

Dalla tabella dei transiti si evidenzia come dal 2016 vi è un progressivo aumento dei transiti e del tonnellaggio in transito trainato dai benefici del raddoppio parziale del canale che aumenta in modo più evidente dopo il periodo pandemico; il crollo si registra come già spiegato con la crisi del Mar Rosso e gli attacchi Houthi in cui i transiti più che dimezzano per i due anni successivi. Inoltre, se nel periodo precedente alla crisi, il tonnellaggio è aumentato anche in misura maggiore rispetto al numero di transiti, con il crollo del 2024 il tonnellaggio ha un collasso più che proporzionale. Questo rapporto spiega che a rinunciare al transito per Suez sono state le grandi portacontainer di linea e favore di unità più piccole e a carichi diversi.

Sotto un punto di vista teorico, questa prolungata persistenza a preferire la circumnavigazione dell'Africa non riflette esclusivamente una persistente avversione al rischio geopolitico, ma rivela le rigidità strutturali del trasporto di linea: riprogrammazione dello scheduling di ormeggio delle navi, composizione delle flotte ed equilibrio della domanda e dell'offerta, contratti di bunkeraggio e inerzia del network. La riallocazione di un servizio intercontinentale da est verso ovest impone una complessa riprogrammazione delle finestre di ormeggio nei porti di destinazione e conseguentemente tutte le chiamate con i porti intermedi propriamente rinegoziate con le

autorità portuali locali. I contratti di bunkeraggio, i quali rappresentano una delle principali componenti dei costi operativi di una nave concorrono a determinare la competitività della rotta.

Inoltre, a causa del passaggio lungo la rotta circumafricana, è incrementata significativamente la domanda di tonnellate-miglia le analisi riportano un aumento del 18,9% tra il 2023 e il 2024 anche se i TEU sono aumentati solamente del 6,2% (UNCTAD, 2025), percorrere questa rotta ha svolto una funzione di assorbimento dell'eccesso di offerta di stazza globale derivante dalle alte consegne di nuove costruzioni, sostenendo indirettamente i livelli dei noli marittimi che contrariamente avrebbero visto un forte rialzo alimentando l'inflazione anche per i paesi non direttamente legati al corridoio di Suez, consegne che derivano da tutti i nuovi ordini fatti dai carrier dopo lo scoppio della pandemia per far fronte alla crescente domanda di trasporto e alla prosperità del periodo (Verschuur et al. 2024). Si è inoltre generata una revisione delle strategie operative delle compagnie in cui l'inerzia del network rallenta il ripristino dell'equilibrio originario (Wu et al. 2023).

Inquadrato nella dialettica concettuale tra *Cigno Nero* e *Grey Rhino*, il caso studio si configura come una manifestazione estrema di un rischio noto ad alto impatto. La vulnerabilità del canale di Suez, derivante dalla sua elevatissima *betweenness centrality* e dalla rigidità geometrica della rete, era ampiamente attestata dalla letteratura di *network science*, costituendo infatti un *grey rhino*.

Diverso è stato l'incaglio della Ever Given, portacontainer da 20.000 TEU e 400 metri di lunghezza che dal 23 marzo del 2021 ha bloccato interamente il traffico in entrambe le direzioni per sei giorni. Questo evento è stato classificato come cigno nero, il quale secondo delle stime, ha contratto la crescita del commercio mondiale annuo dello 0,2%-0,4% (Subran et al., 2021).

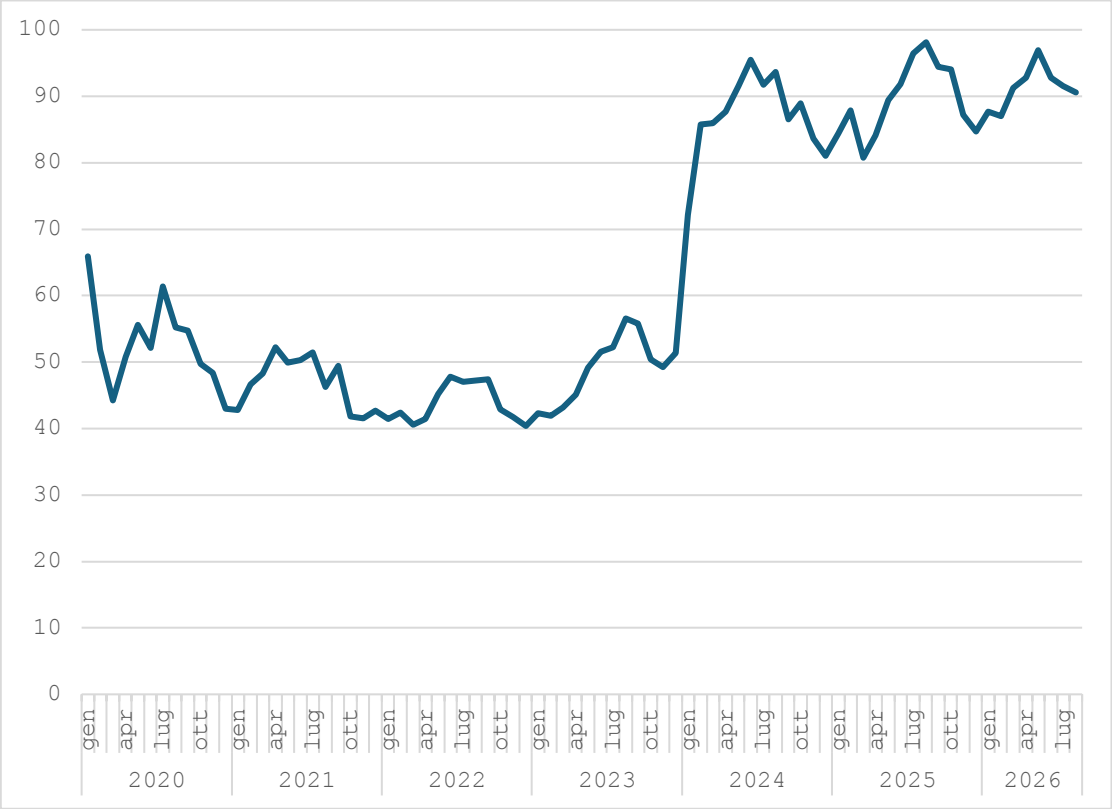
Questo primo shock ha evidenziato un problema legato alle scorte, capaci di coprire tra 3,39-3,69 giorni, lasciando il sistema industriale in difficoltà dal quarto giorno, poiché l'assenza di buffer ha provocato un'accelerazione delle perdite produttive globali (Qu et al. 2024), ovviamente questa vulnerabilità presenta forte asimmetria tra i diversi paesi.

Come precedentemente preannunciato, l'esposizione di Suez allo stretto di Bab el-Mandeb si accosta al *grey rhino* in quanto una minaccia geopolitica nota, ad alta probabilità ed impatto che viene ignorato dalle aziende e dai modelli fino al momento in cui la crisi si verifica.

II.2.2 I costi operativi della rotta del Capo di Buona Speranza

La deviazione per il Capo di Buona Speranza e quindi la circumnavigazione dell'Africa non è una scelta a costo zero.

Graf. 2.2: Passaggi medi giornalieri per il Capo di Buona Speranza



Fonte: elaborazione sulla base di International Monetary Fund (s.d.). PortWatch: Chokepoints.

Come mostra però il grafico 2.2, in corrispondenza della crisi del Mar Rosso i transiti per il Capo di Buona Speranza sono fortemente aumentati e continuano a mantenere gli stessi flussi nonostante gli attacchi sembrano cessare e la rotta non si dimostra essere particolarmente conveniente sotto diversi aspetti.

Prendendo in considerazione la rotta esemplificativa Rotterdam-Singapore, la deviazione attorno all'Africa aggiunge circa 3.500 miglia nautiche di navigazione, che si traducono in 9-14 giorni di navigazione in più a velocità economica (Sun et al. 2026). Passare per Suez invece significherebbe percorrere circa 8.400 miglia nautiche (circa 35% in meno) per un tempo di circa 20-25 giorni. Anche in termini ambientali il costo è pesante. Ogni tratta può arrivare a consumare circa 1000 tonnellate di carburante in più a tratta che si traducono in circa 3000 tonnellate di emissioni di CO2 aggiuntive, generando così circa il 46% in più di emissioni di gas serra (GHG).

Ad un costo economico diretto e ambientale, si aggiunge una voce di costo indiretta: la penale dell'ETS (*Emission Trading System*) europeo, il sistema europeo per lo scambio di quote di emissioni di gas serra che si applica al 100% per viaggi intra-Ue e al 50% per viaggi da/verso l'Ue (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica [MASE], n.d.), questo costo comporta una tassa di circa 100.000$ a tratta in più.

Il costo è anche di tipo organizzativo. Le compagnie devono scegliere la velocità delle loro navi, che hanno visto un aumento di circa un nodo per far fronte alle miglia in più da percorrere tenendo a mente che i consumi seguono un andamento non lineare il che significa aumento dei costi più che proporzionale. Inoltre, per mantenere lo stesso servizio di linea, è stato necessario aumentare la flotta con circa 3-5 unità a servizio (Sun et al. 2026). Nella riorganizzazione, le compagnie hanno scelto di modificare i porti toccati, molti degli scali intermedi sono stati soppressi penalizzando i transiti regionali (Tran et al. 2025). Tutte queste scelte organizzative hanno lo scopo di diminuire il tempo a bordo delle merci in quanto le merci immobilizzate rappresentano un costo.

Graf. 2.3: Tariffe di nolo marittimo spot per il trasporto container (FBX11)



Fonte: Freightos (s.d.). Freightos Baltic Index (FBX): Global Container Freight Index

Quando le navi vengono posizionate si rotte più lunghe si provoca uno shock dal lato dell'offerta le cui ripercussioni si riversano sui noli; le navi che navigano più a lungo costituiscono una riduzione dell'offerta relativa il che si trasforma in un aumento dei noli e a sua volta porta l'aumento del prezzo delle merci e quindi, in piccola parte, crea inflazione a livello mondiale: si stima un aumento dell'inflazione dello 0,2% nel 2024 (CEPR, 2024).

Passare per Suez pur essendo possibile ha un livello di premi assicurativi scoraggiante poiché come già spiegato, questi ultimi sono elevati; storicamente i valori si aggiravano tra 0,1%-0,3% sul valore totale dello scafo, questi valori sono saliti fino allo 0,6%-2% del valore totale dello scafo (Verschuur et al. 2024) comportando un forte aumento dei costi di gestione della nave.

Uno dei pochi aspetti positivi della circumnavigazione dell'Africa, se così si può definire, è invece il risparmio del pedaggio del canale che per una porta container può aggirarsi attorno agli 800.000$, costo comunque non comparabile a tutti i costi monetari e non del doppiaggio del capo di Buona Speranza.

Percorrere questa rotta però ha aperto nuove porte di riflessione. La crescente percorrenza di questa rotta apre la strada ai porti situati lungo la rotta africana a discapito dei grandi hub del mediterraneo che servono le navi passanti per Suez. Studi di settore portano alla luce che in determinate condizioni (elevati pedaggi, elevati prezzi dei combustibili e *slow steaming*) la rotta di Buona Speranza risulta economicamente più competitiva se la rotta vede collegamenti da l'America Latina e l'Africa Occidentale verso Oceania e Asia (Notteboom, 2012). Questo spostamento della flotta favorisce quindi non solo lo sviluppo di aree geografiche nuove ma anche una soluzione meno dipendente da eventi geopolitici di un settore, il quale, ne è altamente dipendente, aumentando la stabilità di rete del trasporto marittimo globale.

II.3 Panama e clima: le limitazioni fisiche del cambiamento climatico

Il caso di Panama è diverso da quello di Suez per un motivo strutturale, non solo geografico: qui lo shock non ha origine da un attore ostile, ma da un vincolo fisico: la disponibilità di acqua dolce. Questo cambia parecchio la dimensione della prevedibilità: qui il caso per una classificazione come *grey rhino* è più solido rispetto a Suez, perché esiste già un precedente diretto.

Il canale di Panama è un canale artificiale di circa 80 chilometri che collega 2 oceani: l'Oceano Atlantico e l'Oceano Pacifico, la sua costruzione di si posiziona nel tempo tra il 1881 e il 1914. È una monumentale opera che ha richiesto lo sbarramento del fiume Chagres il quale ha portato l'allagamento di migliaia di ettari di foresta portando la nascita del Lago Gatun nonché lago artificiale più grande al mondo all'epoca della sua creazione (Castrellón et al. 2025). Per lungo tempo sotto il controllo americano, oggi il canale è controllato dalla Repubblica di Panama tramite l'Autorità del Canale di Panama (ACP) (Mathew, Agarwala, 2026).

L'apertura del canale, ha creato un grande vantaggio, risparmia la navigazione attorno a Capo Horn, pericoloso passaggio alla punta del Sud America e quindi di ridurre del 60% le miglia tra New York e Los Angeles (Jung et al. 2025).

Per il canale passa circa il 5% del commercio marittimo mondiale, serve 144 rotte e 1700 porti in 166 paesi. Questo nodo contribuisce inoltre al 5% del PIL panamense e fornisce acqua potabile a metà popolazione del paese (Panama Canal Authority, s.d.).

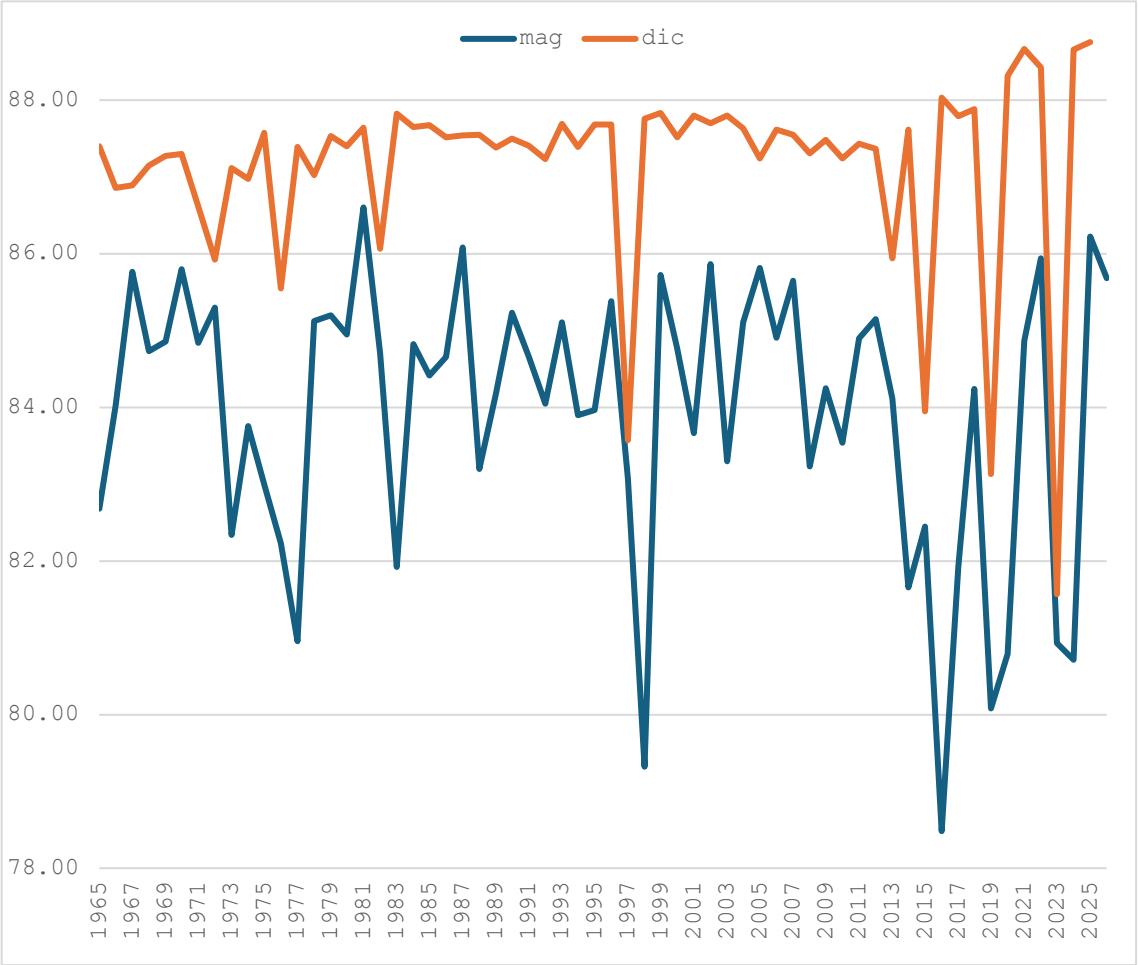
II.3.1 La crisi idrica del lago Gatún e l'impatto sul pescaggio e sui transiti giornalieri

Il Canale di Panama funziona, a differenza di Suez, con un sistema di chiuse poiché il punto più alto è situato a circa 26 metri sopra il livello del mare; è alimentato da acqua dolce proveniente dai laghi Gatún e Alajuela: ogni transito consuma circa 200 milioni di litri d'acqua, la maggior parte dei quali finisce semplicemente in mare (Mathew, Agarwala, 2026). Quando le piogge calano, il livello del lago scende, e con esso la capacità del canale di far transitare le navi in sicurezza. Nel 2016 a causa del crescente fenomeno del gigantismo navale, sono state inaugurate nuove chiuse che permettono il passaggio di navi lunghe fino a 366m quindi che permettono il passaggio della classe delle Neo-Panamax, queste nuove chiuse richiedono un fabbisogno idrico doppio rispetto alle prime e questo ha portato allo sviluppo di un sistema di risparmio idrico che permette di riutilizzare circa il 60% dell'acqua impiegata per i transiti successivi senza riversare tutto in mare (Castrellón et al.2025).

Nonostante queste innovazioni, il grande consumo di acqua rappresenta per il canale una grande criticità poiché diventa vulnerabile ai cambiamenti climatici, alle ciclicità stagionali e fenomeni climatici come El Niño. Quest'ultimo fenomeno citato causa l'innalzamento delle temperature superficiali dell'Oceano Pacifico equatoriale andando ad alterare la circolazione atmosferica. La combinazione con altri eventi genera gravi deficit di precipitazione nella stagione umida (Mendieta et al. 2026).

Nel 2023 questo fenomeno si è presentato in modo brusco. L'ottobre 2023 ha registrato precipitazioni inferiori del 41% alla media aggiudicandosi il primato di mese di ottobre più secco dagli anni '50, e il 2023 nel suo complesso è stato uno dei due anni più secchi mai registrati nell'area del canale (Jung et al. 2025). L'Autorità del Canale di Panama (ACP) ha reagito riducendo progressivamente i transiti giornalieri consentiti: da 36-38 al giorno nel luglio 2023 corrispondente al numero normale di transiti, a 32, poi 31 nel settembre 2023, fino a 24 al giorno dal 7 novembre 2023. Con il peggioramento delle condizioni, l'autorità ha continuato a ridurre gli slot scendendo a 22 unità a dicembre, 20 a gennaio 2024, fino a un minimo di 18 transiti al giorno da febbraio 2024 in poi ovvero meno della metà della capacità normale. In parallelo, l'ACP ha ridotto il pescaggio massimo consentito da 15,24 metri (50 piedi) a 13,56 metri, con un'ulteriore riduzione a 13,4 metri (44 piedi) quando necessario (Jung et al. 2025).

Graf. 2.4: Livelli di profondità del lago Gatun



Fonte: elaborazione sulla base di Panama Canal Authority (s.d.). Statistics. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://pancanal.com/en/statistics/

Il grafico confronta i livelli idrometrici tra dicembre, fine della stagione delle piogge, e maggio, fine della stagione secca, da questo si osserva una più frequente dispersione a volatilità tra picchi massimi e minimi. L'aumento della profondità nel mese di dicembre degli ultimi anni è spiegata dall'aumento della capacità di invaso operativo del lago a seguito dei lavori di ampliamento del canale conclusi proprio nel 2016 per porre rimedio alla problematica nel medio-lungo periodo.

Il conto in termini di traffico assoluto è pesante ma, a differenza di Suez, è una situazione temporanea: l'anno fiscale 2024 (ottobre 2023-settembre 2024) ha chiuso con un calo dei transiti totali attorno al 29% rispetto all'anno precedente stimando una perdita in termini di entrate stimate tra i 500 e gli 800 milioni di dollari (Mendieta et al. 2026).

Quello che invece è confermato da più fonti indipendenti è la traiettoria di recupero: la piena capacità operativa (35-36 transiti al giorno) è tornata ad agosto 2024, e per l'anno fiscale 2025 l'ACP ha registrato un recupero pieno dei transiti e un fatturato record di 5,7 miliardi di dollari (Panama Canal Authority s.d.). Ciò denota una differenza sostanziale rispetto a Suez: qui il sistema è tornato ai livelli precrisi non appena il vincolo fisico inteso come piogge si è allentato, mentre a Suez il traffico è rimasto strutturalmente depresso anche a shock geopolitico rientrato.

II.3.2 Il cambiamento climatico come fattore di rischio strutturale, non più solo emergenza

Il cambiamento climatico sta pian piano modificando la *governance* del rischio passando da una gestione della minaccia tramite risposte emergenziali ad un fattore persistente che richiede un adattamento sistemico. Il rischio climatico, per l'appunto sistemico, ha degli impatti che seppur localizzati, si propagano tramite reti socioeconomiche con effetti a cascata di portata anche globale. Le tre caratteristiche che rendono strutturale il problema sono: l'ampia portata, la lunga durata e la cumulatività degli impatti nel tempo (Li et al. 2021).

Secondo uno studio, in scenari di emissioni medio-alte o alte, i livelli minimi annui del Lago Gatun registreranno una diminuzione significativa, scendendo al di sotto della variabilità storica del secolo scorso. Inoltre, si stima che le annate fortemente siccitose come quella del 2023 accadranno con una maggiore frequenza passando da 22 anni a 11 anni entro la fine del secolo e la probabilità che il lago tocchi un minimo storico raddoppierà passando dal 2,5% al 5% (Muñoz, 2025).

Questo rende il caso di Panama un candidato solido per una classificazione netta come *grey rhino*: non solo il meccanismo fisico di vulnerabilità (dipendenza da un lago di acqua dolce alimentato dalle piogge) è strutturalmente noto da quando il canale esiste, ma esisteva già un episodio recente e concreto che avrebbe dovuto allertare gli operatori sulla ricorrenza del rischio, ben prima che si palesò di nuovo nel 2023 (Kornei, 2025).

Il canale è così portavoce di un'infrastruttura critica e centrale progettata per il clima del secolo scorso ma costretta a modifiche strutturali per poter continuare a

funzionare; sono state infatti iniziate ed effettuate opere come il bacino del Rio Indio (Muñoz, 2025), un serbatoio idrico oneroso e a grande impatto sociale poiché richiede lo sfollamento forzato delle comunità locali. La gestione dell'acqua è centrale perché la mancanza conduce a meno transiti e riduzione del pescaggio. A livello operativo, si richiede l'uso di dati climatici e comportamentali per elaborare slot e traffico così da avere una migliore gestione della congestione e della composizione dei transiti promuovendo una gestione più flessibile e robusta.

La costruzione di nuove infrastrutture come il bacino precedentemente citato pone i decisori difronte a un trade-off sociale e istituzionale (Key et al. 2024). A questo si aggiunge il quadro multirischio nazionale di Panama (Castillo-Martínez, 2025), esposta a numerosi rischi come inondazioni, frane, innalzamento del mare, erosione costiera, acqua ed energia; tutte queste variabili richiedono un coordinamento tra politiche idriche, portuali, urbane, costiere e ambientali.

A rendere il quadro ancora più complesso è il rischio sistemico e cascata. Com'è stato già spiegato, quando uno shock colpisce un nodo ad altra centralità, questo si propaga alle catene logistiche, ai prezzi e al PIL di altre regioni fino a provocare conseguenze all'intero globo; proprio per questo ogni decisione non deve limitarsi al canale stesso ma considerare le interazioni tra settori, regioni limitrofe e possibili risposte. Tutta questa analisi non prescinde certamente da semplici considerazioni ma deriva da complessi calcoli probabilistici e monitoraggi di lungo periodo. Comunque, la letteratura si sbilancia dicendo che il ritardo decisionale lascia rischi residui in un mondo più incerto (Lucio et al. 2024).

II.3.3 Riorganizzazione delle rotte commerciali interoceaniche

Quando uno shock si verifica, il sistema deve ritrovare il suo equilibrio, così è stato anche nel caso del Canale di Panama. Il passaggio del canale permette di risparmiare circa 150 ore e porter navigare a una velocità inferiore andando a incidere sui consumi in maniera minore (Jung et al. 2025). Al verificarsi di uno shock però questo adattamento non è immediato, infatti, spesso i contratti sono rigidi nel breve periodo e portano le navi a rimanere fedeli alla rotta iniziale pur dovendo accettare pesanti ritardi.

Di fronte alla riduzione di capacità, gli spedizionieri hanno avuto essenzialmente tre alternative: dirottare via Suez, aggiungendo 7-14 giorni sulla tratta Asia-costa orientale USA, alternativa diventata complessa dopo la crisi del Mar Rosso; un'altra opzione è la via terrestre tramite l'uso di corridoi ferroviari e autostradali combinati tra loro per unire la costa occidentale con quella orientale, un'alternativa sicuramente più veloce ma più costosa e con una minore capacità di gestione del flusso, questa modalità è definita *land bridge*, oppure la circumnavigazione dell'Africa o dell'America in modo da evitare ogni collo di bottiglia (Mathew et al. 2026) e rimanere, per quanto possibile, indipendenti da blocchi, opzione che estende fortemente i tempi di navigazione quindi i consumi, i costi operativi e ambientali.

Quando il canale riduce la sua attività, non vuol dire che si ferma ma seleziona e riorganizza i passaggi. L'adattamento diventa una combinazione di priorità tariffaria, riorganizzazione operativa e delle rotte con costi e ritardi che assumono una distribuzione asimmetrica (Fuentes, Munim, 2025) tra segmenti di mercato, porti e regioni.

Avendo tabelle di marcia rigide e carichi ad alto valore commerciale, le navi portacontainer e le LNG, tendono a mantenere stabili i transiti; le compagnie riescono ad assorbire i rincari dei pedaggi e affrontare aste per accalappiarsi slots per attraversare il canale. Le merci a basso valore, quelle del mercato tramp (rinfusiere e navi cisterna) le quali hanno margini più basse, sono più sensibili a variazioni di prezzo e organizzando i viaggi in tempi più brevi hanno maggiore difficoltà nel procurarsi degli slot aumentando così in conclusione i costi di trasporto di materie prime.

Tab. 2.2: Transiti per il canale di Panama, confronto tra 2024 e 2025

Market Segment	Transiti 2024	Transiti 2025	Var. Assoluta	% var. Transiti
Container	2.773	2.893	120	4,33%
GPL	1.561	1.805	244	15,63%
Dry Bulk	1.278	2.230	952	74,49%
Vehicle Carriers/RoRo	783	871	88	11,24%

Chemical Tankers	1.808	2.218	410	22,68%
Crude Product Tankers	422	444	22	5,21%
Passengers	205	214	9	4,39%
LNG	115	61	-54	-46,96%
General Cargo	287	463	176	61,32%
Refrigerated	436	516	80	18,35%
Other	1.572	1.689	117	7,44%
Totale	**11.240**	**13.404**	**2.164**	**19,25%**

Fonte: elaborazione sulla base di Panama Canal Authority (s.d.). Statistics. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://pancanal.com/en/statistics/

I dati evidenziano una effettiva ripresa dei transiti del canale e come precedentemente detto vi è anche una grande asimmetria tra i vari segmenti. Il segmento dei container è rimasto più o meno invariato mentre hanno avuto grandissima ripresa il general cargo e le porta rinfuse (Fuentes, Munim, 2025). Fa da eccezione il segmento dell'LNG perché l'obbligo di passaggio diurno per motivi di sicurezza, il valore basso dei noli che spinge la circumnavigazione di Africa e America e la forte richiesta di LNG da parte dei porti europei ha diminuito i passaggi per Panama.

Le restrizioni, come inizialmente introdotto favoriscono la nascita di nuovi equilibri commerciali a scapito dei produttori tradizionali, dal nuovo assetto sono svantaggiati produttori statunitensi e canadesi ma ne traggono vantaggio altri come il Brasile che conquistano nuove quote di mercato (Key et al. 2024).

II.4 Lo Stretto di Hormuz: dal rischio teorico al blocco reale del 2026

A differenza di Suez e Panama, l'analisi dello Stretto di Hormuz non poggia su un'ipotesi teorica di rischio, ma su un evento di rottura reale. Invece di essere associato come un Cigno Nero imprevedibile ex ante, la criticità di questo collo di bottiglia rappresenta il classico *gray rhino* della sicurezza marittima: un pericolo noto, visibile e

sistemico, a lungo trascurato nella pianificazione di lungo termine delle *supply chain*. La chiusura operativa dello stretto tra febbraio e marzo 2026, nel quadro del conflitto armato tra Stati Uniti, Israele e Iran, trasforma così una minaccia convenzionalmente confinata ai modelli previsionali in un'evidenza empirica tangibile, fornendo il banco di prova più severo per testare i costrutti di fragilità e resilienza introdotti nel Capitolo 1.

II.4.1 Centralità dello Stretto per il transito di petrolio e GNL

Lo Stretto di Hormuz è una delle vie d'acqua più importanti e strategiche a livello globale perché è un *chokepoint* critico per il passaggio delle risorse energetiche mondiali. È un corridoio naturale che collega il Golfo Persico a nord-ovest con il Golfo di Oman a sud-est il quale a sua volta sfocia verso il Mar Arabico e proseguendo verso l'Oceano Indiano. È un lembo d'acqua che separa lo stato dell'Iran dalla penisola arabica (Rahman e Mehnaz, 2024). Largo tra i 55 e i 95 chilometri, il punto più stretto raggiunge le 21 miglia, questo poco spazio ha implicato la necessità di creare canali di transito (TSS) nei punti più stretti e congestionati al fine di evitare e prevenire collisioni tra navi. Questo sistema prevede due canali principali larghi ciascuno due miglia nautiche per l'ingresso e l'uscita dal canale separati da una zona cuscinetto della stessa larghezza (Zulkifli et al. 2023). La forte vicinanza alla costa rende facilissimo per le forze militari di monitorare le navi di passaggio. In termini di profondità invece supera generalmente i 100 metri consentendo il passaggio delle più grandi petroliere operanti nel mercato ma in alcuni punti ha una profondità di 60 metri (Rizkiyani et al. 2025) il che rende le navi vulnerabili nella posa di mine navali.

Una grande complessità dello stretto sta nel delicato equilibrio tra la sovranità degli stati costieri e il diritto internazionali alla libera navigazione. Fino alla metà del XX secolo lo stretto comprendeva anche una fascia di acque internazionali (Sayin e Kilic, 2020) ma l'Iran nel 1959 e successivamente l'Oman nel 1972 estesero tramite dichiarazioni sovrane il proprio mare territoriale a 12 miglia nautiche, considerando la larghezza dello stretto di 21 miglia nel suo punto più critico, non solo è svanita la striscia di acque internazionali ma le acque territoriali delle due nazioni si sovrappongono completamente. Essendo però un passaggio strategico e utilizzato per la navigazione internazionale la UNCLOS applica il regime del "passaggio di transito" ovvero il diritto di tutti le navi e gli aeromobili di poter effettuare il passaggio continuo, rapito e senza impedimenti (Sayin e Kilic, 2020) e

gli stati costieri non possono richiedere autorizzazioni preventivo o bloccare legalmente il traffico. Nasce però un problema di governance riguardo l'interpretazione del caso da parte di Iran e Stati Uniti definito dagli esperti "*legal vortex*" (vortice legare) perché entrambe le parti non sono parti ratificanti della UNCLOS quindi da una parte gli USA sostengono che il passaggio di transito derivi dal diritto internazionale consuetudinario e quindi ritengono che tutte le nazioni abbiano il diritto di navigazione indipendentemente dalla ratifica (Nevitt, 2026) invece l'Iran sostiene che il passaggio di transito sia un diritto di tipo contrattuale ed esclusivo agli stati che la UNCLOS l'hanno ratificata applicando a stati terzi il diritto di passaggio inoffensivo quindi di poter regolamentare il traffico, vietare il transito a navi ostili e richiedere autorizzazione per il passaggio di navi militari straniere (Sayin e Kilic, 2020).

A ciò si aggiunge l'importanza del flusso commerciale interessato proprio il passaggio di risorse energetiche e materie prime industriali. Scendendo più nel dettaglio, in condizioni di stabilità, circolano circa 20 milioni di barili di petrolio al giorno suddivisi in 14 milioni di greggio e 6 milioni di prodotti petroliferi raffinati, il valore complessivo è equivalente al 20% del consumo globale di petrolio e al 25% di petrolio commercializzato per via marittima (Mangu, 2025). I mercati più interessati da questo petrolio sono quelli asiatici, Cina e India assorbono circa il 40% di questo flusso, mercati come Giappone Corea del Sud dipendono rispettivamente al 95% e al 75% da questo stretto. L'Europa importa circa l'11% del greggio che transita per Hormuz (Zamani, 2026). Lo stretto è anche l'arteria principale per il GNL, passa circa il 30% di GNL che viaggia su mare che corrisponde a più di 80 milioni di tonnellate metriche, il Qatar dipende totalmente da questo stretto per assenza di rotte alternative. Lo stretto interessa anche altri prodotti come fertilizzanti, zolfo e alluminio indispensabili per l'agricoltura e il settore della metallurgia (Zamani, 2026).

Lo grande particolarità dello stretto, punto che lo differenzia dagli altri due *chokepoint* analizzati come è stato già introdotto, è l'assenza di una alternativa marittima, infatti, esso rappresenta l'unico accesso e unica uscita per i paesi del Golfo Persico, un passaggio obbligatorio che associa un valore assoluto di centralità del nodo. L'assenza di alternativa marittima non equivale a un'assenza assoluta di alternative infrastrutturali, Arabia Saudita ed Emirati Arabi Uniti dispongono infatti degli unici oleodotti del Golfo

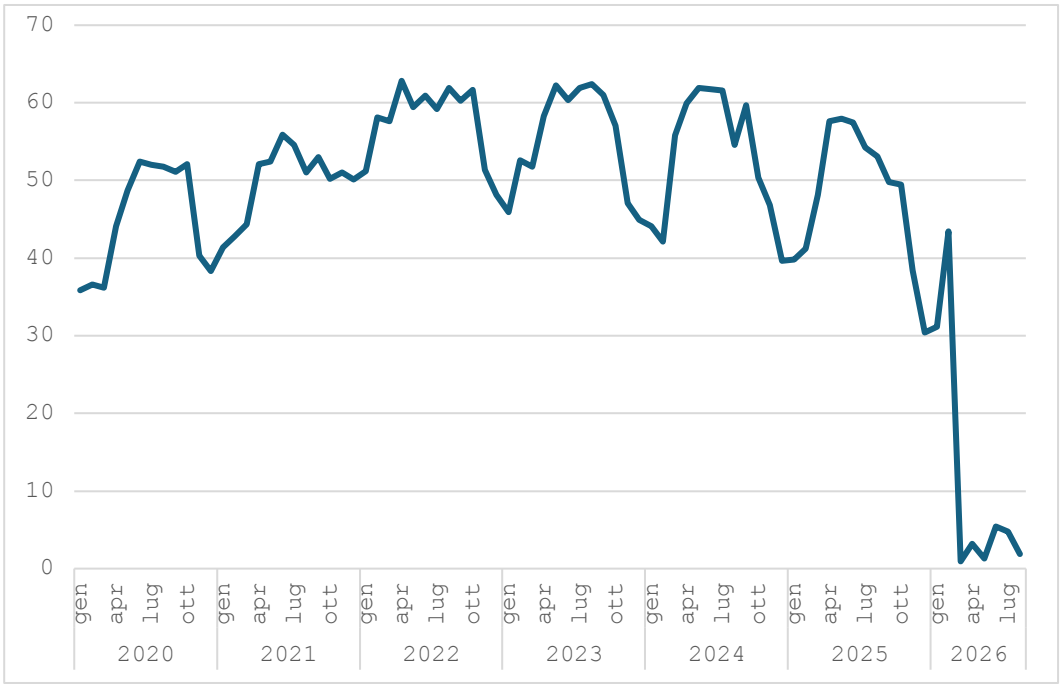
capaci di muovere il greggio senza transitare per lo stretto, il sistema East-West Pipeline attraversa l'Arabia Saudita collegando i giacimenti orientali al Mar Rosso, mentre l'Abu Dhabi Crude Oil Pipeline (ADCOP) collega i giacimenti di Abu Dhabi al Golfo di Oman. Secondo le stime IEA, la capacità disponibile aggregata dei due sistemi si colloca tra 3,5 e 5,5 milioni di barili al giorno (mb/d), anche se l'Arabia Saudita ha dichiarato, nelle settimane immediatamente successive alla chiusura, di aver portato la Petroline a un utilizzo prossimo alla piena capacità di 7 mb/d (IEA, s.d.) a fronte però dei circa 20 mb/d che transitavano mediamente per lo stretto nel 2025 (IEA, s.d.). L'ADCOP ha una capacità nominale di 1,5 mb/d-1,8 mb/d. Questa via di fuga parziale non è applicabile agli altri esportatori del Golfo: Iran, Iraq, Kuwait, Qatar e Bahrein che dipendono per la quasi totalità delle proprie esportazioni dal passaggio dello stretto, senza alcuna infrastruttura terrestre alternativa di scala comparabile (IEA, s.d.). Si genera così, all'interno dello stesso shock, una segmentazione asimmetrica tra paesi esportatori dotati di via di fuga parziale e paesi totalmente esposti, replicando a livello di singolo produttore la stessa logica di vulnerabilità differenziata già osservata a Suez tra tanker e container e a Panama tra containerizzato e general cargo.

II.4.2 Il blocco del 2026: cronologia, impatti economici e persistenza

La crisi dello stretto del 2026 affonda le sue radici dalle tensioni geopolitiche accumulatesi alla fine del 2025 con l'avvio di proteste interne in Iran; gli analisti di mercato avevano cominciato a prezzare un rischio geopolitico crescente (Childs, 2026), pur definendo esplicitamente questo scenario estremo come "improbabile", il mercato aveva già previsto lo scenario che si sarebbe poi realizzato, ma lo classificava come rischio a bassa probabilità.

Il 28 febbraio 2026 Stati Uniti e Israele hanno condotto attacchi aerei contro obiettivi militari iraniani, dando avvio ad una lunga *escalation*. In risposta, l'Iran ha dichiarato lo Stretto di Hormuz chiuso alla navigazione, con il Corpo delle Guardie della Rivoluzione Islamica (IRGC) (Ushakov, 2026). Il 4 marzo l'Iran ha dichiarato lo Stretto ufficialmente chiuso, con attacchi effettivi alle navi; tramite l'uso di missili antinave, droni d'attacco, mine navali e piccole unità veloci, si registravano già 17 attacchi a navi commerciali nei primi giorni dopo la chiusura.

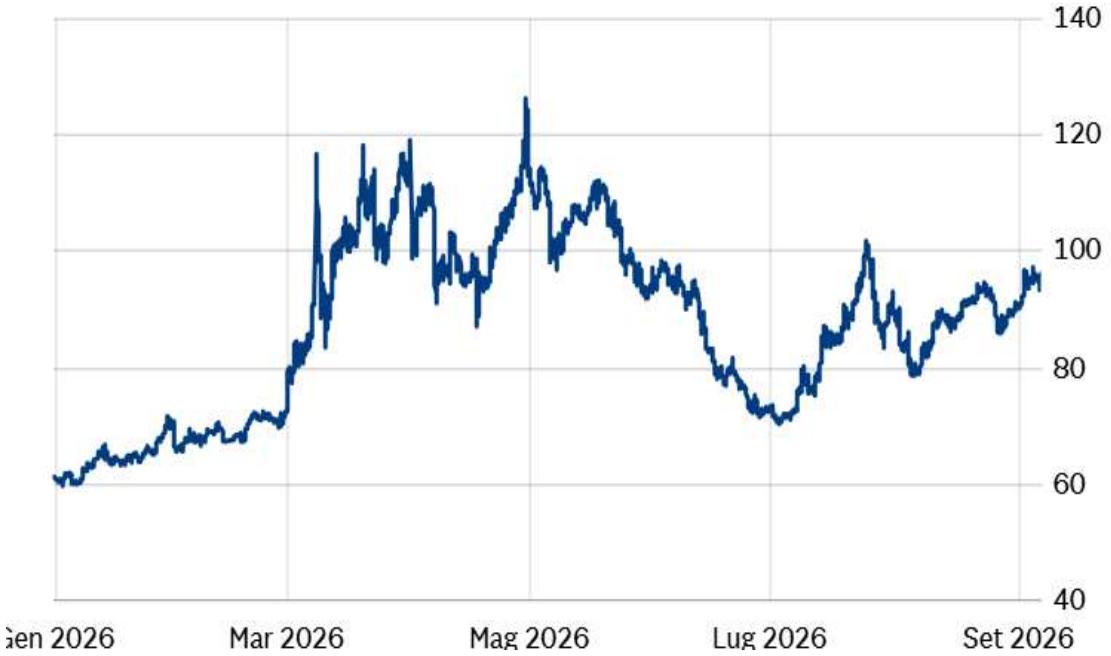
Grad.2.4: Transiti medi giornalieri per Hormuz



Fonte: elaborazione sulla base di International Monetary Fund (s.d.). PortWatch: Port Activity and Supply Chain Disruptions.

La scarsa sicurezza del passaggio ha fatto immediatamente crollare i transiti bloccandoli quasi totalmente, infatti i transiti medi giornalieri, da marzo 2026 si sono quasi azzerati rispetto alla situazione di normalità come mostra la tab. 2.3. Le ripercussioni si sono estese ai paesi produttori del golfo, i quali impossibilitati a spedire il proprio greggio, hanno dovuto ridurre la produzione a causa del riempimento dei serbatoi di stoccaggio (Zamani, 2026). Gli effetti si propagano e toccano anche il mercato, lo stock dell'offerta ha spinto i prezzi del greggio Brent e WTI oltre i 100 dollari al barile, toccando i 130 dollari.

Graf. 2.5 Andamento BRENT



Fonte: Il Sole 24 Ore (s.d.). Petrolio Brent (BRNST.IPE): Quotazioni e grafico tempo reale.

Dal grafico sovrastante si osserva appunto come dallo scoppio della crisi il mercato sia scoppiato facendo salire vertiginosamente i prezzi e nonostante diverse variazioni, non si è ancora tornati in una situazione di stabilità.

L'11 marzo 2026 i 32 paesi membri dell'International Energy Agency (IEA) hanno approvato il rilascio coordinato di 400 milioni di barili dalle riserve strategiche di emergenza, la più grande operazione di questo tipo nella storia dell'agenzia, più del doppio dei 182 milioni di barili rilasciati nel 2022 dopo l'invasione russa dell'Ucraina (IEA, 2026). A fronte di un consumo mondiale stimato in circa 105 milioni di barili al giorno nel 2026, la sola riserva rilasciata copriva teoricamente meno di quattro giorni di consumo globale. Il Giappone ha inoltre annunciato un rilascio unilaterale aggiuntivo di 80 milioni di barili dalle proprie riserve nazionali a partire dal 16 marzo (Institute of Energy Economics, Japan [IEEJ], 2026), mentre la Cina, che secondo le stime EIA deteneva già a dicembre 2025 le maggiori riserve strategiche di petrolio a livello mondiale, avendole ampliate in modo significativo nel corso dell'anno precedente, si è trovata in una posizione di maggiore resilienza rispetto agli altri importatori asiatici (EIA, 2026 -a).

Sul fronte del gas naturale liquefatto, la chiusura ha colpito oltre 10 miliardi di piedi cubi al giorno di fornitura globale, pari a circa il 20% del mercato mondiale, (EIA, 2026 -b). I noli spot per le metaniere sono passati, tra venerdì e martedì della prima settimana di marzo, da circa 12.500 dollari a 61.000 dollari al giorno sulla rotta Atlantica (EIA, 2026b).

Un'altra grande conseguenza del blocco riguarda i premi assicurativi. Nelle 48 ore successive ai primi attacchi di febbraio, i premi assicurativi di guerra (AWRP) sono esplosi passando dallo 0,15%-0,25% del valore dello scafo fino al 5%-8% del valore che andando a quantificare le quotazioni di transito sono passate da circa 250.000/500.000 dollari a circa 7,5/12,5 milioni di dollari per un singolo viaggio. In risposta a questa problematica, i P&I clubs hanno deciso di escludere la navigazione commerciale nelle acque del golfo inviando notifiche di cancellazione delle polizze dopo 72 ore (Zamani, 2026).

II.5 Dagli shock locali alla congestione sistemica: effetto di contagio ed evidenze empiriche

Suez, Panama, Hormuz, i tre casi studio presi in considerazioni sono diversi per origine e dinamica, ma condividono un secondo momento quello in cui la perturbazione localizzata smette di essere un problema del singolo canale e diventa un problema dell'intera rete. È il meccanismo di *cascading failure* descritto verificato (par. I.2.2).

Il primo elemento che i tre casi condividono è la posizione topologica, tutti e tre sono nodi a *betweenness centrality* estrema, punti che nessuna rotta alternativa può aggirare senza dover subire un costo molto più elevato, per ragioni geografiche e anche economiche (Faure e Ducruet, 2026). È per questo che, nonostante l'origine di ciascuno shock sia stata completamente diversa, militare a Suez, idrologica a Panama, bellica a Hormuz, la modalità della crisi che ne è seguita è stata simile in tutti e tre i casi: crollo repentino dei transiti, impennata immediata dei costi che siano assicurativi o di nolo, deviazione di massa della capacità mondiale verso un percorso alternativo.

Il secondo elemento riguarda il meccanismo di trasmissione, ed è qui che i tre casi differiscono maggiormente. A Suez la risposta è stata una deviazione fisica di massa, l'intera flotta è stata costretta ad un cambiato rotta, circumnavigando l'Africa passando

per il Capo di Buona Speranza (Notteboom e Rodrigue, 2023). A Panama la risposta non poteva essere una deviazione fisica altrettanto diretta; quindi, il sistema ha risposto con un razionamento amministrativo della capacità, l'Autorità del Canale ha ridotto progressivamente il numero di transiti giornalieri concessi, gestendo la scarsità tramite aste e livelli priorità, gli "esclusi" erano poi portati ad attendere o trovare rotte alternative. A Hormuz, dove non esiste alcuna alternativa fisica praticabile su scala, il meccanismo è stato ancora diverso dagli altri casi presi in esame, vi è stato un blocco diretto, con il mercato energetico globale che ha dovuto assorbire l'urto attraverso il prezzo, non attraverso una rotta sostitutiva, tre shock, tre meccanismi di risposta diversi una conferma indiretta che la flessibilità della rete marittima dipende in modo cruciale dal tipo di infrastruttura colpita e dalla sua centralità (Wu et al. 2019).

Il terzo elemento riguarda la classificazione lungo lo spettro cigno nero/*grey rhino* introdotta nel paragrafo I.4.1. i tre casi si collocano in punti diversi dello spettro: Panama è il caso più vicino a un *grey rhino* puro, perché esisteva un precedente diretto, la siccità del 2016, e oltre alle evidenze reali degli studi sulla dipendenza del canale dalle precipitazioni, il rischio era scritto, noto, e si è comunque ripresentato senza una preparazione adeguata. Hormuz occupa una posizione altrettanto vicina al *grey rhino*, ma per una ragione diversa il rischio era teoricamente noto, poche settimane prima che si materializzasse eppure era classificato come evento "improbabile". Suez è il caso più ibrido: la vulnerabilità strutturale del passaggio era nota da decenni, ma la specifica escalation Houthi, per durata e intensità, ha conservato una componente di sorpresa genuina che gli altri due casi non hanno. Il modello che ne emerge, letto nel suo complesso, è che nessuno dei tre shock era davvero imprevedibile in senso stretto, la differenza tra i casi non è tra "prevedibile" e "imprevedibile", ma tra quanto la conoscenza del rischio, per quanto disponibile, sia stata effettivamente tradotta in preparazione operativa.

Il quarto elemento è quello della persistenza. Suez è rimasto dipendente dall'evento ben oltre la fine della minaccia militare effettiva, con il traffico ancora significativamente sotto i livelli pre-crisi a più di due anni dall'inizio degli attacchi (par. II.2). Panama, al contrario, è tornato ai livelli operativi pre-crisi in circa nove mesi, non appena è rientrato il vincolo fisico che l'aveva generata (par. II.3), le piogge sono tornate, il lago è tornato

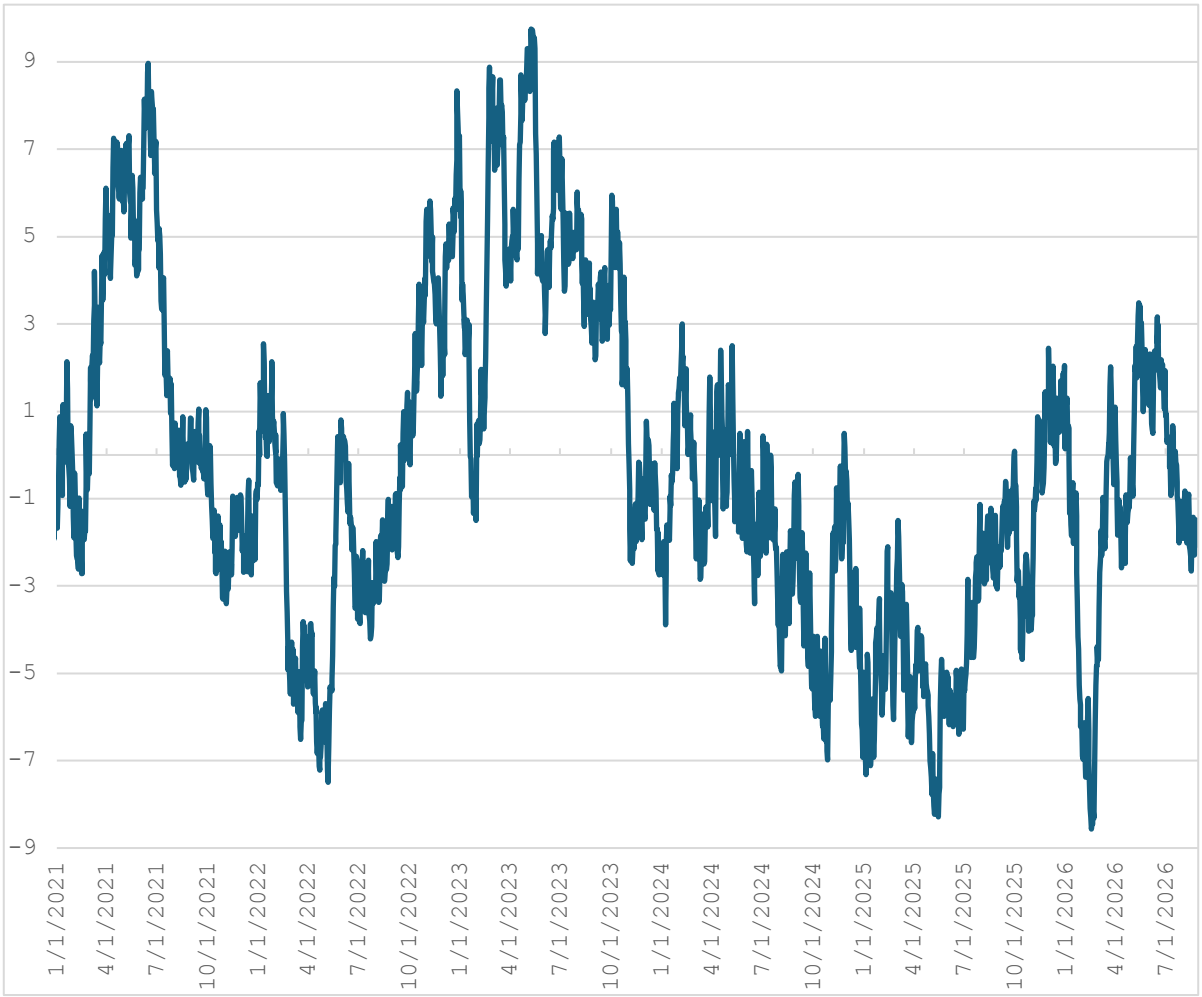
ai livelli accettabili, la capacità è tornata. Hormuz, resta un caso ancora aperto e non classificabile con certezza su questa dimensione, con segnali di riaccensione del conflitto anche a mesi dal presunto cessate il fuoco (par. II.4). Questa differenza di persistenza sembra dipendere in modo sistematico dalla natura della causa sottostante: un vincolo fisico (la disponibilità di acqua) si risolve quando la causa fisica si risolve; un vincolo di fiducia, nella sicurezza di una rotta, nella stabilità di un mercato assicurativo, nell'affidabilità di un fornitore energetico, non si ripara automaticamente quando l'evento scatenante cessa, perché ciò che è stato danneggiato non è l'infrastruttura fisica ma la stima soggettiva di rischio degli operatori, che per sua natura tende a correggersi più lentamente e in modo meno lineare (Li et al. 2026).

2.5.1 La propagazione della crisi e l'analisi del Global Supply Chain Pressure Index (GSCPI)

Se la vulnerabilità della rete marittima è davvero strutturale, cioè dipende dalla posizione topologica dei nodi colpiti (par. I.2.3), e non dalla natura specifica di ciascuno shock, allora un'interruzione non dovrebbe restare confinata ma dovrebbe propagarsi a porti che con quella crisi non hanno alcun legame causale diretto. Questo è il filo teorico che spiega il caso della congestione nei porti europei.

Per compensare l'allungamento dei tempi di navigazione dovuto alla deviazione attorno al Capo di Buona Speranza, i vettori hanno dovuto aumentare la capacità nominale sulla tratta Asia-Europa, si tratta di una risposta razionale e prevedibile perché più la rotta è lunga, più navi servono alle compagnie di linea per mantenere la stessa frequenza di servizio. Il problema nasce dal fatto che questa capacità aggiuntiva non raggiunge i porti di destinazione in modo regolare e distribuito nel tempo, le navi che percorrono la rotta più lunga tendono infatti ad "accumularsi" lungo il tragitto e a raggiungere l'Europa "a grappolo", invece che secondo il calendario scaglionato a cui i terminal erano abituati prima della crisi, un fenomeno che nella letteratura di settore viene descritto come *vessel bunching* (Karmelić et al. 2025). Il risultato pratico è che i porti europei si trovano a dover gestire, in una finestra di tempo ristretta, un volume di navi che la loro capacità di banchina non era dimensionata per assorbire tutto insieme, inoltre, le navi in arrivo sono tendenzialmente più grandi e più piene perché forzano il modello Hub e Spoke così da ridurre gli scali intermedi.

Graf. 2.6: Port calls delle porta container in UE



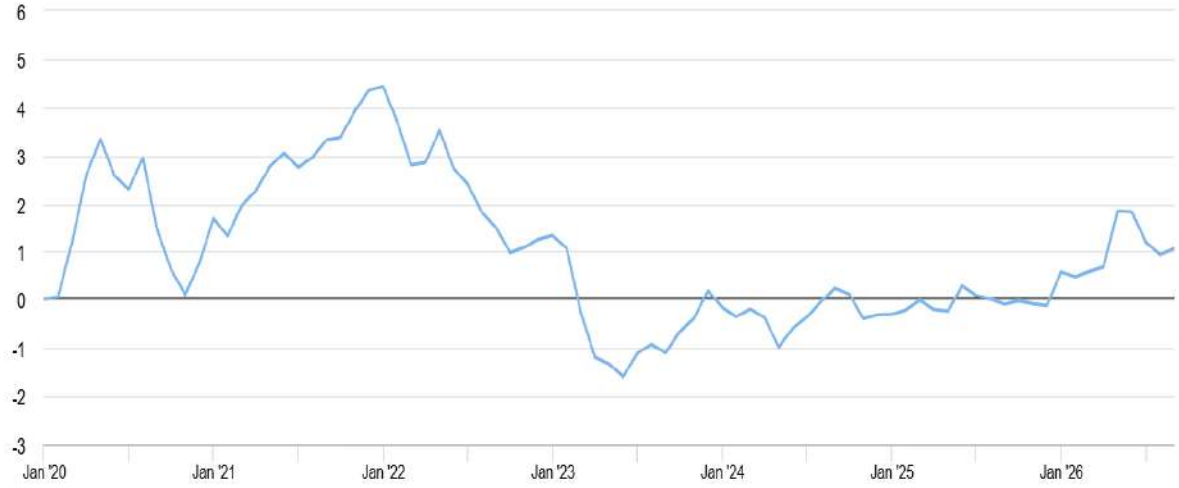
Fonte: elaborazione sulla base di International Monetary Fund (s.d.). PortWatch: Maritime Disruptions Event Monitor.

Questa dinamica trova riscontro empirico nell'andamento dei *Port Calls* delle navi portacontainer nell'Unione Europea, la cui variazione tendenziale annua scivola marcatamente in territorio negativo proprio dopo lo scoppio della crisi, ma non segnala una contrazione della domanda o dei volumi complessivi, la riduzione della frequenza degli approdi riflette un aumento drastico delle dimensioni medie di scarico per singola toccata, le navi che scalano i terminal hub sono tendenzialmente più grandi e sbarcano volumi massicci concentrati in un unico evento (IMF, s.d.). Ciò innesca un grave collo di bottiglia a terra legato al trasbordo, i carichi destinati ai porti secondari omessi restano stoccati in banchina in attesa dei servizi feeder, spingendo la densità dei piazzali oltre la soglia critica e moltiplicando le movimentazioni improprie dei container e delle merci. Lo dimostra il porto di Anversa che nelle sue statistiche ha visto aumentare i tempi di

attesa per l'ormeggio del 37% arrivando a 44 ore mentre il tempo in banchina è passato da circa 5 giorni a 8 (Container News, 2024).

Esiste un indicatore capace di mostrare, in un'unica serie temporale, se l'insieme dei tre shock analizzati abbia lasciato una traccia permanente nel livello di tensione dell'intero sistema commerciale globale, non solo del comparto marittimo.

Graf. 2.7: Andamento del GSCPI dal 2020 ad agosto 2026



Fonte: Federal Reserve Bank of New York (s.d.). Global Supply Chain Pressure Index (GSCPI) Interactive Chart

Lo strumento utile a questo scopo è il Global Supply Chain Pressure Index (GSCPI) nel grafico sopra riportato. Il GSCPI è un indice composito che integra oltre 27 variabili diverse come costi di trasporto marittimo e aereo, indicatori di attività manifatturiera (PMI), tempi di consegna dichiarati dai fornitori ecc. in un'unica misura sintetica della tensione complessiva delle catene di approvvigionamento globali. La sua utilità sta proprio nella sua natura aggregata: non misura la situazione di un singolo canale o di una singola rotta, ma la condizione media dell'intero sistema, calibrata in modo che il valore zero rappresenti la media storica di lungo periodo e i valori positivi indichino una tensione superiore alla norma (Benigno et al. 2022).

La traiettoria di questo indice negli ultimi tre anni offre esattamente il tipo di conferma che il quadro comparato all'inizio di questo paragrafo lasciava presagire. A maggio 2023 il GSCPI (FRBNY, s.d.) ha toccato il proprio minimo storico di -1,59 ovvero la fase di massimo allentamento delle tensioni logistiche, a cui il Capitolo 3 di questo

lavoro si riferirà come «normalità pre-permacrisi» nel decostruire il mito del ritorno all'equilibrio del 2019.

Ciò che si osserva successivamente costituisce tuttavia un''evidenza significativa. A partire dalla fine del 2023, la crisi nel Mar Rosso e il conseguente blocco del Canale di Suez per le principali alleanze marittime hanno inferto uno shock operativo prolungato al corridoio Asia-Europa. L'abbandono del *chokepoint* egiziano e la circumnavigazione dell'Africa via Capo di Buona Speranza hanno imposto un allungamento dei tempi di navigazione che dilatazione ha compromesso la prevedibilità dei *lead time* su cui poggiava il paradigma JIT (par. 1.3).

Se in questa fase il GSCPI non ha replicato il picco estremo toccato durante la pandemia +4,4 punti a fine 2021, non significa un'assenza di problematiche nella rete. La tenuta del sistema è stata resa possibile da un fattore di offerta determinante: l'ondata storica di consegne di nuova flotta ordinato nei cantieri durante il boom pandemico ed entrato in servizio tra il 2023 e il 2025. L'immissione di milioni di TEU di nuova capacità di stiva ha agito da cuscinetto assorbente (UNCTAD, 2025), consentendo alle compagnie di inserire navi supplementari per i rispettivi servizi di linea e di mantenere la frequenza settimanale senza che il mercato andasse in carenza assoluta di stiva e riuscendo poi a mantenere prezzi di nolo più contenuti nel tempo.

Ciononostante, l'afflusso di nuova flotta non è bastato a riportare le catene logistiche in una condizione di equilibrio stazionario: l'indice non è mai tornato stabilmente verso i valori negativi del 2023. A inizio 2025 oscillava già su valori moderatamente positivi, circa 0,42–0,49 punti tra gennaio e febbraio, segnale di una tensione superiore alla media storica anche in una fase priva di nuove emergenze sopraggiunte. Su questa vulnerabilità di fondo si sono poi inserite le conseguenze dell'escalation tra Iran, Israele e Stati Uniti nella primavera del 2026, culminata nella chiusura commerciale dello Stretto di Hormuz già esaminata; il GSCPI ha registrato una brusca impennata fino a 1,81 a maggio 2026, per poi ripiegare solo parzialmente a 1,25 a giugno e attestarsi a 1,06 ad agosto. La persistenza di valori nettamente superiori alla norma storica, persino dopo l'entrata in vigore del cessate il fuoco, dimostra come l'abbandono delle logiche puramente JIT a favore di logiche JIC non rappresenti una

parentesi congiunturale, bensì l'adattamento obbligato a un sistema marittimo ormai stabilizzato su un regime di permanente attrito operativo.

III Una nuova normalità economica e operativa

III.1 Il mito del ritorno alla normalità pre-Covid: realtà o utopia?

Il presente capitolo vuole spostare la sua attenzione sul piano economico, strategico e regolatorio, affrontando le conseguenze di lungo periodo dell'instabilità sul settore, in modo particolare il settore di linea e sull'infrastruttura portuale globale. L'obiettivo principale è dimostrare che le recenti interruzioni e la forte volatilità non costituiscono un'anomalia temporanea destinata a riassorbirsi verso un equilibrio preesistente ma l'affermazione di una nuova normalità. In questo nuovo contesto, l'incertezza non rappresenta più un evento eccezionale ma si trasforma in una variabile organizzativa e della struttura economica, capace di ridefinire le strategie di capacità dei vettori, i costi dei caricatori e il ruolo degli enti pubblici.

Si analizza la decostruzione del mito del 2019 (par. III.1), viene smentito l'assunto secondo cui l'anno pre-pandemico rappresenti un benchmark di salute economica dell'industria, grazie all'evidenza dei dati i quali mostrano che già nel 2019 il commercio marittimo globale aveva registrato una crescita marginale di appena lo 0,78%, tra i tassi più bassi registrati dalla crisi finanziaria del 2008-2009 (UNCTAD, 2020), all'interno di un quadro caratterizzato da cronico surplus di capacità di stiva e margini operativi estremamente deboli, andando a studiare come i vettori abbiano trasformato l'instabilità in un assetto organizzativo basato sulla gestione dinamica della stiva attraverso pratiche di *blank sailings*, disarmo della flotta e alterazione delle rotte marittime. L'analisi continua con il r*isk management* e geopolitica aziendale (par. III.2), si approfondisce il cambio di paradigma gestionale che vede la logistica passare da mero centro di costo da minimizzare a pilastro strategico per la gestione attiva del rischio. Si prosegue tramite l'osservazione dell'incertezza come costo strutturale (par. III.3), quantificando la ricaduta finanziaria dell'instabilità sui mercati marittimi, prendendo in esame l'aumento vertiginoso dei premi assicurativi War Risk saliti dallo 0,07% fino al 2% del valore dello scafo (UNCTAD, 2025) nelle zone di conflitto delimitate dal Joint War Committee e la permanente volatilità dei noli spot e contrattuali tracciati dai principali indici di benchmark come lo Shanghai Containerized Freight Index (SCFI) e il Freightos Baltic Index (FBX) per spingersi poi sulla governance portuale e ripartizione del rischio (par. III.4), attraverso l'indagine sul piano

istituzionale, valutando la tenuta del modello landlord port (Ferrari et al. 2015) e l'efficacia dei contratti di concessione come strumenti per regolare le asimmetrie informative e bilanciare i rischi tra Autorità Portuali e terminalisti privati. Infine, si apre una piccola finestra sulla geoeconomia e la nuova globalizzazione (par. III.5): allargando lo sguardo allo scenario macroeconomico globale, esaminando la riconfigurazione geografica dei flussi commerciali e degli Investimenti Diretti Esteri (FDI) lungo direttrici di allineamento geopolitico attraverso strategie di *near-shoring*, *friend-shoring* e *reshoring* (IMF, 2023).

III.1.1 Perché le metriche del 2019 non sono più un parametro di riferimento valido

Nel dibattito macroeconomico e nelle negoziazioni commerciali tra caricatori e vettori marittimi, il 2019 viene frequentemente evocato come il *benchmark* di un equilibrio stabile, un punto di riferimento ideale a cui affidare la normalizzazione dei noli e delle condizioni contrattuali. Tuttavia, un'indagine approfondita sull'economia del settore di linea dimostra che la nozione stessa di un 2019 sano e stazionario, costituisce in realtà un'errata premessa concettuale. L'anno pre-pandemico, infatti, non rappresentava un equilibrio virtuoso dell'industria del trasporto, bensì il punto basso di un lungo ciclo di depressione, caratterizzato dal cronico eccesso di stiva, alta concorrenza e margini operativi insufficienti se non negativi (UNCTAD, 2019). Il modo migliore per capire a pieno le radici della fragilità strutturale consiste nel ripercorrere l'evoluzione del settore a partire dalla crisi finanziaria avvenuta tra il 2008-2009, poiché suddetto evento generò uno shock senza precedenti sulla domanda marittima, traducendosi in perdite operative aggregate superiori a 20 miliardi di dollari nel solo 2009 e spingendo i margini netti medi dei principali vettori mondiali tra il -17% e il -19% (Notteboom et al. 2021). La risposta di tipo strutturale dell'industria alla crisi fu paradossale rispetto alla situazione e provocò l'effetto opposto andando ad aggravare l'instabilità negli anni successivi che furono guidati dal voler perseguire economie di scala sempre maggiori e dalla necessità di abbattere il costo unitario per TEU nel settore container, gli armatori avviarono così significativi investimenti in navi più grandi e più moderne. L'immissione di nuove tonnellate di stiva, con navi di capacità superiore ai 12.000–15.000 TEU per il settore container, che arrivarono a coprire all'inizio del 2019 il 25% della capacità schierata sulle rotte transpacifiche e il 53% su quelle tra Estremo Oriente ed Europa (UNCTAD, 2019),

generò un fenomeno di sovraccapacità di stiva. Poiché la domanda di trasporto marittimo è per sua natura anelastica nel breve periodo rispetto alle variazioni tariffarie, l'eccesso di offerta scatenò una guerra dei prezzi dannosa per il settore (Notteboom, 2021) e in assenza di meccanismi istituzionali di stabilizzazione le compagnie di navigazione si trovarono a dover necessariamente raggiungere elevati coefficienti di riempimento delle stive anche a condizione di ottenere noli prossimi al costo marginale, senza riuscire a coprire tutti i costi variabili. Questa dinamica condusse l'industria a un'ondata di ristrutturazioni e fallimenti, proprio tra il 2014 e il 2017 ci fu una prima grande fase di consolidamento societario tramite fusioni e acquisizioni contrassegnata dal drammatico fallimento del vettore sudcoreano *Hanjin Shipping* nel 2016. Nonostante ciò, nel quadriennio immediatamente precedente alla pandemia (2016-2019), il settore continuò a registrare perdite nette complessive o margini molto ridotti, a fronte di volumi di fatturato aggregato molto elevati (Notteboom, 2021).

Tab. 3.1: Merci totali caricate su navi per ogni anno di riferimento

Anno	Total goods loaded (mln ton)	Crescita % annua
2000	6346	
2001	6398	0,82%
2002	6577	2,80%
2003	6931	5,38%
2004	7492	8,09%
2005	8028	7,15%
2006	8499	5,87%
2007	8733	2,75%
2008	9077	3,94%
2009	8193	-9,74%
2010	9018	10,07%

2011	9582	6,25%
2012	9927	3,60%
2013	10196	2,71%
2014	10261	0,64%
2015	10480	2,13%
2016	10760	2,67%
2017	11257	4,62%
2018	11537	2,49%
2019	11627	0,78%
2020	11318	-2,66%
2021	11775	4,04%
2022	11754	-0,18%
2023	11599	-1,32%
2024	12054	3,92%

Fonte: elaborazione sulla base di UNCTADstat. (n.d.). *World seaborne trade by type of cargo, annual* [Data set]. United Nations Conference on Trade and Development.

I dati dell'UNCTAD confermano che il 2019 fu un anno abbastanza stagnante per la logistica globale, la crescita del commercio marittimo si fermò ad un +0,78% rispetto al +2,49% del 2018 (UNCTAD, 2020). Il volume complessivo movimentato toccò gli 11,6 miliardi di tonnellate, ma, andando nello specifico, il traffico containerizzato globale decelerò al +2% contro il +5,1% dell'anno precedente (UNCTAD, 2020), compresso dalle crescenti tensioni commerciali e tariffarie tra Stati Uniti e Cina e dalla generale debolezza dell'attività manifatturiera in Europa e Asia.

A questa debolezza della domanda si aggiungeva l'imminente entrata in vigore della normativa di tipo ambientale della *International Maritime Organization* (IMO) che imponeva dal 1° gennaio 2020 il limite dello 0,5% sulla quantità di zolfo nei carburanti

marittimi, tale regolamentazione si tradusse per gli armatori in ingenti costi di adeguamento come installazione di *scrubbers* o passaggio al carburante VLSFO, minacciando di comprimere ulteriormente i margini di profitto che si presentavano già bassi o nulli, con il rischio concreto di ulteriori bancarotte per i vettori finanziariamente più deboli (UNCTAD, 2019).

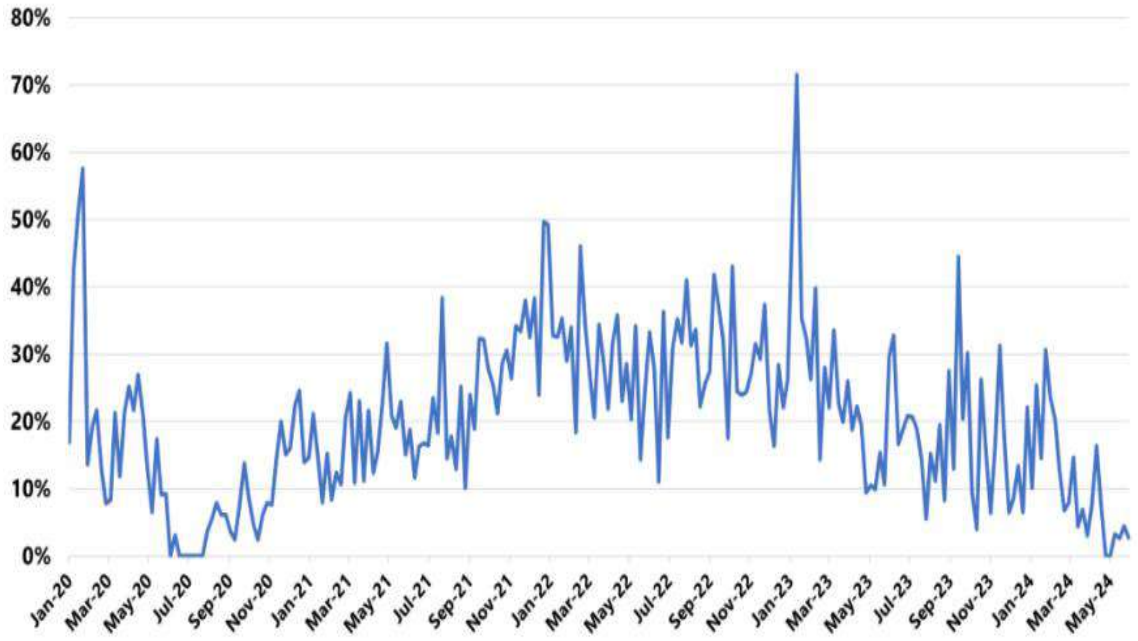
Considerare il 2019 come parametro di normalità significa dunque scambiare un punto di minimo e di disfunzione del ciclo economico per un modello sostenibile. I noli e i margini del 2019 riflettevano un'industria incapace di remunerare il capitale e di finanziare gli investimenti di decarbonizzazione ed efficienza richiesti dai regolatori e dal mercato (UNCTAD, 2019). Il Covid-19 e i successivi shock non hanno distrutto un equilibrio virtuoso, ma hanno interrotto un ciclo di deflazione tariffaria che mise in difficoltà l'intero sistema marittimo.

III.1.2 L'instabilità come nuovo assetto organizzativo di caricatore e trasportatore

Il cambio di schema verificatosi nel periodo post-2020 riguarda la capacità di adattamento della strategia sviluppata dai vettori marittimi in risposta alle evoluzioni del mercato. Se nella crisi del 2008 gli armatori subirono passivamente il crollo della domanda subendo poi il crollo delle tariffe, durante l'emergenza pandemica essi dimostrarono per la prima volta una inaspettata capacità di gestione dinamica e coordinata della capacità navale (Notteboom et al. 2021).

L'assetto oligopolistico raggiunto dall'industria, con i primi 10 vettori mondiali arrivati a controllare circa il 90% della capacità complessiva offerta sulle rotte est-ovest organizzati all'interno delle tre principali alleanze globali, ha fornito la struttura organizzativa consona per attuare questa disciplina dell'offerta, nel momento in cui si è formata la prima drammatica flessione della domanda nei primi mesi del 2020, i carrier non hanno agito tramite una guerra dei prezzi come in passato, ma hanno fatto ricorso ai *blank sailings* ovvero la cancellazione programmata di intere corse su specifiche rotte (Notteboom et al. 2021).

Graf. 3.1: Blank sailing sulla rotta Asia-NAWC



Fonte: Sea-Intelligence. (2024, April 17). *Sharp drop in blank sailings* (Press Release No. 260).

Tra aprile e maggio 2020 i vettori hanno ritirato mediamente fino al 20% della capacità di rete sulle principali direttrici globali, portando la flotta inattiva alla quota record di 2,7 milioni di TEU, pari all'11,6% della flotta mondiale. Su corridoi critici ad alta frequenza come l'Asia-US West Coast (Graf. 3.1), l'impatto locale è stato ancora più marcato, con una quota di capacità cancellata che ha sfiorato il 58% nel primo trimestre del 2020. A tale leva tattica si sono affiancate la deviazione delle navi lungo la rotta del Capo di Buona Speranza - sia per assorbire tonnellaggio allungando i tempi di transito sia per evitare il pagamento pedaggi a Suez superiori a 600.000 dollari a viaggio - e la riduzione programmata delle velocità di navigazione (Cullinane e Haralambides, 2021). Come evidenzia l'andamento pluriennale della serie storica, quella che era nata come risposta allo shock pandemico si è rapidamente trasformata in un assetto operativo strutturale: dopo il quasi totale azzeramento delle cancellazioni durante il picco di domanda di fine 2020, la quota di stiva soppressa ha continuato a oscillare stabilmente tra il 20% e il 40%, registrando un nuovo picco record superiore al 70% nei primi mesi del 2023 per arginare la correzione al ribasso dei noli spot. (UNCTAD, 2025).

Se per i vettori la gestione coordinata della capacità ha rappresentato il punto di svolta per la redditività, i caricatori, proprietari delle merci e catene della grande distribuzione, l'instabilità è diventata una condizione operativa permanente. La rimozione delle navi da parte dei carrier ha provocato la rottura della regolarità dei servizi marittimi (Cullinane e Haralambides, 2021), determinando un prolungato deterioramento dell'affidabilità delle schedulazioni definito nel settore con il concetto di *schedule reliability* (affidabilità della programmazione globale).

Graf. 3.2: Global schedule reliability dal 2012 al 2016



Fonte: Lloyd's List Intelligence. (2016, June). *Between the lines: Beyond the horizon*.

L'indice di puntualità globale delle navi, storicamente attestato attorno all'80%, è crollato nel corso del ciclo pandemico e post-pandemico a livelli compresi tra il 50% e il 55% e addirittura picchi negativi del 30% (UNCTAD, 2025).

Tab. 3.2: Global schedule reliability dal 2021 al 2026

	2021	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**
Jan	34%	30%	52%	51%	51%	62%

Feb	34%	34%	60%	53%	54%	58%
Mar	40%	35%	62%	55%	57%	62%
Apr	39%	34%	64%	52%	58%	62%
May	39%	36%	67%	56%	66%	64%
Jun	39%	40%	64%	55%	67%	62%
Jul	35%	40%	64%	52%	65%	56%
Aug	33%	46%	63%	53%	65%	
Sep	33%	45%	64%	50%	65%	
Oct	34%	52%	64%	50%	61%	
Nov	33%	56%	62%	55%	64%	
Dec	31%	56%	57%	54%	63%	

Fonte: elaborazione sulla base di Sea-Intelligence (2026). July Global Schedule Reliability Drops to Lowest 2026 Level. *Press Room*, issue 180 Global Liner Performance (GLP) report.

Le cancellazioni improvvise dei viaggi hanno generato potenti colli di bottiglia nei terminal portuali poiché le merci destinate all'imbarco sono rimaste bloccate nei piazzali in attesa della nave successiva, mentre la congestione improvvisa di grandi unità navali arrivate fuori finestra operativa ha mandato in crisi la logistica di retroporto e le connessioni intermodali. Questo disallineamento ha provocato come conseguenza una grave carenza geografica di container vuoti nei centri di produzione situati per lo più in paesi asiatici e la simultanea e complementare saturazione delle aree di stoccaggio in Europa e Nord America. I vettori si sono trovati così esposti non solo alla volatilità dei noli spot, ma anche a un'esplosione dei costi accessori, in particolare le penali per il superamento della franchigia di sosta dei container nei terminal (*demurrage* e *detention charges*) (Cullinane e Haralambides, 2021).

Di fronte alla fine della prevedibilità dei tempi di resa e della stabilità tariffaria, i caricatori hanno dovuto ristrutturare integralmente i propri modelli organizzativi a partire

dall'abbandono del *Just-in-Time* sostituito da strategie di ridondanza e quindi modelli *Just-in-Case*, accettando l'incremento del capitale circolante immobilizzato come un costo necessario per prevenire l'interruzione delle linee produttive (Chen et al. 2025). Altro modello fu l'adozione di soluzioni logistiche flessibili per mitigare il rischio di congestione nei porti di destinazione, i caricatori hanno fatto sempre più ricorso a clausole contrattuali avanzate, ultimo modello fu la diversificazione delle opzioni di trasporto, la stipula dei contratti di nolo ha visto una marcata polarizzazione, da un lato, il tentativo di siglare accordi pluriennali a tariffa garantita e dall'altro, la necessità di mantenere quota parte dei volumi sul mercato *spot* o di diversificare le rotte servite, integrando vettori regionali o soluzioni modali alternative (Chen et al. 2025).

A conclusione di ciò, l'instabilità non rappresenta più una condizione passeggera da superare per poi ripristinare i vecchi modelli gestionali, ma costituisce il contesto ordinario in cui gli attori del sistema adattano le proprie decisioni di investimento, la gestione del rischio e le strategie di filiera.

III.2 Il risk management e l'analisi geopolitica come nuove competenze strategiche aziendali

III.2.1 Dalla logistica come centro di costo alla logistica come gestione del rischio

Per oltre mezzo secolo, la gestione logistica nelle imprese manifatturiere e commerciali è stata trattata prevalentemente come una funzione operativa di supporto la cui unica finalità strategica risiedeva nella minimizzazione delle spese di trasporto, nell'ottimizzazione degli stoccaggi e nell'accelerazione dei tempi di attraversamento del capitale circolante (Danyluk, 2018). Sotto la spinta della forte globalizzazione e dell'organizzazione sotto il modello *Lean Production* e *Just-in-Time*, le catene di fornitura sono state portate al limite della massima efficienza, azzerando le scorte e frammentando geograficamente la produzione nei paesi a basso costo del lavoro, in questo paradigma, la prestazione logistica veniva valutata quasi esclusivamente tramite indicatori di costo unitario per pezzo movimentato, mentre la stabilità dell'ambiente esterno e la fluidità delle rotte commerciali venivano date per scontate (Pugachov et al. 2026). Le sequenze di shock globali manifestatesi nei sei anni compresi tra il 2020 e il 2025 hanno definitivamente dimostrato l'inadeguatezza di questo approccio riduzionista. La paralisi dei nodi portuali durante la pandemia, le improvvise guerre commerciali e le recenti crisi

nei *chokepoint* marittimi hanno evidenziato come l'interruzione di un singolo nodo della catena del valore possa generare perdite finanziarie enormemente superiori ai marginali risparmi di costo ottenuti tramite l'ottimizzazione portata al limite. La logistica ha così compiuto un salto di livello concettuale, evolvendo da disciplina puramente contabile e tattica a vera e propria scienza della circolazione e funzione strategica integrata di *Supply Chain Risk Management* (SCRM) (Danyluk, 2018). La logistica moderna assume dunque una natura olistica e regolatrice, gestisce l'equilibrio dinamico tra costi operativi, velocità di consegna, ridondanza delle scorte e flessibilità di instradamento.

Nel nuovo assetto strategico, la gestione del rischio (*Risk Management*) integra tre pilastri fondamentali. Il primo riguarda la valutazione del rischio che non si limita più ai fornitori diretti di primo livello ma si estende lungo tutta la rete a monte per identificare dipendenze nascoste, colli di bottiglia geografici e casi critici di approvvigionamento (Pan et al, 2025). Il secondo pilastro riguarda il tema delle capacità dinamiche e della super-reattività: a differenza della reattività passiva, che attiva la risposta solo dopo la piena manifestazione dello shock, le organizzazioni leader sviluppano competenze dinamiche articolate in tre fasi: il rilevamento precoce dei segnali di crisi, la rapida valutazione delle opzioni disponibili, e la riconfigurazione delle risorse, resa possibile da asset predisposti alla flessibilità piuttosto che costruiti nel momento dell'emergenza (Pugachov et al., 2026). Il caso del Mar Rosso discusso nel Capitolo 2 ne offre un esempio: i vettori che hanno riconfigurato le rotte verso il Capo di Buona Speranza nei primi giorni della crisi hanno mostrato una capacità dinamica piena, mentre le compagnie che hanno atteso l'evoluzione della situazione prima di agire hanno mostrato un pattern di reattività passiva, con costi di congestione più elevati. E infine la pianificazione della continuità aziendale, la preparazione agli shock cessa di essere una formalità burocratica e diventa una procedura operativa standardizzata, orientata ad azzerare il tempo di inattività e a garantire la tracciabilità e la sicurezza dei flussi (UNCTAD, 2020).

Così agendo, questa nuova filosofia gestionale riesce a trasformare la logistica da: potenziale fattore di vulnerabilità a fonte primaria di vantaggio competitivo duraturo. Le imprese dotate di strutture logistiche flessibili e digitalmente mature sono in grado di assorbire gli shock commerciali senza interrompere le consegne, conquistando quote di mercato a scapito dei concorrenti rimasti ancorati a logiche di puro taglio dei costi.

III.2.2 Integrare la geopolitica nei modelli predittivi: anticipare i segnali prima dei blocchi fisici

Assodato che la gestione del rischio costituisce il nuovo modello strategico della logistica, l'integrazione della dimensione geopolitica nei modelli analitici rappresenta lo strumento metodologico indispensabile per la sua attuazione (UNCTAD, 2025). Tradizionalmente, la simulazione dei rischi logistici si concentrata su eventi stocastici locali, quali incidenti di navigazione, avversità meteo-marine o guasti meccanici, tuttavia, nel contesto della frammentazione geoeconomica globale più recente, le principali cause di blocco dei flussi marittimi derivano da decisioni politiche deliberate, sanzioni internazionali, conflitti regionali e aggressioni alle rotte di navigazione in *chokepoint* strategici (IMF, 2023); attendere che un blocco si manifesti, come la chiusura di uno stretto o la saturazione di un piazzale portuale, significa condannare l'impresa a gestire l'emergenza in modo reattivo, subendo inevitabilmente ritardi e sovrapprezzi incontrollabili. La nuova frontiera del *risk management* marittimo risiede pertanto nella predittività, ossia nella capacità di sintetizzare big data operativi e indici di rischio geopolitico per anticipare le strozzature di rete prima che si traducano in interruzioni fisiche (Millefiori et al, 2021).

La capacità di anticipazione di cui si è appena parlato si fonda sull'integrazione di due componenti tecnologiche intese come Big Data marittimi e tracciamento posizionale AIS (*Automatic Identification System*) poiché, l'analisi spazio-temporale dei messaggi AIS emessi continuamente da oltre 50.000 navi commerciali consente di ricostruire l'esatta dinamica della mobilità marittima attorno al globo, tramite indicatori sintetici quali il *Cumulative Navigated Miles* (CNM), il rapporto tra navi attive e disarmate e le variazioni di velocità media lungo le rotte, i modelli analitici sono in grado di quantificare in tempo reale lo stato di salute delle catene di trasporto (Millefiori et al, 2021). Anomalie nella densità di traffico o rallentamenti ingiustificati in prossimità degli specchi acquei critici costituiscono una previsione in tempo reale dell'attività economica e un segnale d'allarme precoce di imminenti congestioni portuali o colli di bottiglia (Chen et al. 2025). La seconda componente consiste nell'impiego di modelli predittivi basati su algoritmi di apprendimento automatico, capaci di elaborare congiuntamente flussi di dati operativi marittimi e variabili geopolitiche e macroeconomiche (Zhou et al., 2023). Integrando

indicatori quali l'allineamento politico bilaterale, le variazioni dei flussi di Investimenti Diretti Esteri (FDI), le barriere tariffarie e gli indici di instabilità geoeconomica (IMF, 2023), tali modelli superano i limiti delle tradizionali previsioni lineari, stimando in via probabilistica il rischio di interruzione dei transiti o di congestione dei nodi prima che la strozzatura fisica si manifesti operativamente.

L'applicazione pratica di questi modelli predittivi si concretizza nella creazione dei Gemelli Digitali (*Digital Twins*) della rete marittima (Feng e Ye, 2021). Tali piattaforme virtuali simulano la propagazione degli shock e gli effetti a catena generati dall'eventuale chiusura di un porto, un nodo o dall'interruzione di un canale di navigazione. In questo modo, i pianificatori logistici e gli operatori marittimi possono condurre simulazioni di scenario (*what-if analysis*) e pianificare rotte alternative giorni o settimane prima che l'evento critico si verifichi, e riadattando la dislocazione delle giacenze lungo la rete retroportuale (Chen et al. 2025).

I dati empirici confermano che l'investimento nella maturità digitale e nell'analisi predittiva produce ricadute dirette sulla resilienza aziendale: le imprese dotate di sistemi avanzati di previsione basati su Intelligenza Artificiale riducono fino al 30% i tempi di ripristino delle operazioni a seguito di uno shock e registrano un abbattimento significativo dei costi di gestione delle scorte in eccesso (Pugachov et al. 2026). L'analisi geopolitica e il monitoraggio algoritmico della rete cessano così di essere speculazioni teoriche per trasformarsi nei pilastri dell'autonomia strategica dell'impresa nell'era dell'instabilità permanente.

III.3 L'incertezza come costo strutturale

L'instabilità geoeconomica e operativa non si traduce esclusivamente in ritardi fisici o rimodulazioni operative di rete, ma si scarica direttamente sul conto economico delle filiere logistiche sotto forma di costo strutturale e permanente. Il rischio di rottura della catena di fornitura non rappresenta più un evento eccezionale o un'esternalità transitoria per trasformarsi in una componente fissa del costo di trasporto marittimo (Notteboom et al., 2021). Due leve economiche e contrattuali evidenziano con particolare chiarezza questo fenomeno sono l'esplosione dei premi assicurativi contro i rischi di guerra e la perdita di predittività nei mercati dei noli marittimi (Kavussanos & Visvikis, 2016).

III.3.1 L'esplosione dei premi assicurativi: il mercato War Risk nelle aree di conflitto

Nel commercio marittimo l'incertezza geopolitica smette di essere una variabile speculativa astratta quando questa viene quantificata in premi di rischio monetizzabili distinti a seconda che si applichino alla nave *hull and machinery* (H&M), al carico trasportato e alle responsabilità verso terzi fornite dai club di *Protection and Indemnity* (P&I) (Steamship Mutual, 2023). L'organismo di riferimento internazionale è il Joint War Committee (JWC), composto dai rappresentanti dei sindacati dei Lloyd's di Londra e della International Underwriting Association (IUA). Il JWC monitora costantemente lo stato di sicurezza delle rotte marittime globali ed emette periodicamente la circolare aggiornata delle *listed areas* intese come aree geografiche ad alto rischio di guerra, pirateria, terrorismo e pericolo correlati (JWC, 2026).

Le polizze assicurative ordinarie stipulate dagli armatori per coprire i danni allo scafo (*International Hull Clauses*) o dai proprietari delle merci per tutelare i beni trasportati (*Institute Cargo Clauses* A e B) contengono le inderogabili clausole di esclusione dei rischi di guerra (*War & Strikes Exclusion Clauses*) (JHC, 2003), nello specifico vi sono: la Clausola 6 delle *Institute Cargo Clauses* (A e B) che esclude qualsiasi perdita o danno causato da guerre, guerre civili, rivoluzioni, atti ostili o catture e sequestri di navi (Steamship Mutual, 2023), la Clausola 29 delle *International Hull Clauses 2003* che stabilisce l'esclusione di responsabilità dei sottoscrittori per eventi derivanti da conflitti armati, confische, mine, siluri o atti di terrorismo con matrice politica (JHC, 2003) e i regolamenti dei *P&I Clubs* come stabilito, ad esempio, nella clausola standard di *War Risks Exclusion* escludono dalla copertura ordinaria di responsabilità civile verso terzi i danni e le lesioni riconducibili a eventi bellici, ordigni inesplosi o attacchi informatici e con armi non convenzionali (Steamship Mutual, 2023). Quando una nave commerciale entra all'interno di una *listed area* perimetrata dal JWC come definito dalla circolare JWLA-034, che include il Mar Rosso meridionale, il Golfo di Aden, il Golfo Persico, lo Stretto di Hormuz, il Mar Nero e il Mare d'Azov, la copertura ordinaria viene sospesa per la durata del transito, l'armatore o il noleggiatore è pertanto contrattualmente obbligato a negoziare una polizza integrativa ad hoc: la *Hull War Insurance,* assicurazione di guerra sullo scafo e la *Cargo War Risk Insurance* sulla merce (JHC, 2003).

Nelle fasi di stabilità geopolitica, il tasso di premio War Risk si attesta su livelli, generalmente compresi tra lo 0,07% e lo 0,1% del valore assicurato dello scafo (UNCTAD, 2025). Tuttavia, di fronte al manifestarsi di minacce reali come il lancio di missili e droni da parte degli Houthi nel Mar Rosso o le minacce di blocco navale e sequestro di petroliere nello Stretto di Hormuz, i Lloyd's hanno applicato un rialzo esponenziale dei tassi, spingendoli fino al 2,0% del valore della nave per un singolo viaggio e per comprendere la portata finanziaria di questo incremento, per una nave portacontainer o per una petroliera VLCC dal valore di 100-150 milioni di dollari, il costo assicurativo del solo rischio di guerra per un transito di 7 giorni attraverso il Mar Rosso o lo Stretto di Hormuz è passato da un valore pre-crisi di circa $70.000–$100.000 a cifre che superano i 2-3 milioni di dollari per singolo viaggio (UNCTAD, 2025), questo extra-costo, dovendo essere corrisposto in anticipo ha reso antieconomico il passaggio attraverso i nodi critici, spingendo molti operatori a preferire la circumnavigazione dell'Africa via Capo di Buona Speranza (come osservato nel Cap. 2). Sebbene la deviazione africana comporti dai 10 ai 14 giorni di navigazione aggiuntiva e maggiori consumi di carburante, essa consente di azzerare il premio War Risk e di evitare i pedaggi del Canale di Suez (UNCTAD, 2025).

Entrando nello specifico del trasporto container, i vettori marittimi hanno adottato una strategia di ribaltamento dei costi sul mercato proprio perché l'extra-costo dei premi assicurativi War Risk è stato convertito in una voce tariffaria accessoria detta *War Risk Surcharge* (WRS) (Shanghai Shipping Exchange, s.d.); questa è entrata a far parte della struttura delle sopratasse marittime obbligatorie, affiancando il nolo base e le altre addizionali esogene ovvero: il *Bunker Adjustment Factor* (BAF), il *Low Sulphur Surcharge* (LSS) e la *Port Congestion Surcharge* (PCS). L'applicazione di questa tassa, variata settimanalmente a seconda delle escalation militari, ha incrementato il costo di sbarco delle merci destinate ai mercati europei e nordamericani (Shanghai Shipping Exchange, s.d.), aggiungendo ulteriore opacità alle fatture commerciali.

Il settore petrolifero e delle navi gasiere presenta una vulnerabilità estrema alle decisioni del *Joint War Committee*. Come già ampliamente approfondito, lo Stretto di Hormuz rappresenta il punto di strozzatura energetica più critico del pianeta, l'insorgere di tensioni cinetiche nel Golfo Persico o nello Stretto di Hormuz provoca un'immediata

reazione a catena sui tassi di noleggio spot, i prezzi per noleggiare una petroliera VLCC sulla rotta dal Medio Oriente all'Estremo Oriente via Hormuz sono più che raddoppiati, superando la soglia dei 50.000 dollari al giorno in corrispondenza delle crisi belliche (UNCTAD, 2025). I tassi giornalieri per le navi cisterne adibite al trasporto di prodotti raffinati hanno registrato impennate dal 150% al 200% nell'arco di una sola settimana.

Il mercato delle *dry bulk* (Capesize, Panamax, Handysize) adibite al trasporto di materie prime come minerali di ferro e carbone e alimentari come cereali, grano e fertilizzanti risente pesantemente dei *war risk* nel Mar Nero e nel Mar Rosso (JWC, 2026).

A seguito del conflitto in Europa Orientale e delle incursioni nel Mar Nero, il costo assicurativo per le navi minerarie e granarie destinate ai porti ucraini e russi è schizzato a quote tali da annullare il margine operativo del viaggio, questo ha innescato una profonda riorganizzazione dei flussi, i paesi importatori di grano dell'Africa e del Mediterraneo hanno dovuto sostituire le forniture del Mar Nero con acquisti provenienti da Stati Uniti, Brasile e Argentina (UNCTAD, 2025), l'allungamento delle rotte marittime ha provocato un'impennata complessiva delle tonnellate-miglia globali ovvero +17% nel 2024 per il settore container e marcati incrementi per il bulk, gonfiando la domanda di stiva e trasferendo i costi dell'incertezza sui prezzi dei beni alimentari e delle materie prime (UNCTAD, 2025).

L'estensione dei rischi di guerra proietta i suoi effetti anche sul piano del diritto marittimo e della gestione degli equipaggi, la *war risks deviation clauses* assicura la facoltà della nave di deviare dalla rotta contrattuale, effettuare soste in porti rifugio o variare la destinazione finale senza che ciò costituisca una violazione del contratto di trasporto o una deviazione ingiustificata (JCC, 2009).

Al contempo, sul piano sociale e sindacale, le direttive stipulate in linea con la convenzione *Maritime Labour Convention* (MLC 2006) e le coperture P&I riconoscono ai marittimi il diritto inderogabile di rifiutare l'imbarco o il transito in una nave diretta verso una *war risk zone* (JWC,2026). Qualora l'equipaggio accetti di navigare in zone di conflitto, l'armatore è tenuto a corrispondere una paga base raddoppiata, a stipulare

polizze infortuni integrative per rimpatrio e spese mediche e a garantire indennità straordinarie in caso di prigionia o sequestro (Steamship Mutual, 2023).

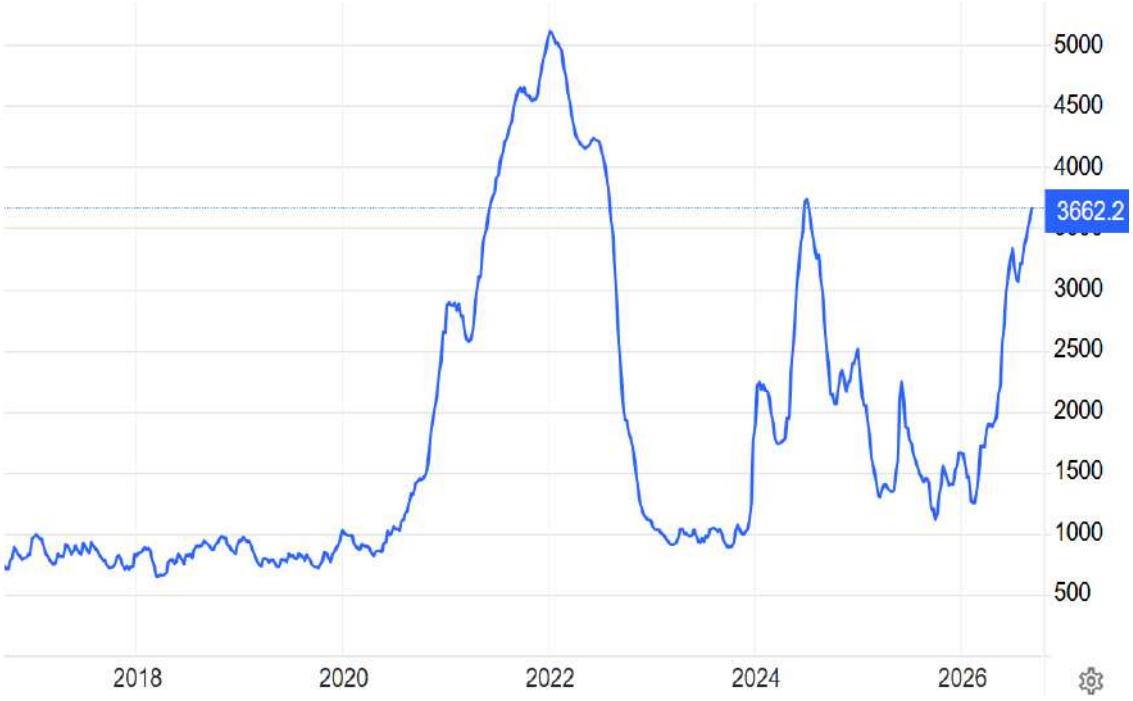
In conclusione, l'esplosione dei premi assicurativi e la contrazione della disponibilità di coperture War Risk dimostrano come il rischio geopolitico non sia più un fattore esogeno sporadico, ma un elemento di costo permanente e strutturale che ridefinisce le rotte marittime, condiziona le scelte operative dei vettori e appesantisce le fatture del commercio globale (UNCTAD, 2025).

III.3.2 Volatilità dei noli: SCFI e Drewry e la prevedibilità tariffaria

Il secondo asse strutturale dell'incertezza è la perdita di stabilità nei meccanismi di formazione del prezzo del trasporto marittimo e la conseguente crisi dei tradizionali contratti annuali a tariffa fissa che hanno lasciato spazio a una nuova volatilità, la quale è diventata la nuova norma (UNCTAD, 2025).

La misurazione analitica delle dinamiche tariffarie globali del settore containerizzato fa capo a due indici primari: lo *Shanghai Containerized Freight Index* (SCFI), pubblicato settimanalmente dallo *Shanghai Shipping Exchange* (SSE), che monitora le tariffe spot per l'esportazione di container da Shanghai verso le principali destinazioni globali, l'indice include nel calcolo sia il nolo oceanico base (*ocean freight*) sia i principali supplementi ordinari e straordinari: BAF, CAF, e *surcharge* legati ai *chokepoint* o al rischio bellico, escludendo i costi a terra di movimentazione terminalistica (THC) (Shanghai Shipping Exchange, s.d.). Il *Drewry World Container Index* (WCI), indice composito elaborato dalla società di consulenza marittima Drewry, basato su 8 rotte marittime est-ovest bidirezionali, con rilevazione disaggregata per direttrici strategiche per i porti mediterranei ed europei, quali la Shanghai–Genova e la Shanghai–Rotterdam (Drewry, s.d.).

Graf. 3.3: Andamento SCFI da agosto 2016 ad agosto 2026



Fonte: Trading Economics. (n.d.). *Containerized freight index: Price, chart, historical data and news*.

La traiettoria dell'indice SCFI nel periodo 2020-2025 illustra la portata dell'instabilità, a fronte di una media storica pre-pandemica molto più bassa e stabile compresa tra gli 800 e i 1.000 punti, l'indice è schizzato durante la crisi della *supply chain* del 2021-2022 fino al valore record assoluto di oltre 5.000 punti, spingendo i noli per un singolo container da 40 piedi (FEU) dalla Cina verso l'Europa oltre la soglia dei 10.000-14.000 dollari.

Successivamente alla fisiologica contrazione del 2023, con l'indice sceso a 1.200 punti, le crisi geopolitiche nel Mar Rosso nel 2024 hanno innescato un secondo violento ciclo rialzista. Infatti, lo SCFI ha registrato una media di 2.496 punti nel 2024, +149% rispetto al 2023. (Trading Economics, s.d.).

A questa volatilità del nolo base si accompagna l'estensione delle sopratasse marittime variabili, i caricatori non negoziano più un'unica tariffa , ma devono farsi carico di un'ampia struttura di addizionali tra cui rientrano: il BAF e LSS per scaricare sulle merci le oscillazioni del costo del carburante e i costi di conformità ambientale IMO/EU-ETS; il PSS (*Peak Season Surcharge*) e PCS (*Port Congestion Surcharge*), applicate unilateralmente dai vettori durante i picchi di domanda o i ritardi nei terminal; e infine il

War Risk Surcharge e *Suez/Panama Canal Transit Fees*: per coprire i costi di deviazione o i premi assicurativi di guerra (Shanghai Shipping Exchange, s.d.).

Questa estrema instabilità ha giocato a sfavore dei contratti a lungo termine, molti vettori e caricatori, per evitare di rimanere vincolati a tariffe contrattuali fuori mercato rispetto al mercato *spot*, preferiscono stipulare accordi a brevissima scadenza o mantenere una quota maggioritaria dei propri volumi su mercati spot e indici flessibili.

La volatilità non risparmia il trasporto delle materie prime e agricole, per quanto riguarda il settore delle rifuse secche, il *Baltic Dry Index* (BDI) è l'indice di riferimento calcolato dal *Baltic Exchange* che aggrega i tassi di noleggio a viaggio (*Voyage Charter*) e a tempo (*Time Charter*) per le navi *capesize* (minerale di ferro e carbone), *panamax* (cereali e carbone) e *supramax/handysize*.

Graf. 3.4: Andamento SCFI da agosto 2018 ad agosto 2026



Fonte: Trading Economics (s.d.). *Baltic Exchange Dry Index: Price, Chart, Historical Data and News*.

Durante il periodo di analisi, il BDI (*Baltic Exchange Dry Index*) ha mostrato variazioni percentuali marcate, nel 2024 l'indice ha registrato un valore medio di 1.755 punti, il

+27,3% in più sul 2023, alternando fasi di forte tensione a bruschi crolli. Il settore delle rinfuse secche risente in misura maggiore dell'asimmetria della domanda geografica: i picchi dell'indice delle navi capesize, salito a giugno 2025 fino a 1.685 punti (trading economics s.d.), sono stati determinati dall'impennata della domanda cinese di bauxite dalla Guinea e di minerale di ferro dal Brasile, combinati con la necessità di evitare il transito dal Canale di Suez (UNCTAD, 2025).

A differenza del mercato del trasporto di linea containerizzato caratterizzato dalla concentrazione dell'offerta in alleanze oligopolistiche, il settore delle rinfuse secche presenta una struttura altamente frammentata più vicino ad un sistema concorrenziale, in cui l'adeguamento tra domanda e offerta avviene tramite bruschi riallineamenti di prezzo che scaricano l'incertezza sui costi delle materie prime, minerali e alimentari (UNCTAD, 2020).

Il mercato del trasporto di petrolio grezzo e prodotti petroliferi raffinati, monitorato rispettivamente dal *Baltic Dirty Tanker Index* (BDTI) e dal *Baltic Clean Tanker Index* (BCTI), ha registrato un prolungato regime di volatilità e margini elevati.

I tassi di noleggio delle navi cisterne sono fortemente influenzati da fattori geopolitici e decisioni dei cartelli energetici. Il re-instradamento dei flussi di grezzo russo verso l'Asia e la contestuale sostituzione delle forniture europee con importazioni dal Medio Oriente e dal Golfo del Messico hanno determinato un incremento dei tonnellaggi-miglia complessivi. Gli indici BDTI e il BCTI hanno registrato violente oscillazioni, infatti, nel corso del 2024 il BDTI si è mosso tra valori di 1.400 punti e di 870 punti, mentre i guadagni medi ponderati dei contratti a tempo hanno oscillato tra valori di circa 20.000 e gli oltre 60.000 dollari al giorno (UNCTAD, 2025). Nei momenti di attrito nello Stretto di Hormuz, i tassi per le superpetroliere sono raddoppiati in pochi giorni, dimostrando come il comparto energetico sia esposto a fiammate inflazionistiche improvvise.

A questo quadro si affianca la pratica dello stoccaggio galleggiante detta *floating storage*, nella prima fase della pandemia, il volume di grezzo stoccato in mare ha toccato il record storico di 160 milioni di barili, bloccando oltre 83 petroliere VLCC e contraendo l'offerta di stiva disponibile sul mercato innescando una forte volatilità sui noli giornalieri (UNCTAD, 2020).

In questo quadro di incertezza tariffaria si inserisce la variabile delle regolamentazioni ambientali per la decarbonizzazione dello *shipping*. L'inclusione del trasporto marittimo nel sistema di scambio delle quote di emissione dell'Unione Europea (EU ETS) a partire dal 2024 e l'entrata in vigore del regolamento *FuelEU Maritime* impongono ai vettori di acquistare quote di carbonio per tutte le tratte da, verso e tra i porti dell'Unione.

Questi costi regolatori e di conformità, stimati in centinaia di milioni di euro all'anno per le flotta globali, vengono progressivamente ribaltati sui caricatori sotto forma di nuove sopratasse ambientali dette *emissions surcharges*. L'impatto differenziato delle normative ambientali sui vari segmenti della flotta modifica strutturalmente la convenienza economica delle rotte e aumenta l'incertezza sul calcolo del costo finale del trasporto marittimo (UNCTAD, 2025).

III.4 Governance portuale e regolazione in un contesto di instabilità permanente

III.4.1 Il modello landlord port e la ripartizione pubblico-privata del rischio sistemico

I porti commerciali possono essere classificati in base al diverso grado di coinvolgimento pubblico e privato, nella proprietà degli asset e nell'erogazione delle operazioni portuali. La tassonomia riconosciuta a livello internazionale identifica quattro configurazioni di governance portuale, organizzante da una gestione più pubblicistica a una più privatistica.

Il *public port* rappresenta il modello a massima concentrazione pubblica, in cui l'Autorità Portuale detiene la piena proprietà del demanio, realizza le infrastrutture, acquista le sovrastrutture di movimentazione come gru e piazzali e gestisce in prima persona le operazioni commerciali di sbarco e imbarco avvalendosi di personale dipendente pubblico. Se da un lato questo assetto assicura una pianificazione centralizzata e la salvaguardia diretta dell'interesse generale, dall'altro sconta croniche rigidità burocratiche, scarsa propensione commerciale ed elevata inefficienza allocativa. Tale schema fu prevalente sul piano storico fino agli anni Ottanta del Novecento ed è ancora riscontrabile nelle strutture antecedenti alle riforme di modernizzazione.

I *tool port* rappresentano una configurazione ibrida in cui l'ente pubblico conserva la proprietà delle banchine e si fa carico dell'acquisto e della manutenzione delle

sovrastrutture pesanti come le gru *ship-to-shore*, affidando l'esecuzione materiale delle operazioni di banchina a imprese private di stivaggio le quali noleggiano i mezzi pubblici corrispondendo una tariffa d'uso. Sebbene questa organizzazione prevenga la duplicazione di costosi investimenti in attrezzature, limita pesantemente l'autonomia del privato, precludendo la personalizzazione tecnologica del terminal e disincentivando investimenti infrastrutturali di lungo periodo. Questo modello ha caratterizzato la portualità francese fino alle riforme del 2008 ed è stato ampiamente impiegato nei sistemi sudafricano e sudcoreano.

Il modello di governance *landlord port* è un assetto fondato su una netta separazione funzionale: l'autorità portuale mantiene la proporietà del demanio pubblico e si occupa della realizzazione delle infrastrutture di base quali banchine, canali di accesso, dragaggi, collegamenti stradali e ferroviari di ultimo miglio, mentre l'acquisto delle sovrastrutture quindi gru, parchi di piazzale, sistemi di automazione e l'esercizio integrale dei servizi commerciali sono delegati a terminalisti privati mediante contratti di concessione con scadenza a lungo termine. È un modello che persegue un bilanciamento tra tutela dell'interesse collettivo ed efficienza operativa di mercato, pur introducendo rilevanti asimmetrie informative e complessità regolatrici nel rapporto tra ente concedente e concessionario privato. Questo modello si declina secondo due distinte modalità di applicazione: la tradizione Latina tipica di Italia, Spagna e Francia, caratterizzata da Autorità Portuali centralizzate e da un forte presidio di controllo statale, e la *tradizione Anseatica* di Paesi Bassi, Belgio e Germania, contraddistinta da enti a base municipale, societarizzata e marcatamente orientata alle dinamiche commerciali.

Il *fully private port* rappresenta l'estremo opposto rispetto al *Service Port*, prevedendo la totale privatizzazione di suoli demaniali, banchine, impianti di movimentazione e servizi operativi, con lo stato relegato a compiti residuali di vigilanza doganale, regolazione normativa e polizia marittima. Pur garantendo la massima reattività nei confronti del mercato e una totale flessibilità manageriale, questo assetto comporta l'annullamento di una visione pianificatoria strategica a beneficio dello sviluppo sociale ed economico del territorio circostante. Il ricorso a porti integralmente privati è circoscritto a specifici contesti, su tutti il Regno Unito in seguito alle privatizzazioni

avviate tra il 1989 e il 1991, oltre ad alcune eccezioni in Nuova Zelanda e Australia (Notteboom et al., s.d.).

L'ondata di riforme istituzionali che a partire dagli anni '90 ha ridefinito la gestione dei nodi marittimi globali ha consacrato il modello del *landlord port* come l'assetto di *governance* ampiamente prevalente a livello internazionale, adottato da oltre il 60-80% delle Autorità Portuali mondiali (UNCTAD, 2025). In questa configurazione, l'ente di gestione pubblico denominata autorità portuale mantiene la proprietà demaniale e la pianificazione strategica delle aree, delle banchine e delle infrastrutture di base, dragaggi, dighe foranee, connessioni di rete, assegnando l'esercizio delle operazioni commerciali, l'acquisto della sovrastruttura quali gru *ship-to-shore*, piazzali e la gestione dei terminal a operatori privati tramite contratti di concessione a lungo termine.

Mentre altre componenti della catena portuale come l'organizzazione del lavoro portuale o la fornitura dei servizi tecnico-nautici quindi pilotaggio, rimorchio, ormeggio e battellaggio continuano a seguire discipline nazionali o locali, il contratto di concessione costituisce l'unico strumento di regolazione comune ed omogeneo a disposizione delle Autorità Portuali per orientare l'azione degli operatori privati verso gli obiettivi di interesse pubblico (Ferrari et al, 2015).

Il progressivo disimpegno delle autorità portuali dalle operazioni commerciali ha generato una non indifferente asimmetria informativa tra il regolatore pubblico e i terminalisti, non gestendo direttamente le gru o i piazzali, l'autorità portuale fatica a raccogliere dati operativi sulle prestazioni e sui margini del terminal, trovandosi in posizione di debolezza contrattuale al momento del rilascio o del rinnovo della concessione. In contesti di elevata instabilità sistemica come le congestioni da crolli della puntualità delle navi o i blocchi dei *chokepoints*, questo disallineamento informativo genera complessi *trade-off* tra gli obiettivi del pubblico e quelli del privato (Ferrari et al, 2015). Per primo le autorità portuali mirano a incrementare i volumi movimentati per generare esternalità economiche positive sul territorio e garantire entrate stabili tramite i canoni concessori, i terminalisti al contrario, cercano di ottimizzare il rendimento del capitale investito, inoltre, negli shock di *supply chain*, i piazzali dei terminal container diventano colli di bottiglia saturati quindi se per l'autorità portuale la saturazione mina la fluidità dell'intero nodo, per il terminalista privato la sosta prolungata può tradursi in

entrate extra tramite le penali di *demurrage and detention*, creando disincentivi distorti al rapido sgombero della merce (Notteboom et al, 2021), e infine l'ingresso di operatori globali e di terminalisti controllati direttamente dalle compagnie di navigazione ha verticalizzato l'industria e i vettori marittimi tendono a trattare il terminal come un *asset* di rete intercambiabile, pronti a spostare i volumi e i servizi di linea verso altri porti in risposta a variazioni tariffarie o geopolitiche, scaricando il rischio di sottoutilizzo delle banchine sull'autorità portuale locale (Notteboom, 2010).

L'allocazione del rischio e l'efficacia del modello concessorio variano significativamente in base alle caratteristiche merceologiche e operative dei diversi segmenti portuali: il segmento container**,** caratterizzato da un'elevatissima concentrazione dell'offerta con i primi 5 operatori che controllano circa il 65% del mercato e i primi 10 operatori che controllano circa l'85% del mercato globale (Notteboom et al, 2021) e caratterizzato da ingenti investimenti in automazione e gru di banchina. La presenza di terminal dedicati ad un singolo vettore marittimo garantisce volumi stabili nel breve periodo ma riduce la contendibilità del mercato portuale, scoraggiando l'accesso di linee concorrenti e aumentando la dipendenza dell'autorità portuale dalle decisioni strategiche dell'alleanza di riferimento (UNCTAD, 2019).

Il segmento rinfuse liquide rappresenta l'insieme dei terminal dedicati al petrolio grezzo, ai prodotti raffinati, al GNL e ai prodotti chimici, essi presentano concessioni a lunghissimo termine, fino a 40-50 anni, caratterizzate da elevati costi fissi di impianto *sunk costs* (par. I.2) e vincoli di sicurezza estremamente rigidi.

Il segmento delle rinfuse secche comunemente detto *dry bulk* è un settore che opera su prodotti a basso valore unitario come minerale di ferro, carbone, cereali, aggregati, i terminal di questo specifico settore risentono fortemente delle fluttuazioni dei volumi industriali e delle stagionalità agricole (BalticWind.EU, 2024). Per superare la rigidità dei contratti tradizionali a fronte dell'instabilità permanente, le autorità portuali più avanzate stanno integrando nelle concessioni le clausole di prestazionali dinamiche. Anziché fissare minimi di traffico rigidi rivelatisi inapplicabili durante i grandi shock esogeni, le nuove convenzioni introducono indicatori di performance legati all'efficienza operativa, alla sostenibilità ambientale e all'interoperabilità digitale tramite i *Port Community Systems* (PCS) (BalticWind.EU, 2024).

III.4.2 Investimenti infrastrutturali in condizioni di incertezza: chi assorbe il rischio?

La realizzazione di infrastrutture e sovrastrutture nei nodi marittimi rientra nelle decisioni finanziarie più complesse nell'ambito dell'economia dei trasporti. Gli investimenti portuali sono caratterizzati da elevatissima intensità di capitale, pronunciata irreversibilità delle spese e tempi di ammortamento e rientro ultradecennali spesso superiori ai 20–30 anni, d'altro canto si confrontano con mercati commerciali marittimi contrassegnati da volatilità cronica, ristrutturazioni periodiche delle alleanze tra vettori e repentini spostamenti dei flussi di traffico (Notteboom et al. 2021). In un contesto di accentuata instabilità permanente, la questione centrale della *governance* portuale risiede dunque nella ripartizione del rischio economico e di domanda tra l'ente di gestione pubblico e gli operatori commerciali privati.

Il primo nodo analitico riguarda dal lato dell'offerta l'asimmetria strutturale tra il ciclo di vita dell'opera portuale e l'orizzonte di pianificazione degli utenti della rete perché l'autorità portuale deve pianificare ed erogare capitale per scavare fondali, costruire dighe foranee, consolidare banchine e predisporre accessi intermodali con tempi di cantiere compresi tra i 5 e i 10 anni, vincolandosi a costi fissi e di manutenzione inelastici rispetto alle oscillazioni dei volumi. Altro nodo ma dal lato della domanda riguarda i vettori marittimi e i terminalisti globali che riescono a riorganizzare la propria presenza geografica e le finestre operative su scala mensile o annuale, un'alleanza può decidere di re-indirizzare un servizio di linea verso un porto concorrente o di de-potenziare uno scalo a seguito di variazioni nei noli o negli assetti geopolitici, lasciando l'ente di gestione pubblico esposto al rischio di sotto-utilizzo degli impianti e di trasformazione delle infrastrutture in attività che perdono valore economico ben prima del termine del proprio ciclo di vita utile (UNCTAD, 2020).

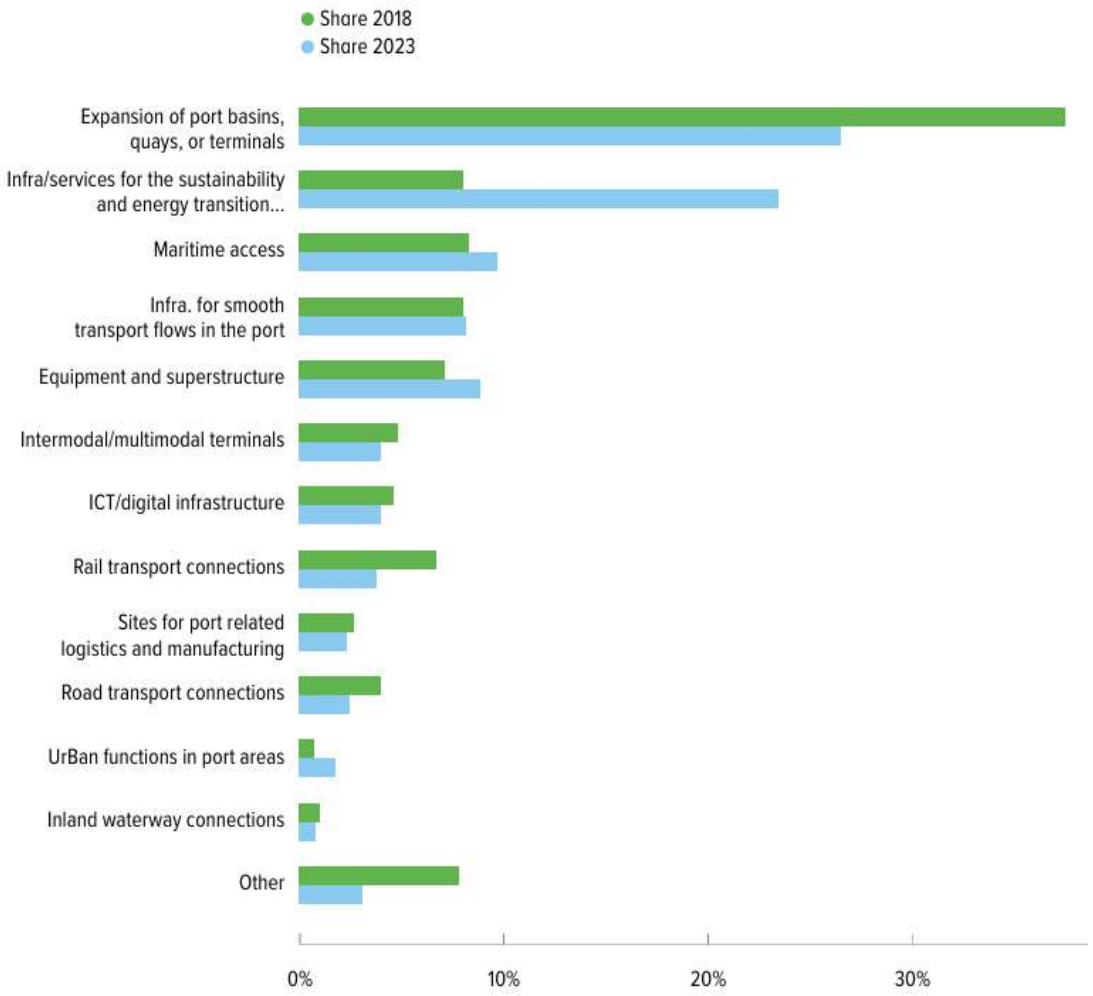
L'evoluzione del modello *landlord port* ha spinto verso schemi avanzati di Partenariato Pubblico-Privato (PPP) e contratti di concessione strutturati per una condivisione multilivello dei rischi (Ferrari et al. 2015). Successivamente alle grandi crisi finanziarie e pandemiche, i principali terminalisti mondiali e i vettori verticalmente integrati hanno abbandonato le strategie di espansione geografica aggressive (Notteboom et al. 2021). Per schermarsi contro la volatilità, la prassi prevede oggi la realizzazione dei grandi

terminal suddivisa in moduli o fasi successive, subordinando l'avvio delle fasi infrastrutturali successive al raggiungimento di precisi livelli saturazione del traffico.

Diversificare il rischio per gli attori del settore può anche significare la creazione di consorzi e *joint ventures* sia tra vettori concorrenti, sia tra terminalisti e autorità portuali (Baird, 2000). Questo assetto garantisce al terminalista un bacino di traffico apportato dalla linea di navigazione partner, riducendo l'esposizione alle fluttuazioni del mercato *spot*.

Un recente studio elaborato dalla *European Sea Ports Organisation* (ESPO) ha fornito una mappatura dei fabbisogni infrastrutturali del sistema portuale europeo per il decennio 2024-2034 su un campione rappresentativo di 467 progetti infrastrutturali, questo studio stima che il volume complessivo degli investimenti programmati dagli enti portuali dell'Unione Europea ammonta alla quota imponibile di 80 miliardi di euro nei prossimi dieci anni pari a circa 7-9 miliardi di euro all'anno (ESPO, 2024).

Graf. 3.5: investimenti pianificati dall'autorità portuale per tipo, confronto 2018-2023



Fonte: European Sea Ports Organisation. (2024). *Port investments study 2024: The investment pipeline and challenges of European ports* (In cooperation with P. de Langen). ESPO.

L'analisi evidenzia una trasformazione potente nella natura stessa del porto, che si evolve da mero snodo di transito merci a polo di produzione, stoccaggio ed erogazione di energia pulita. Gli interventi dedicati alla sostenibilità e alla transizione energetica sono saliti dal rappresentare meno del 10% del totale dei progetti nel 2018 al 25% nel 2023, affermandosi come la seconda voce d'investimento assoluta per le autorità portuali europee e oltre il 70% dei porti europei ha inserito nella propria pianificazione progetti per l'elettrificazione delle banchine volti a consentire alle navi allineate all'ormeggio di spegnere i motori ausiliari riducendo le emissioni inquinanti nei centri urbani limitrofi

(ESPO, 2024). A ciò si affiancano gli investimenti per la realizzazione di reti elettriche dedicate, infrastrutture per il caricamento di idrogeno verde, ammoniaca, metanolo e stazioni di bunkeraggio di GNL presenti in oltre 200 porti a livello globale.

Nonostante la rilevanza strategica di questi interventi per il raggiungimento dei target ambientali comunitari quali riduzione del 55% delle emissioni al 2030 e neutralità climatica al 2050, l'attuazione di investimenti si scontra con severi colli di bottiglia finanziari. Molti degli investimenti legati alla transizione ecologica generano forti benefici ed esternalità positive per la collettività e anche per l'ambiente di cui fanno parte la riduzione dell'inquinamento acustico e atmosferico e decarbonizzazione del trasporto, ma presentano ritorni finanziari diretti negativi, lenti o incerti per l'autorità portuale. Poiché le tariffe di erogazione dell'energia o i canoni concessionari ordinari non riescono a coprire integralmente l'ingente capitale iniziale investito, gli enti portuali pubblici pur essendo per il 93% soggetti finanziariamente autosufficienti si trovano di fronte ad un marcato deficit di finanziabilità (ESPO, 2024).

In questo contesto, la presenza di strumenti di co-finanziamento pubblico e fondo perduto comunitario diventa la condizione indispensabile per abbattere il rischio e sbloccare i cantieri. I dati dell'indagine ESPO mostrano che circa un terzo dei progetti infrastrutturali in fase di esecuzione nell'Unione Europea ha potuto concretizzarsi esclusivamente grazie all'ottenimento di contributi a fondo perduto erogati tramite il programma *Connecting Europe Facility* (CEF), l'*Innovation Fund* e il *Just Transition Fund*.

Così, di fronte ad un mercato marittimo globale caratterizzato da perenne instabilità e da una complessa transizione ecologica, la capacità dei sistemi portuali di attrarre naviglio e rimanere competitivi dipende dall'efficacia dell'ingegneria finanziaria adottata, un modello di governance capace di coniugare la flessibilità operativa dei partenariati pubblico-privati con il fondamentale sostegno finanziario delle istituzioni comunitarie per l'assorbimento dei rischi di lungo periodo (ESPO, 2024).

III.5 Una nuova globalizzazione: la frammentazione logistica per blocchi politici

III.5.1 Near-shoring, friend-shoring e re-shoring: nuove logiche di riconfigurazione delle rotte

L'assetto della contemporanea globalizzazione sta attraversando una fase di profonda ristrutturazione geografica e concettuale. Per oltre tre decenni, la dislocazione internazionale della produzione è stata guidata quasi esclusivamente da logiche di arbitraggio dei costi dei fattori, strategia detta *offshoring*, frammentando le catene del valore per sfruttare i minori costi del lavoro ed ambientali nelle economie emergenti, in particolare sfruttamento dei paesi nell'area asiatica (Pan et al. 2025). Questo modello di iperglobalizzazione ha generato filiere produttive estremamente allungate, particolarmente specializzate e altamente centralizzate, in cui l'efficienza economica veniva perseguita a scapito della ridondanza e della sicurezza di approvvigionamento spingendo l'allungamento delle rotte (Cullinane e Haralambides, 2021).

Il nascere di asimmetrie geopolitiche tra le principali potenze, innescato dalle tensioni commerciali tra Stati Uniti e Cina a partire dal 2018, aggravato dalla pandemia e poi consolidatosi con i recenti conflitti globali, ha creato nuove condizioni per una drastica revisione delle priorità strategiche (Ahn et al., 2023). La riduzione dei rischi geoeconomici e la salvaguardia della sovranità industriale sono diventati priorità nelle agende politiche e nei consigli di amministrazione delle multinazionali, soppiantando il mito del costo minimo per dare spazio nell'adozione di tre distinte strategie di riconfigurazione della catena del valore che prendono il nome di: *re-shoring, near-shoring* e il *friend-shoring* (Pan et al. 2025).

Il *re-shoring* consiste nel rientro strategico delle attività produttive precedentemente delocalizzate all'interno dei confini del paese d'origine dell'impresa, al fine di garantire il controllo diretto sui processi critici, rafforzare la sovranità industriale e beneficiare di incentivi statali alla produzione nazionale. Il *near-shoring* consiste nella riallocazione dei nodi di produzione e assemblaggio in paesi geograficamente prossimi ai mercati di sbocco finali, ad esempio, il Messico per il mercato nordamericano o l'Europa centro-orientale e il Nord Africa per l'Unione Europea, riducendo drasticamente i tempi di resa e la dipendenza dalle rotte marittime transcontinentali. Infine, il *friend-shoring* ovvero la circoscrizione delle reti di fornitura e degli Investimenti Diretti Esteri (FDI)

esclusivamente all'interno di una cerchia di paesi alleati o geopoliticamente allineati, condividendo standard normativi, valori politici e accordi di sicurezza bilaterali o plurilaterali (Ahn et al., 2023). Questa transizione è fortemente sostenuta da interventi di politica industriale e legislazioni protettive promosse dai governi dei paesi avanzati. Esempi emblematici sono rappresentati dal *CHIPS and Science Act* e dall'*Inflation Reduction Act* (IRA) negli Stati Uniti, volti a incentivare la produzione domestica di semiconduttori e tecnologie per la transizione ecologica tramite massicci sussidi e requisiti di contenuto locale, affiancati dal *European Chips Act* nell'Unione Europea, che punta a raddoppiare la quota comunitaria nella produzione globale di microchip entro il 2030 superando i 43 miliardi di euro di investimenti. Sul fronte cinese, direttive governative analoghe mirano a sostituire le tecnologie importate con alternative locali per eliminare la dipendenza da fornitori geopoliticamente ostili (Ahn et al., 2023).

Le analisi econometriche condotte dal Fondo Monetario Internazionale confermano che la frammentazione geoeconomica sta già ridefinendo la geografia degli Investimenti Diretti Esteri (FDI). L'indice di distanza geopolitica (calcolato sulla base della convergenza dei voti espressi presso l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite) è diventato un fattore esplicativo determinante dei flussi di investimento cross-border, superando in rilevanza la stessa distanza geografica pura. Un incremento della distanza geopolitica si associa ad una contrazione media del 17% dei flussi di FDI, con effetti contrattivi ancora più pronunciati quando sono coinvolte economie emergenti e nei settori classificati come strategici dei quali fanno parte semiconconduttori, energia pulita, minerali critici, difesa e telecomunicazioni (Ahn et al., 2023).

Ne consegue un progressivo disaccoppiamento dell'attività produttiva da mercati tradizionali come la Cina a favore di una mappa secondo l'approccio "China Plus One" (UNCTAD, 2020), paesi dell'Asia meridionale e sud-orientale (Vietnam, Indonesia, Tailandia, Malesia e India) stanno assorbendo significative quote di investimenti manifatturieri in uscita dalla Cina, un approccio che consiste nel diversificare la catena di approvvigionamento e la produzione scegliendo almeno un paese oltre la Cina, mentre il Messico ha registrato un incremento eccezionale degli investimenti diretti nel settore manifatturiero destinato al mercato nordamericano, registrando un +26% nel biennio 2023-2024. Parallelamente, la quota dell'Europa centro-orientale nella produzione

industriale europea ha superato l'11%, consolidando il proprio ruolo di ponte logistico tra Asia ed Unione Europea (Pugachov et al. 2024).

Per la logistica marittima globale, questa riorganizzazione si traduce nella perdita di relativa centralità delle rotte tradizionali e nella contestuale proliferazione di reti di trasporto secondarie e regionali. Se da un lato l'accorciamento delle distanze riduce la dipendenza dai lunghi transiti transoceanici, dall'altro la creazione di catene di fornitura multi-origine e frammentate incrementa la complessità gestionale, imponendo un maggior ricorso a servizi di feederaggio e ad un'articolata logistica di retroporto (UNCTAD, 2025).

III.5.2 La regionalizzazione dei traffici: la frammentazione geoeconomica in prospettiva comparata

La riorganizzazione delle catene del valore lungo direttrici geopolitiche trova riscontro empirico nella regionalizzazione dei flussi commerciali marittimi, fenomeno che segna il definitivo passaggio dall'era dell'integrazione multilaterale all'era della o globalizzazione frammentata pronunciata nel settore con il termine di slowbalization (IMF, 2023). I dati UNCTAD e OMC mostrano che, mentre il rapporto tra commercio globale e PIL si è stabilizzato o ha registrato contrazioni rispetto ai picchi del periodo pre-2008, le componenti di commercio intra-regionale ed extra-regionale hanno mostrato una dinamica nettamente più espansiva (WTO, 2023).

I dati empirici confermano che l'incertezza e la rivalità geoeconomica hanno iniziato a incidere sui flussi reali: gli scambi di merci tra blocchi geopoliticamente divergenti sono cresciuti dal 2022 a un ritmo del 4-6% più lento rispetto ai commerci condotti all'interno dello stesso blocco politico (WTO, 2023). Per comprendere le implicazioni economico-generali di questa frammentazione, la letteratura istituzionale e accademica si è avvalsa di complessi modelli di equilibrio economico generale (DSGE e *Global Trade Models*) volti a simulare gli impatti di un'eventuale divisione del pianeta in blocchi commerciali contrapposti (IMF, 2023).

Il modello della *World Trade Organization* valuta le conseguenze di lungo periodo della spaccatura del sistema multilaterale in due blocchi autosufficienti: un blocco Occidentale e un blocco Orientale.

Secondo uno scenario di rivalità totale in cui tutti i paesi sono portati inevitabilmente ad allinearsi rigidamente ad uno dei due blocchi erigendo barriere tariffarie e non-tariffarie, la spaccatura del sistema commerciale comporterebbe una perdita di reddito reale pari a circa il 5% a livello globale. Gli impatti risulterebbero sproporzionati sulle economie in via di sviluppo e sui paesi meno avanzati i quali subirebbero perdite medie di PIL fino al 6,5%. Tale scenario azzererebbe il processo di convergenza economica Nord-Sud osservato negli ultimi decenni, allargando il divario di ricchezza del 3,5% (WTO, 2023).

Al contrario, uno scenario rivalità parziale, ipotizzando che un gruppo di paesi emergenti come India, Indonesia e paesi dell'America Latina, mantengano una posizione di neutralità geopolitica, le perdite complessive di PIL si attenuerebbero (IMF, 2023). I paesi neutrali potrebbero trarre temporanei benefici dalla deviazione dei flussi di traffico, ma tali vantaggi verrebbero ampiamente compensati dal generale indebolimento della domanda esterna e dall'incremento dei costi dei beni intermedi importati (WTO, 2023).

Le simulazioni condotte dal Fondo Monetario Internazionale che concentrano l'attenzione sulle barriere agli investimenti *cross-border* in beni capitali e tecnologie constatano una riduzione del 50% nei flussi di beni d'investimento tra i due principali blocchi economici incentrati su Stati Uniti e Cina che genererebbe una perdita permanente di PIL globale pari a circa il 2,0%. L'analisi sottolinea che l'incertezza politica legata all'allineamento dei paesi neutrali agisce essa stessa come un freno strutturale agli investimenti privati, riducendo l'accumulazione di capitale e rallentando la diffusione della tecnologia e dell'innovazione su scala globale (IMF, 2023).

Un indicatore fondamentale per cogliere l'impatto di questa nuova geografia geoeconomica sui trasporti marittimi è dato dall'andamento dei tonnaggi-miglia calcolato con il prodotto tra il volume di merce trasportata e la distanza percorsa. Nel 2024, le tonnellate-miglia del commercio marittimo mondiale hanno registrato un'impennata eccezionale del +5,9% a fronte di una crescita dei volumi (in tonnellate) del +2,2%, pari a 12.720 milioni di tonnellate (UNCTAD, 2025). Tuttavia, come evidenziato dalle analisi dell'UNCTAD, questa discrepanza e l'aumento delle tonnellate-miglia non costituiscono un segnale di salute o di vigore del commercio internazionale, bensì la metrica dell'inefficienza e della fragilità sistemica delle catene logistiche. L'aumento delle ton-miglia è infatti determinato dall'allungamento forzato delle rotte dovuto ai blocchi

geopolitici e alle deviazioni operative, le navi portacontainer e cisterne costrette a circumnavigare l'Africa attorno al Capo di Buona Speranza per evitare le minacce nel Mar Rosso percorrono tragitti nettamente più lunghi, gonfiando artificialmente il dato delle tonnellate-miglia. E il riorientamento del commercio energetico (petrolio grezzo, GNL, carbone) e minerario a seguito delle sanzioni alla Russia e dei riallineamenti commerciali europei ed asiatici ha allungato le distanze di viaggio per un'ampia gamma di rinfuse liquide e secche (UNCTAD, 2025).

In conclusione, la regionalizzazione dei traffici e la frammentazione per blocchi politici delineano una nuova globalizzazione caratterizzata da rotte più lunghe, costi di trasporto strutturalmente più elevati e maggiore intensità energetica ed emissiva per unità di merce trasportata (WTO 2023). In questa nuova normalità, la competitività economica delle nazioni e dei sistemi portuali non dipenderà dalla capacità di ripristinare i vecchi schemi di integrazione lineare, ma dall'attitudine strategica a navigare all'interno di una rete geoeconomica intrinsecamente multipolare, complessa e frammentata (UNCTAD, 2025).

IV Corridoi alternativi e sostituzione modale

IV.1 La logica economica della ricerca di alternative

Il trasporto marittimo è tradizionalmente riconosciuto come la modalità più efficiente in termini di costi unitari e capacità di carico ma l'architettura delle catene di approvvigionamento globali, sviluppatasi negli ultimi tre decenni secondo i principi del *JIT* e della spinta alla minimizzazione dei costi d'impresa, ha evidenziato una crescente fragilità di fronte agli shock sistemici (Pomfret, 2023). L'estrema concentrazione geografica dei flussi commerciali lungo le poche arterie principali e attorno a specifici nodi di transito obbligati trasforma qualsiasi interruzione locale derivante da eventi climatici estremi, incidenti tecnici o tensioni geopolitiche in una crisi logistica ad ampio raggio di propagazione (Li et al. 2025).

Dal punto di vista dell'analisi economica e logistica, la vulnerabilità delle rotte tradizionali non si riflette soltanto nei costi di trasporto diretti ma si traduce in una marcata instabilità e varianza dei tempi di transito (Zhang e Schramm, 2020). Negli assetti industriali ad alta integrazione, le incertezze sui tempi di consegna generano costi indiretti importanti, legati alla svalutazione temporale delle merci, all'accumulo forzato di scorte di sicurezza nei magazzini, all'effetto frusta lungo i diversi livelli della filiera e al rischio di paralisi della produzione (Pomfreti, 2023).

In questo contesto, la logica economica che guida la ricerca e lo sviluppo di corridoi di trasporto alternativi va compresa attraverso il concetto di resilienza della catena di approvvigionamento (Li et al. 2025), questo concetto è definito come la capacità del sistema di assorbire l'impatto di un'interruzione imprevista, mantenere le funzioni operative essenziali e ripristinare il livello di servizio desiderato entro tempi e costi accettabili. Di conseguenza, la disponibilità di itinerari e opzioni di trasporto differenziati non risponde alla sola ricerca di un'alternativa più economica al trasporto marittimo ordinario, ma costituisce una vera e propria strategia di copertura dal rischio da parte dei diversi attori interessati (Uygun e Ahsan, 2023).

Investire nella diversificazione dei corridoi significa accettare un eventuale *trade-off* tra l'efficienza di breve periodo e la flessibilità di lungo periodo (Wiegmans e Janic, 2019) perché l'esistenza di vie di trasporto alternative capaci di offrire una combinazione

differente di velocità, costo, affidabilità e sostenibilità ambientale consente agli attori economici di bilanciare le proprie decisioni di instradamento del carico in funzione del valore della merce e del livello di rischio del mercato. La diversificazione agisce come una polizza assicurativa per il sistema economico, riduce il costo globale dell'interruzione e garantisce la continuità dei flussi commerciali anche in presenza di shock imprevedibili (Li et al. 2025).

IV.1.1 Le alternative strettamente marittime: la circumnavigazione dell'Africa e la scorciatoia artica (NSR)

Di fronte all'inaccessibilità o all'insicurezza del Canale di Suez, le compagnie di navigazione e i caricatori internazionali possono valutare due alternative di percorso che mantengono l'impiego del modulo marittimo, prima ancora di ricorrere al trasferimento modale verso la ferrovia o l'aereo: la circumnavigazione dell'Africa via Capo di Buona Speranza e la scorciatoia artica lungo la Rotta Marittima Settentrionale (*Northern Sea Route*, NSR).

La rotta marittima tradizionale che collega i porti della Cina centrale ed orientale come Shanghai e Ningbo con l'Europa nord-occidentale e porti quali Rotterdam, Amburgo e Felixstowe, come già analizzato nel cap. 2, costituisce il termine di paragone rispetto a cui va misurato il costo aggiuntivo della circumnavigazione africana: quest'ultima, evitando il Canale di Suez, comporta infatti significativi aumenti nelle miglia percorse, nei tempi di transito e nei consumi di carburante. Dal punto di vista economico, il *rerouting* africano presenta vantaggi e svantaggi: come punti di forza offre una capacità fisica illimitata, svincolata da vincoli di pescaggio o di ampiezza dei canali, ed elimina i costi di pedaggio del Canale di Suez (Tilemissova et al., 2023). Mentre i punti di debolezza si districano in svantaggi operativi ed ambientali poiché comporta un consumo aggiuntivo di carburante marittimo estremamente elevato - infatti il costo del combustibile rappresenta tra il 30% e il 50% dei costi operativi complessivi di una nave, quota che sale fino al 50-60% durante i picchi di prezzo dei bunker - inoltre l'allungamento chilometrico incide pesantemente sulla struttura dei costi di viaggio (Moshiul et al. 2023). Inoltre, le emissioni di CO_2 crescono in modo proporzionale, a meno che le navi non ricorrano a pratiche di *slow steaming* riducendo la velocità commerciale a 12/15 nodi, questa strategia tuttavia dilata ulteriormente i tempi di

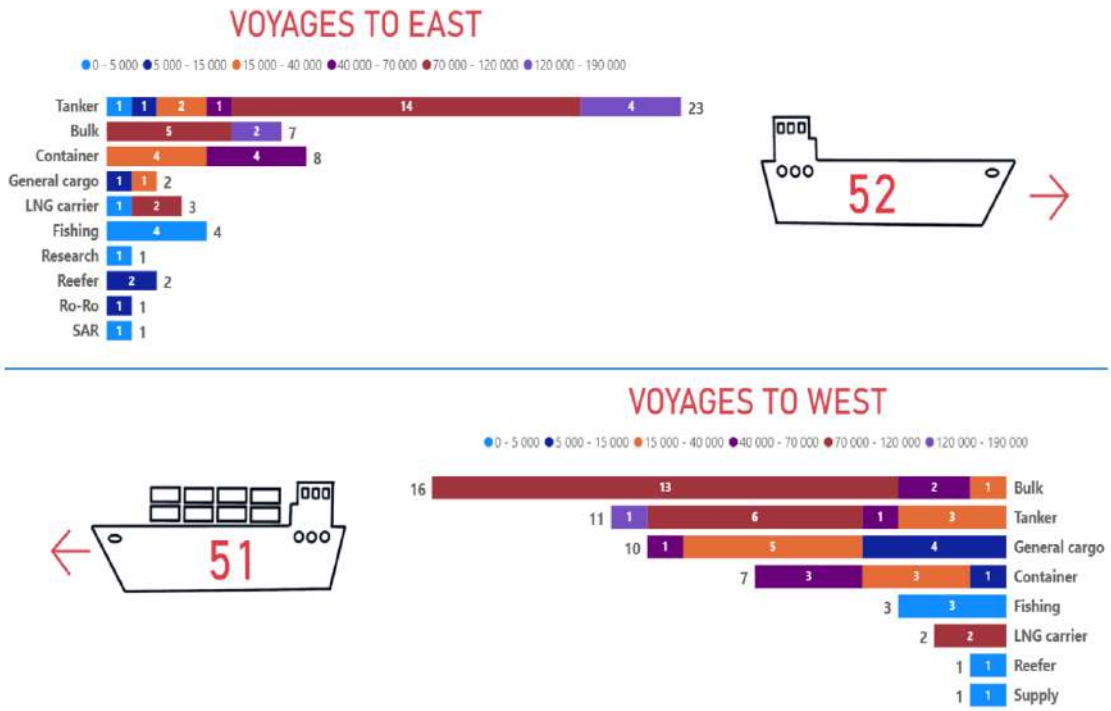
consegna delle merci e aumenta i costi finanziari del capitale immobilizzato in transito (Wiegmans e Janic, 2019).

Nuovo invece è il tema della rotta marittima settentrionale che corre lungo le coste artiche della Russia, collegando lo Stretto di Bering ad est con lo Stretto di Kara ad ovest (Centre for High North Logistics, 2026). Dal punto di vista geografico, la NSR rappresenta una scorciatoia naturale che riduce la distanza marittima tra il Nord-Est asiatico che comprende Cina, Corea del Sud, Giappone e i porti dell'Europa settentrionale di circa il 30-40% rispetto alla rotta di Suez.

I dati di navigazione reale registrati dal *Centre for High North Logistics* (CHNL) relativi alla stagione estiva ed autunnale del 2025 forniscono una quantificazione precisa dell'infrastruttura artica, a caratterizzare questa rotta vi è una finestra temporale di navigazione ristretta, infatti, la stagione del 2025 ha avuto una durata di circa 4,5 mesi che va dal 30 giugno al 17 novembre 2025, con un periodo di acque completamente libere da ghiacci ristretto a sole due settimane comprese tra fine settembre e inizio ottobre, caratteristica molto importante e determinante.

Andando ad analizzare volumi e viaggi di transito invece si riscontrano come completati 103 viaggi di transito, effettuati da 88 navi uniche, 52 dirette verso est e 51 verso ovest, per un volume totale di merci transitate pari a 3,2 milioni di tonnellate e un *deadweight* complessivo di 6,23 milioni di tonnellate registrando un +6,2% nei viaggi rispetto al 2024. Riguardo la composizione di merci invece, la rotta artica è dominata dal trasporto di rinfuse energetiche e minerarie. Nel 2025, le petroliere hanno effettuato 34 transiti, trasportando circa 1,83/1,9 milioni di tonnellate di greggio principalmente dai porti del baltico e da Murmansk verso la Cina. Le porta rinfuse secche hanno registrato 23 viaggi di cui 7 cariche di carbone/minerale verso est e 16 verso ovest in zavorra per riposizionamento. Le navi portacontainer hanno totalizzato 15 viaggi di transito spostando circa 400.000 tonnellate di merci containerizzate, mentre le metaniere LNG hanno effettuato 5 transiti completi (Centre for High North Logistics, 2026).

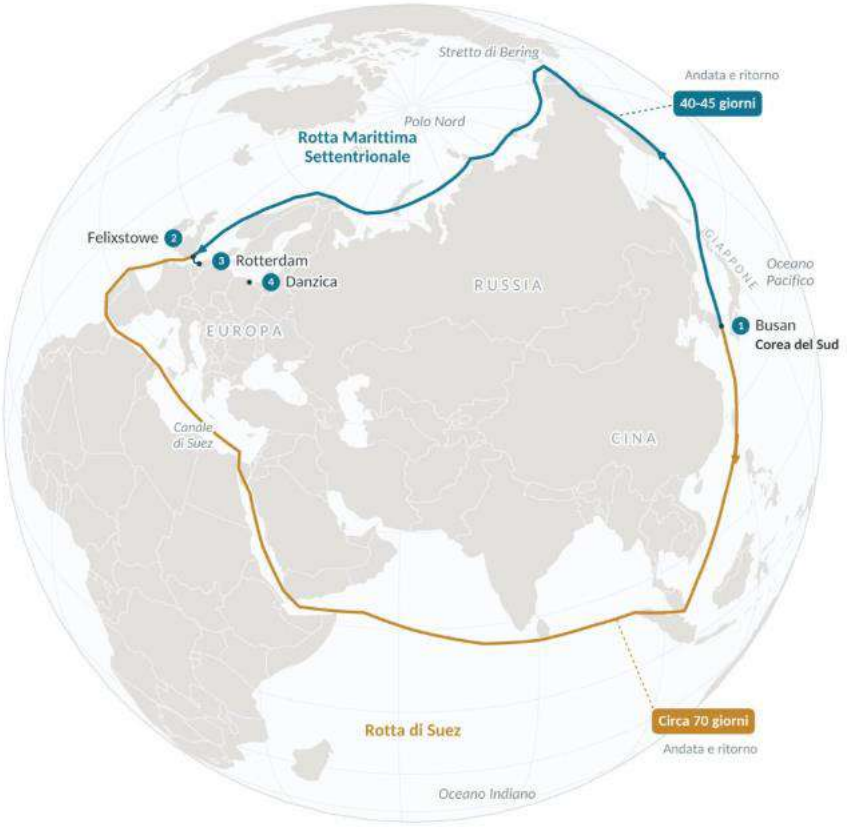
Graf. 4.1: Numero di transiti per tipologia di nave nelle due direzioni sulla rotta NSR



Fonte: Centre for High North Logistics (2025). *Main results of NSR transit navigation in 2025*. CHNL Information Office.

A conferma delle potenzialità commerciali del corridoio artico per il trasporto container internazionale, nell'agosto 2025 la compagnia sudcoreana PanStar ha avviato un viaggio pilota di transito con la portacontainer *Panstar Acro* di circa 2.758 TEU e 212 metri di lunghezza, dotata di certificazione polare. Partita dal porto di Busan il 22 agosto con destinazione i porti nordeuropei di Felixstowe e Rotterdam, la nave ha attraversato il tratto artico della NSR come mero corridoio di transito senza effettuare scali commerciali in Russia. L'operazione ha assunto una rilevanza strategica e ha evidenziato un risparmio di circa 10/15 giorni rispetto alla rotta tradizionale via Suez e ha costituito un inedito test geopolitico sull'uso neutrale delle acque artiche russe da parte di vettori di paesi allineati al blocco occidentale (Centre for High North Logistics, 2026).

Fig. 4.1: Confronto tra rotta artica e rotta tradizionale passante per Suez



Fonte: Osservatorio Artico (2024). *La Corea del Sud e la Northern Sea Route: una rotta strategica tra ambizioni commerciali e sfide geopolitiche*

Analogamente, le dinamiche logistiche del progetto Yamal LNG, il principale polo estrattivo e di liquefazione di gas nell'Artico russo nella penisola di Jamal, evidenziano il vantaggio competitivo del corridoio polare. Per le metaniere rompighiaccio che caricano al terminal di Sabetta con destinazione i mercati asiatici, la rotta artica diretta a Est attraverso la NSR richiede circa 40 giorni per una rotazione completa di andata e ritorno, al contrario, la tradizionale rotta meridionale verso Ovest, che impone la circumnavigazione dell'Europa e il transito per il Canale di Suez, richiede circa 90 giorni, più del doppio del tempo di percorrenza (Centre for High North Logistics, 2026).

Nonostante i marcati vantaggi in termini di chilometraggio e tempi di percorrenza, la Rotta Artica presenta severi limiti che ne impediscono la piena sostituzione delle rotte marittime tradizionali a causa dell'elevata stagionalità ed incertezza climatica, la navigazione commerciale senza supporto rompighiaccio resta limitata a meno di cinque

mesi all'anno, con condizioni dei ghiacci particolarmente severe ed imprevedibili nel Mare di Siberia Orientale. In secondo luogo, emergono vincoli tecnici e giurisdizionali: il transito impone infatti l'impiego di naviglio con scafo rinforzato per i ghiacci (*Arc ice-class*) o la scorta obbligatoria dei rompighiaccio nucleari della flotta statale russa (*Rosatom*), fattore che genera onerose tariffe di assistenza e rilevanti costi operativi addizionali. Per ultimi i fattori geopolitici perché il controllo giurisdizionale della Russia sull'infrastruttura e le relative sanzioni internazionali limitano l'integrazione della NSR all'interno dei servizi di linea regolari delle principali alleanze marittime mondiali (Centre for High North Logistics, 2026).

Quindi se da una parte la circumnavigazione dell'Africa rappresenta una soluzione marittima d'emergenza ad alta capacità ma ad elevati costi operativi e ambientali, dall'altra la rotta Artica costituisce un'opzione stagionale ad altissima efficienza temporale per specifici flussi - energetiche e rinfuse - ma non è in grado di assorbire in modo continuo e regolare i volumi del commercio containerizzato Asia-Europa.

IV.2 Il corridoio ferroviario euroasiatico come servizio complementare alla via marittima

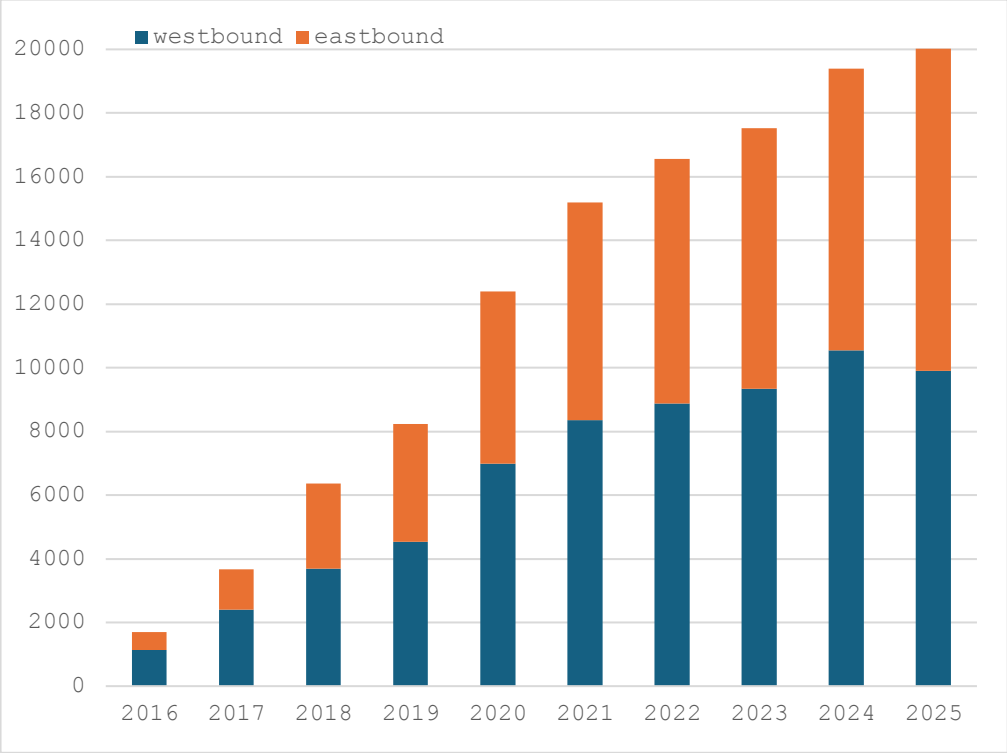
IV.2.1 Il trasporto ferroviario transcontinentale Cina-Europa

L'emergere del corridoio ferroviario trans-euroasiatico rappresenta una delle trasformazioni strutturali più rilevanti nella geografia della logistica globale del XXI secolo. Storicamente, il commercio tra l'Asia orientale e l'Europa è stato gestito per quasi il 98% via mare, con l'aereo confinato a una quota marginale, circa 1,5–2% per merci ad altissimo valore e la ferrovia limitata a meno dell'1,5% dei volumi complessivi (Beifert et al. 2020). Tuttavia, a partire dal periodo 2008-2011, la necessità delle multinazionali dell'*automotive* come BMW e Volkswagen e dell'elettronica come Foxconn, HP, Acer e Intel, di connettere le proprie catene regionali del valore situate nelle province interne della Cina centro-occidentale, tra le più importanti Chengdu e Chongqing con i mercati e gli stabilimenti dell'Europa centrale ha dato impulso alla creazione di servizi ferroviari regolari a lunga percorrenza (Pomfret, 2023).

La formalizzazione di questo network ha trovato la chiave strategica nel lancio del servizio *China Railway Express* (*CR Express*) nel marzo 2011 (Zhang e Schramm, 2020)

e nel successivo lancio della *Belt and Road Initiative* (BRI) nel 2013 da parte del governo cinese. Nel volgere di un decennio, il numero di convogli in servizio sulle direttrici transcontinentali ha registrato un'espansione esponenziale, si è passati tra il 2011 e il 2016 da poche dozzine di treni sperimentali all'anno alla stabilizzazione di connessioni giornaliere sulla linea pioniera Chongqing–Duisburg (Pomfret, 2023). Entro la fine del 2018, la rete del CR Express contava 65 linee dedicate che collegavano 56 città cinesi con 49 città situate in 15 Paesi europei (Zhang e Schramm, 2020) e nello stesso anno i transiti sono saliti a circa 6.363 treni ovvero circa 17/18 treni al giorno in entrambe le direzioni, per raggiungere nel 2019 quota 8.225 treni blocco e 725.000 TEU trasportati (Pomfret, 2023). Nonostante la crisi pandemica, tra il 2020 e il 2021 la domanda di trasporto ferroviario è ulteriormente aumentata a causa della congestione e dell'esplosione dei noli marittimi: i volumi gestiti dal consorzio trilaterale UTLC ERA (*United Transport and Logistics Company, Eurasian Rail Alliance)*, partecipato dalle ferrovie di Russia, Kazakistan e Bielorussia attraverso il corridoio kazako sono saliti da 333.000 TEU nel 2019 a 546.000 TEU nel 2020, fino a sfiorare i 700.000 TEU nel 2021 (Mohseni et al. 2025).

Graf. 4.2: Convogli annuali del servizio CR *express*.



Fonte: rielaborazione sulla base di CR Express (s.d.). *Portale ufficiale del China Railway Express (中欧班列门户网站)*. China State Railway Group Co., Ltd. (China Railway) / CRCT

Il trasporto ferroviario euroasiatico viene inteso come una modalità intermedia ottimale inserita tra il trasporto marittimo e quello aereo perché andando a comparare, rispetto all'aereo, la ferrovia offre un costo di nolo inferiore di circa l'80% ad esempio un costo medio di circa $4.500–$6.500 per FEU ferroviario contro oltre $25.000–$35.000 all'equivalente aereo (Zhang e Schramm, 2020). Invece rispetto al mare la ferrovia dimezza o riduce di due terzi i tempi di percorrenza porta a porta infatti sono 12/16 giorni di transito ferroviario rispetto ai 30/35 giorni della via marittima di Suez o ai 40/45 giorni del Capo di Buona Speranza (Zhang e Schramm, 2020).

L'analisi quantitativa della scelta modale dal punto di vista del caricatore evidenzia che il trasporto ferroviario diventa la soluzione economicamente più redditizia in termini di costo logistico totale, che include i costi di immobilizzo del capitale in transito e di svalutazione della merce nei seguenti intervalli di valore. Per merci ad alta sensibilità temporale, la ferrovia è preferibile al mare per valori di carico compresi tra $1,23/kg e $10,89/kg; per merci a bassa sensibilità temporale, la ferrovia diventa competitiva rispetto al mare e all'aereo per prodotti con un valore compreso tra $2,46/kg e $21,78/kg o merci con valore superiore a €85.000 per TEU (Zhang e Schramm, 2020).

La crescita iniziale del *network* CR Express è stata fortemente sostenuta da sussidi pubblici erogati dai governi provinciali e municipali cinesi, in particolare spinti dalle città interne come Chongqing, Chengdu, Wuhan e Xi'an, con contributi variabili da $1.000 fino a $7.000 per FEU (Zhang e Schramm, 2020). Tali sussidi miravano a colmare il divario di tariffa rispetto al trasporto via mare e ad attrarre gli investimenti industriali nell'ovest della Cina. Tuttavia, l'intervento pubblico ha generato distorsioni sul mercato, spingendo la commissione nazionale per lo sviluppo e le riforme (NDRC) ad avviare un piano di progressiva riduzione e azzeramento dei sussidi a partire dal periodo 2020-2022, per orientare il servizio verso la piena sostenibilità commerciale ed operativa (Zhang e Schramm, 2020). Questa progressiva esposizione del servizio alle reali condizioni di mercato spiega, insieme alla successiva normalizzazione dei noli marittimi, la flessione

dei volumi osservata nel biennio più recente: il calo da 380.600 TEU nel 2024 a 311.200 TEU nel 2025 (ERAI, 2026) riflette dunque non solo la minore convenienza relativa della ferrovia quando il differenziale tariffario con il mare si comprime, ma anche l'esaurimento del sostegno pubblico che ne aveva sostenuto artificialmente la competitività nella fase di lancio.

Un'ulteriore criticità strutturale del corridoio è rappresentata dal forte squilibrio dei flussi di traffico Est-Ovest. Sebbene il conteggio aggregato delle tracce ferroviarie mostri una ripartizione apparentemente più bilanciata (con i convogli *westbound* attestati attorno al 55-56% del totale nel biennio 2020-2021, l'analisi dei volumi fisici effettivi in TEU carichi rivela una marcata asimmetria: i carichi netti diretti verso l'Europa hanno a lungo sfiorato una quota prossima al 70% dei volumi movimentati, a fronte di appena un 30% registrato in direzione opposta (Mohseni et al. 2025). Questo disavanzo genera rilevanti inefficienze economiche dovute ai costi di riposizionamento a vuoto dei container verso gli hub cinesi, pur risultando parzialmente attenuato dalle esportazioni europee ad alto valore aggiunto, quali componentistica meccanica di precisione, automotive, chimica, legname e prodotti agroalimentari. A livello di volumi effettivi, il segmento di transito diretto Cina–Europa–Cina movimenta volumi nell'ordine di diverse centinaia di migliaia di TEU annui scesi a 311.200 TEU nel 2025 a seguito della normalizzazione dei noli marittimi, contro i 380.600 TEU registrati nel 2024 durante le tensioni nel Mar Rosso, confermando come la sostenibilità operativa del vettore ferroviario resti strettamente condizionata dalla composizione merceologica del carico e dal differenziale tariffario rispetto al trasporto marittimo (ERAI, 2026).

IV.2.2 Vantaggi temporali e criticità geopolitiche e infrastrutturali del corridoio

Nonostante i notevoli vantaggi in termini di velocità e flessibilità logistica, l'operatività del corridoio ferroviario transcontinentale deve affrontare rilevanti vincoli tecnici, colli di bottiglia infrastrutturali e severi rischi geopolitici. Questo corridoio infatti attraversa tre differenti sistemi ferroviari e giuridici, generando complesse discontinuità operative come la rottura di carico dovuto al diverso scartamento utilizzato dalle reti ferroviarie cinesi ed europee; queste ultime adottano lo scartamento ordinario UIC da 1.435 mm, ma i Paesi dello spazio ex-sovietico quali Kazakistan, Russia e Bielorussia interessate nella rotta utilizzano lo scartamento largo da 1.520 mm (Wiegmans e Janic,

2019), di conseguenza, ogni treno blocco che percorre la rotta trans-euroasiatica deve effettuare due operazioni obbligatorie di trasbordo dei container e delle casse mobili, la prima al confine cino-kazako o cino-mongolo e la seconda al confine bielorusso-polacco (Mohseni et al. 2025), tali operazioni comportano soste tecniche variabili da 2 a oltre 21 ore per convoglio (Zhang e Schramm, 2020). Altra criticità riguarda la disparità nella lunghezza e nel peso dei treni, lungo le tratte a scartamento di 1520 mm, gli standard infrastrutturali consentono la circolazione di treni blocco lunghi tra 1.050 e 1.300 metri in grado di trasportare fino a 150 TEU (Wiegmans e Janic, 2019), al contrario, nella rete dell'Unione Europea regolata dalle norme TEN-T e dai limiti operativi di PKP Cargo in Polonia, la lunghezza massima consentita per i treni merci è limitata a 600–750 metri quindi massimo 43 vagoni e 86 TEU (Wiegmans e Janic, 2019). Questa discrepanza impone che i convogli provenienti da est debbano essere frazionati in due treni distinti al terminal di Małaszewicze in Polonia, raddoppiando il numero di slot necessari e generando colli di bottiglia e costi operativi aggiuntivi. Infine, si denota una problematica circa i sistemi di segnalamento ed elettrificazione poiché il percorso si snoda tra linee elettrificate a 25 kV in Cina, Russia e Bielorussia e 3 kV in Polonia e parte dell'Europa occidentale, con ampi tratti non elettrificati in Kazakistan (di circa 850 km) e in Cina di 2.000 km che richiedono il cambio di locomotiva e l'impiego di motrici diesel o ibride (Wiegmans e Janic, 2019).

Il valico di confine tra Brest in Bielorussia e Małaszewicze in Polonia costituisce la principale porta d'accesso ferroviaria nell'Unione Europea, arrivando a gestire storicamente fino al 95% di tutti i container del CR Express diretti in Europa (Mohseni et al. 2025). L'inadeguatezza della capacità di piazzale, unitamente alla lentezza dei controlli doganali e al frazionamento dei convogli, ha provocato periodici e gravi fenomeni di congestione, con tempi di attesa al confine saliti durante i picchi del 2021 a oltre 10-15 giorni (Zhang e Schramm, 2020).

Per aggirare la strozzatura di Małaszewicze, gli operatori logistici hanno così sviluppato rotte bivalenti e bypass alternativi come la rotta di Kaliningrad, deviando i treni verso l'exclave russa di Kaliningrad nel porto di Baltiysk, i container vengono imbarcati su navi *short-sea* per raggiungere direttamente i porti della Germania settentrionale o della Scandinavia, evitando il passaggio terrestre polacco oppure optando

per valichi secondari sempre tra Bielorussia e Polonia e verso la Lituania (Mohseni et al. 2025).

La vera vulnerabilità del *Northern Corridor* via Russia e Bielorussia si è palesata però nel febbraio 2022 con l'invasione russa dell'Ucraina e la successiva applicazione delle sanzioni economiche occidentali nei confronti della compagnia statale *Russian Railways* (Zhang e Schramm, 2020), da qui l'impatto geopolitico sulla struttura del corridoio è stato immediato, con il ritiro dei caricatori occidentali, molte multinazionali europee ed americane hanno sospeso le spedizioni via ferrovia attraverso la Russia a causa delle clausole assicurative per "atti di guerra", dei rischi reputazionali e della complessità dei pagamenti transfrontalieri, questo ha determinato una contrazione dei volumi di transito *Westbound* diretti nell'UE stimata tra il 30% e il 35% nel corso del 2022, legato a questo vi è anche la distruzione delle direttrici ucraine perché il ramo meridionale della ferrovia che attraversava l'Ucraina verso la Polonia e l'Ungheria è stato interrotto a causa delle distruzioni belliche delle infrastrutture ferroviarie (Zhang e Schramm, 2020).

La crisi della rotta russa ha spinto i caricatori verso il *Trans-Caspian International Transport Route*, chiamato come *Middle corridor*, che attraversa la Cina, il Kazakistan, il Mar Caspio, l'Azerbaigian, la Georgia e la Turchia fino al Mar Nero o alla rete europea. La grande criticità del Middle Corridor riguarda la rigidità multimodale mare-ferro-mare, la scarsa capacità della flotta traghetto sul Mar Caspio limitata nel 2022 a sole poche navi in grado di movimentare circa 1450 container a settimana, i doppi trasbordi portuali ad Aktau e Baku e le congestioni al porto di Costanza in Romania o sulla rete turca hanno reso il corridoio incapace di assorbire più del 5% del traffico merci precedentemente gestito dalla rotta del nord passante per la Russia (Zhang e Schramm, 2020). Quindi, mentre il corridoio ferroviario euroasiatico ha ampiamente dimostrato la propria validità economica nel connettere le filiere ad alto valore aggiunto tra Cina ed Europa, la sua piena operatività resta fortemente condizionata dalla frammentazione tecnica dei confini e dalla dipendenza da contesti geopolitici instabili.

IV.3 Il corridoio IMEC come progetto strategico alternativo

IV.3.1 Analisi geopolitica e infrastrutturale del progetto IMEC

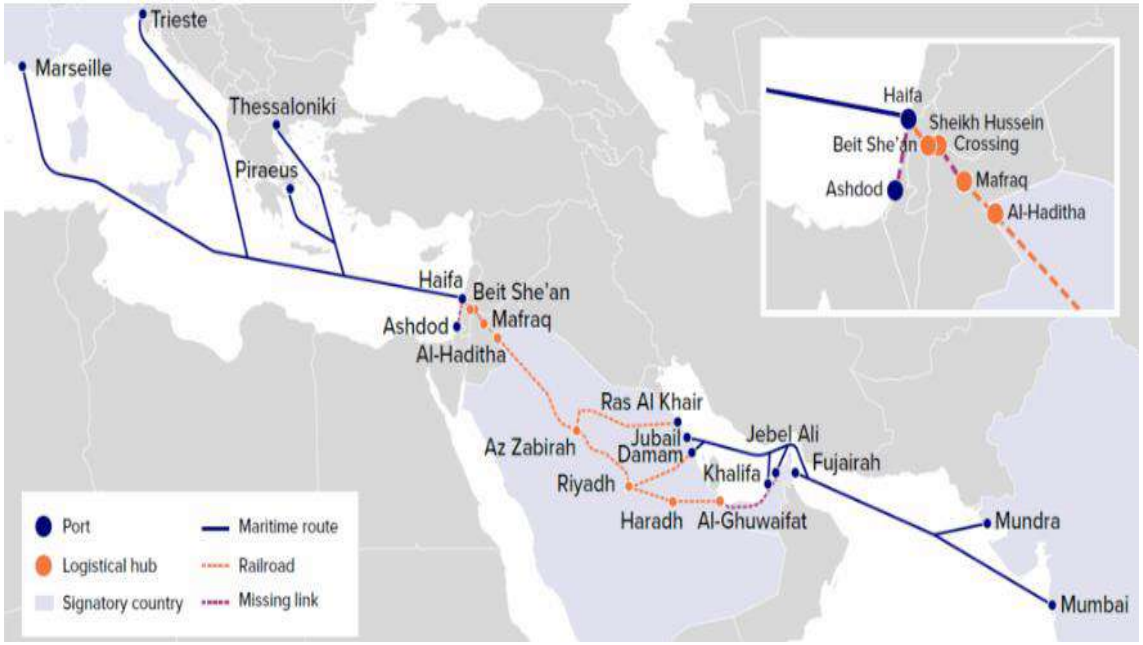
Il corridoio economico India-Medio Oriente-Europa (*India–Middle East–Europe Economic Corridor*, IMEC) costituisce una delle iniziative di connettività intercontinentale più ambiziose definite nel panorama geoeconomico recente (Qin, 2025). Formalizzato il 9 settembre 2023 attraverso la firma di un protocollo d'intesa, *Memorandum of Understanding* (MoU) a margine del Vertice G20 di Nuova Delhi da parte dei leader di India, Stati Uniti, Unione Europea, Arabia Saudita, Emirati Arabi Uniti, Francia, Germania e Italia, l'IMEC si configura come una rete infrastrutturale complessa destinata a integrare l'Asia meridionale, il Golfo Persico e il bacino del Mediterraneo (Qin, 2025).

Il tracciato dell'IMEC si sviluppa su una lunghezza complessiva di circa 6.400 chilometri e si articola in due segmenti principali, ovvero il corridoio orientale che rappresenta la sezione marittima che connette i grandi porti della costa occidentale dell'India, in particolare Mundra e Kandla in Gujarat, unitamente al Jawaharlal Nehru Port Trust con i nodi portuali del Golfo Persico situati negli Emirati Arabi Uniti e in Arabia Saudita. Il secondo ramo costituisce la spina dorsale terrestre ed euro-mediterranea che attraversa via ferrovia la Penisola Arabica dall'Emirato di Fujairah passando per l'Arabia Saudita e il Regno di Giordania, fino a raggiungere il porto israeliano di Haifa sul Mar Mediterraneo. Da Haifa, la rotta ridiventa marittima verso i porti d'accesso dell'Europa meridionale e continentale, tra cui il Pireo, Trieste, Genova e Marseille-Fos (Gauba & Singh, 2024).

A differenza di un semplice corridoio di transito merci, l'IMEC è stato progettato come un'infrastruttura composita basata su tre pilastri integrati: trasportistico, energetico e digitale. Trasportistico perché una rete multimodale nave-ferrovia-nave concepita per completare e decongestionare le rotte marittime tradizionali. Energetico perché vi è l'affiancamento alle tratte ferroviarie di una rete transcontinentale di condotte per il trasporto di idrogeno verde, gasdotti e cavi elettrici ad alta tensione per la condivisione delle sovrapproduzioni di energia rinnovabile tra il Golfo e l'Europa. Infine digitale con la posa di cavi sottomarini e terrestri in fibra ottica ad alta capacità, volti a ridurre la

latenza nel traffico dati transfrontaliero e ad assicurare la sovranità digitale delle filiere (Rahman e Mehnaz, 2024).

Fig. 4.2: Tracciato infrastrutturale del Corridoio IMEC



Fonte: Shafer, N., & Hussain, A. *The India-Middle East-Europe Economic Corridor: Connectivity in an era of geopolitical uncertainty*. Atlantic Council.

Dal punto di vista geografico, politico ed economico, la nascita dell'IMEC risponde a precise convergenze strategiche tra i paesi firmatari; per il versante occidentale quindi per Stati Uniti e Unione Europea, l'IMEC rientra nel quadro del programma *Partnership for Global Infrastructure and Investment* (PGII) promossa dal G7 che ha previsto una mobilitazione finanziaria di 600 miliardi di dollari entro il 2027 e dell'iniziativa europea *Global Gateway* (Samojedny, 2025) rappresenta una risposta strategica multilaterale e trasparente alla *Belt and Road Initiative* (BRI) cinese, con l'obiettivo di ridurre la dipendenza economica da Pechino attraverso la diversificazione e di ancorare saldamente l'India alle catene del valore occidentali in visione della sua forte espansione demografica ed economica (Qin, 2025). Per l'India invece, il corridoio concretizza la politica strategica del *"Look West"* e *"Act West"*, posizionando Nuova Delhi come hub manifatturiero e commerciale globale in grado di accedere ai mercati europei aggirando il Pakistan e le strozzature cinesi nel Sud-Est asiatico (Kasiraman e Humayun, 2026). Per le monarchie del Golfo quali Arabia Saudita ed EAU, il progetto si adatta alle strategie nazionali di

diversificazione economica, trasformando il Medio Oriente da mera regione di estrazione petrolifera a snodo logistico e finanziario mondiale.

Sotto il profilo politico, l'IMEC nacque sull'impulso degli *Accordi di Abramo* del 2020 e del formato I2U2 (India, Israele, EAU, USA), presupponendo la progressiva normalizzazione diplomatica ed economica tra l'Arabia Saudita e Israele attraverso l'integrazione infrastrutturale (Qin, 2025).

IV.3.2 L'integrazione multimodale mare-ferrovia-mare e i nodi critici di interscambio

Il modello operativo dell'IMEC si fonda sulla multimodalità spinta che sostituisce la navigazione marittima continua attraverso lo Stretto di Bab el-Mandeb, il Mar Rosso e il Canale di Suez con una catena combinata: prima tratta marittima (India-Golfo), tratta ferroviaria (Golfo-Giordania-Israele) e una nuova tratta marittima (Mediterraneo-Europa) (Kasiraman e Humayun, 2026).

Le simulazioni economico-logistiche attribuiscono alla catena multimodale dell'IMEC rendimenti come la riduzione dei tempi di transito; infatti, le merci tra i porti della costa occidentale dell'India (Mumbai o Mundra) e i porti dell'Europa meridionale (Pireo o Trieste) scendono da 25–35 giorni via Suez a circa 12–15 giorni, con un risparmio temporale stimato attorno al 40% (Kasiraman e Humayun, 2026). A questi si aggiungono una riduzione dei costi logistici e guadagni commerciali perché il corridoio promette un risparmio medio del 30% sui costi di trasporto per container pari a circa $1.800/TEU, generando un risparmio annuale complessivo sul commercio Asia-Europa valutato in 5,4 miliardi di dollari (Kasiraman e Humayun, 2026). Il corridoio impatta anche sull'export indiano: le stime disponibili indicano un incremento delle esportazioni verso l'Europa e il Medio Oriente compreso tra il 5% e l'8%, stimato in un valore aggiuntivo di circa 21,85 miliardi di dollari all'anno. In termini di capacità la tratta ferroviaria trans-arabica è progettata per gestire una capacità iniziale di transito compresa tra 1,5 e 3 milioni di TEU all'anno con possibilità di espansione a 4,9 milioni di TEU mediante l'automazione dei terminal (Rathod, 2026).

La funzionalità dell'intera catena dipende dalla fluidità operativa di specifici nodi marittimi e terrestri. I porti di Mundra, Kandla e JNPT assicurano il caricamento iniziale dei container e la connessione con le reti interne indiane (Kasiraman e Humayun, 2026). I porti emiratini di Jebel Ali e Fujairah e quelli sauditi di Dammam e Ras Al Khair fungono da punti di rottura di carico mare-ferro, dove i container vengono trasferiti sulle linee ferroviarie elettrificate della rete GCC (*Gulf Cooperation Council Railway*) (Gauba e Singh, 2024). Piattaforme logistiche interne come Haradh e Al-Haditha in Arabia Saudita e Mafraq in Giordania operano come nodi di aggregazione e sdoganamento rapido (Rathod, 2026). Il porto israeliano di Haifa rappresenta il perno fondamentale di giunzione tra la ferrovia trans-arabica e il bacino del Mediterraneo (Kasiraman e Humayun, 2026), in questo nodo si osserva una dinamica di diretta competizione geoeconomica, mentre il vecchio Porto di Haifa è stato acquisito nel 2023 dal gruppo indiano Adani Group in cordata con la società israeliana Gadot proprio per servire da terminal occidentale dell'IMEC, il nuovo terminal adiacente, *Haifa Bayport*, è gestito dal gruppo statale cinese Shanghai International Port Group (SIPG) sulla base di una concessione venticinquennale avviata nel 2021 (Gauba e Singh, 2024). Si giunge poi nel Mediterraneo, dove oltre ai porti del Pireo in cui il gruppo cinese COSCO detiene il 51% delle quote e Marseille-Fos, l'IMEC trova sbocchi strategici nei porti dell'Alto Adriatico come Trieste, Capodistria e Fiume (Kasiraman e Humayun, 2026), tali scali connettono direttamente l'IMEC con i corridoi ferroviari europei TEN-T come il Corridoio Baltico-Adriatico e con la rete infrastrutturale dell'Iniziativa dei Tre Mari (3SI) e della Via Carpatia, consentendo alle merci provenienti dall'India di raggiungere i mercati dell'Europa centrale, orientale e scandinava via ferrovia in soli 5 giorni dall'approdo adriatico (Samojedny, 2025).

IV.3.3 Gli ostacoli attuali alla piena implementazione del corridoio

Nonostante l'ampio sostegno politico iniziale, a partire dalla fine del 2023 il progetto IMEC ha incontrato gravi fattori di stallo che ne hanno ridimensionato l'operatività, portando diversi analisti a definirlo un progetto in fase di stallo *de facto* (Qin, 2025).

L'ostacolo più distruttivo alla traiettoria dell'IMEC è stato l'attacco di Hamas contro Israele del 7 ottobre 2023 e il successivo prolungato conflitto nella Striscia di Gaza (Qin,

2025). Questo evento ha prodotto due conseguenze dirette quali il congelamento della normalizzazione saudita-israeliana, i colloqui con Israele sono stati immediatamente sospesi, ponendo come condizione vincolante per qualsiasi cooperazione formale l'individuazione di un percorso credibile verso la creazione di uno stato palestinese. Essendo la continuità territoriale tra la rete ferroviaria saudita, giordana e israeliana il presupposto politico fondamentale dell'IMEC, l'impossibilità di formalizzare accordi transfrontalieri multilaterali ha bloccato l'avanzamento dei protocolli attuativi (Qin, 2025). A questo si aggiunge la vulnerabilità logistica del nodo di Haifa, le operazioni militari nel Mediterraneo orientale e gli attacchi condotti dai ribelli Houthi contro le navi nel Mar Rosso e verso il porto di Haifa hanno evidenziato l'elevato rischio geopolitico legarsi a un singolo hub di transito instabile, provocando impennate nei premi assicurativi marittimi e periodiche interruzioni operative (Rathod, 2026).

Altra problematica riguarda la mancanza di tratte ferroviarie e il deficit di finanziamento; sotto il profilo infrastrutturale il corridoio terrestre è ben lontano dall'essere completato, sebbene gli Emirati Arabi Uniti e l'Arabia Saudita dispongano di tratte ferroviarie moderne mancano fondamentali tratte di collegamento transfrontaliero tra il nord dell'Arabia Saudita, la Giordania e la rete israeliana (Rathod, 2026). Analisi economico-finanziarie stimate dall'Atlantic Council indicano un deficit di finanziamento compreso tra 4,86 e 5,18 miliardi di dollari su un costo totale di completamento che potrebbe superare i 20 miliardi limitatamente ai segmenti ferroviari mancanti in territorio giordano e israeliano. A differenza della BRI cinese, il MoU dell'IMEC non prevede un fondo finanziario centralizzato, ma affida la copertura dei costi a incerti modelli di partenariato pubblico-privato (PPP) e al capitale privato, riluttante a investire in aree ad alto rischio di instabilità militare (Rathod, 2026).

Dal punto di vista della teoria economica dei trasporti, il modello *ship-to-rail* dell'IMEC soffre del problema della doppia rottura di carico dovuto al trasbordo multimodale, ogni passaggio di un container dalla nave al treno (a Jebel Ali/Fujairah) e dal treno alla nave (ad Haifa) comporta costi fissi terminalistici (*handling fees*), spese di stazionamento, dazi doganali e tempi tecnici di movimentazione. Una singola nave portacontainer da 20.000 TEU richiede l'impiego di circa 50/80 treni blocco per svuotare il carico e senza una perfetta sincronizzazione delle tracce ferroviarie e

un'armonizzazione doganale unica, le soste ai terminal rappresentano quindi un fattore di erosione del vantaggio temporale non ancora quantificato in modo sistematico dalla letteratura sull'IMEC; per analogia con i tempi di trasbordo osservati sul corridoio ferroviario euroasiatico, dove le soste per rottura di scartamento comportano da 2 a oltre 21 ore per convoglio (Zhang e Schramm, 2020), è plausibile che due trasbordi mare-ferro-mare, se non perfettamente sincronizzati, possano assorbire diversi giorni del margine di 10-15 giorni stimato nei modelli teorici, ridimensionando sensibilmente, pur senza annullarlo del tutto, il vantaggio di velocità del 40% citato in IV.3.2. La rotta via Suez, pur essendo più lenta, rimane quindi imbattibile sul piano dei costi per il trasporto di merci alla rinfusa ed economicamente poco sensibili al tempo (Rathod, 2026).

L'IMEC comunque deve affrontare l'ostilità di importanti attori statali regionali esclusi dal tracciato a partire dalla Turchia; il Presidente Recep Tayyip Erdoğan ha contestato pubblicamente l'IMEC dichiarando che senza la Turchia non può esistere alcun corridoio, e ha risposto promuovendo il progetto alternativo dell'*Iraq Development Road*, volto a collegare il porto iracheno di Grand Faw alla rete autostradale e ferroviaria turca ed europea (Qin, 2025). Anche il governo egiziano osserva l'IMEC con forte diffidenza, temendo che la deviazione dei flussi merci tra India ed Europa possa ridurre gli introiti dei diritti di transito del Canale di Suez, minando la finanza pubblica nazionale (Kasiraman e Humayun, 2026). Vi sono infine Iran e Cina; Teheran percepisce l'IMEC come un dispositivo di accerchiamento geoeconomico a guida statunitense e minaccia la sicurezza del traffico marittimo nello Stretto di Hormuz; Pechino, pur mantenendo una forte presenza nei porti europei ed israeliani del corridoio, lavora diplomaticamente per accelerare i progetti della BRI e del *Middle Corridor* (Gauba e Singh, 2024). Tale presenza non è solo diplomatica ma anche infrastrutturale diretta: la concessione venticinquennale del terminal Haifa Bayport al gruppo statale cinese SIPG, adiacente al terminal occidentale dell'IMEC gestito da Adani-Gadot, colloca la Cina in una posizione di osservazione privilegiata proprio nel nodo di giunzione più critico del corridoio, rendendo la sua influenza sull'IMEC non riducibile alla sola concorrenza esterna dei progetti alternativi (BRI, Middle Corridor). Così mentre il corridoio IMEC presenta un'architettura integrata di straordinario valore geoeconomico per il commercio ad alto valore tra India ed Europa, la sua reale operatività rimane paralizzata dalla fragile

geometria politica del Medio Oriente, dai costi dei trasbordi multimodali e dal pesante deficit infrastrutturale nelle tratte ferroviarie centrali.

IV.4 La logica economica degli investimenti infrastrutturali alternativi

IV.4.1 Trade-off tra costo del capitale, esternalità e benefici di resilienza nei corridoi multimodali

I tre corridori alternativi fin qui analizzati, la Rotta Marittima Settentrionale, il corridoio ferroviario euroasiatico e l'IMEC, condividono lo stesso nodo decisionale di fondo, capire quale criterio economico giustifica l'investimento in un'infrastruttura di trasporto alternativa quando il rendimento atteso è incerto, distribuito nel tempo e fortemente esposto a rischi geopolitici. La valutazione economica ex-ante di questi grandi progetti infrastrutturali è storicamente affidata all'analisi costi-benefici (ACB) e al calcolo del valore attuale netto (VAN) (Maddaloni et al. 2024) Tuttavia, l'applicazione dei classici modelli stazionari e deterministici come il *Discounted Cash Flow Analisys* (DCFA) mostra severi limiti di applicazione di fronte alla crescente incertezza macroeconomica, alla volatilità della domanda di nolo, ai rischi geopolitici e al lungo ciclo di vita degli asset fisici (Han e Wu, 2026). Per superare la staticità del DCFA tradizionale, la letteratura economico-infrastrutturale recente sviluppa modelli stocastici avanzati integrati con simulazioni Monte Carlo (tecnica computazionale che stima il rischio e l'incertezza simulando un elevato numero di scenari probabilistici mediante l'estrazione casuale di valori per le variabili incerte, restituisce una distribuzione statistica dei possibili risultati finali anziché una singola stima deterministica) e modelli di interazione spaziale (strumenti matematici che stimano e prevedono l'entità dei flussi di merci, passeggeri o traffici tra diverse aree geografiche, assumendo che il volume di scambio sia proporzionale alla dimensione economica/attrattività dei nodi e inversamente proporzionale all'attrito della distanza come tempi, costi o barriere geografiche), consentendo di sostituire la stima puntuale con distribuzioni di probabilità del VAN e di modellare formalmente i *trade-off* tra costo del capitale, esternalità monetizzate e benefici di resilienza (Han e Wu, 2026).

Una metodologia rilevante nella valutazione comparativa degli investimenti ferroviari e dei corridoi è fornita dallo studio di Han & Wu (2026) che analizza il dilemma

strategico che accomuna molti paesi emergenti e corridoi commerciali: scegliere tra la costruzione ex-novo di una ferrovia ad alta capacità ad elevato fabbisogno di capitale o l'ammodernamento incrementale della rete storica esistente.

Il modello integra simulazioni Monte Carlo su 10.000 iterazioni, un orizzonte temporale di valutazione di 25 anni di cui un periodo di costruzione di 3 anni, ponderando tre scenari: realistico, pessimistico e ottimistico, attraverso variazioni del tasso di attualizzazione e del premio per il rischio (Han e Wu, 2026).

I risultati della simulazione quantificano in modo preciso il *trade-off* tra rischio e rendimenti. Nello scenario realistico, l'ammodernamento dello scartamento metrico evidenzia un profilo di rischio contenuto con una probabilità del 91% di generare un VAN positivo e un valore atteso medio positivo di $32,2 milioni. Al contrario, il megaprogetto dello scartamento standard presenta una distribuzione di probabilità estremamente dispersa, con solo il 40% delle simulazioni che raggiunge un VAN positivo e un valore medio prossimo al punto di pareggio (*break-even point*). Nello scenario pessimistico invece, entrambe le opzioni registrano valori attesi negativi, ma l'ampiezza delle perdite finanziarie dello scartamento standard presenta un VAN medio atteso di -$2,03 miliardi e supera di un ordine di grandezza la perdita dello scartamento metrico di -$222,8 milioni, dimostrando l'elevata vulnerabilità fiscale dei megaprogetti rigidi in presenza di shock di domanda o rincari del costo del capitale. Diversamente nello scenario ottimistico, qualora l'efficienza operativa e la stabilità politica siano pienamente garantite, la soluzione a scartamento standard esprime appieno la sua elevata scalabilità, raggiungendo un VAN medio atteso di $3,63 miliardi contro i $430 milioni dello scartamento metrico (Han e Wu, 2026). Questo trade-off tra rischio e rendimento trova un'applicazione diretta nei casi analizzati nelle sezioni precedenti, il deficit di finanziamento dei segmenti ferroviari mancanti dell'IMEC in territorio giordano e israeliano (par IV.3.3), stimato dall'Atlantic Council tra 4,86 e 5,18 miliardi di dollari, presenta lo stesso profilo di rischio del megaprogetto a scartamento standard qui modellato; un rendimento potenzialmente elevato ma altamente disperso, condizionato dalla stabilità politica dell'area. Analogamente, per la Rotta Marittima Settentrionale (par. IV.1.2), la scelta tra investire nell'espansione della flotta di rompighiaccio atomici russi per estendere la finestra di navigabilità o mantenere l'attuale operatività stagionale limitata a meno di cinque mesi

l’anno replica il medesimo dilemma tra investimento incrementale a basso rischio ed espansione infrastrutturale ad alto capitale e rendimento incerto.

L'analisi di sensibilità dimostra che il VAN dei corridoi ferroviari è dominato in via primaria dai fattori del traffico merci: la variazione del volume dei ricavi merci dal 50° al 10° percentile riduce il VAN del 43% nello scartamento standard e del 53% nello scartamento metrico, seguita dal valore del tempo risparmiato dalle merci (*freight time-saving value*, -39%/+42%) e dai costi di manutenzione O&M (-29%/+20%). I ricavi passeggeri, i benefici di riduzione delle emissioni di carbonio e le oscillazioni del tasso di sconto esercitano invece un impatto di secondo piano, confermando che la sostenibilità economica dei corridoi terrestri dipende prioritariamente dall'acquisizione di flussi merci stabili e ad alta densità di valore (Han e Wu, 2026).

Oltre ai costi ed ai ricavi finanziari diretti, la logica economica degli investimenti nei corridoi multimodali richiede la monetizzazione formale delle esternalità ambientali e sociali, applicando il principio secondo cui chi inquina paga, spinto dalla Commissione Europea nell’*Handbook on External Costs of Transport*. Le esternalità negative del trasporto merci includono cinque categorie principali: inquinamento atmosferico, rumore, congestione stradale, incidenti e deterioramento infrastrutturale.

Secondo ulteriori studi, si dimostra che l'impatto delle esternalità varia radicalmente in base alla modalità di trasporto impiegata. Per il trasporto stradale pesante (HGV), i costi esterni medi ammontano a circa 0,8 €-cent/t-km per la congestione, 1,3 €-cent/t-km per gli incidenti, 0,8 €-cent/t-km per l'inquinamento atmosferico e 0,5 €-cent/t-km per il rumore e di 0,2 €-cent/t-km per il deterioramento infrastrutturale. Per il trasporto ferroviario elettrificato, i costi marginali di congestione sono azzerati, mentre i costi di incidenti ammontano a 0,1 €-cent/t-km, inquinamento e deterioramento infrastrutturale a soli 0,2 €-cent/t-km e il rumore, unica voce a superare quella del trasporto pesante stradale ammonta a 0,5 €-cent/t-km (Ambrosino e Sciomachen, 2021).

In termini di impatto sulla scelta modale, l'analisi empirica dimostra che i costi esterni rappresentano in media circa il 26% dei costi interni d'impresa (Ambrosino e Sciomachen, 2021), di conseguenza, la completa internalizzazione delle esternalità nei noli di trasporto attraverso imposte pigouviane (dal nome dell'economista britannico

Arthur Cecil Pigou, sono imposte applicate a chi genera un'esternalità negativa) o sistemi *cap-and-trade* come l'estensione del sistema EU-ETS al settore marittimo e stradale nel pacchetto *Fit for 55* genera uno spostamento modale tra il 4% e l'11% dei volumi verso il trasporto ferroviario e il cabotaggio marittimo (Ramalho e Santos, 2021). Tale riallocazione riduce i costi sociali di congestione fino al 21,1% e i costi di incidentalità del 13,0%, apportando un dividendo netto di resilienza al sistema economico complessivo (Ambrosino e Sciomachen, 2021).

IV.4.2 Criteri qualitativi per la scelta modale in condizioni di incertezza

Mentre la valutazione ex-ante degli investimenti pubblici impiega modelli di ACB e modelli stocastici, il processo decisionale operativo dei caricatori privati, degli spedizionieri e dei gestori di rete per la scelta della modalità di trasporto e per il timing degli investimenti in tecnologia verde avviene sotto condizioni di incertezza profonda e con criteri multidimensionali (Zaid et al., 2024).

Nei contesti caratterizzati da elevata volatilità della domanda di mercato e da *sunk costs*, l'impiego del solo VAN porta spesso al rigetto di progetti infrastrutturali o di decarbonizzazione che racchiudono invece un elevato valore strategico (Maddaloni et al. 2024); la teoria delle Opzioni reali sviluppata in ambito infrastrutturale e marittimo modella l'investimento non come una decisione binaria e definitiva di tipo fare/non fare, ma come una sequenza di opzioni manageriali azionabili nel tempo; nello specifico vi sono l'opzione di rinvio che consente agli operatori di posporre la decisione di investimento in attesa che l'incertezza sui prezzi dei combustibili, sulle normative ambientali o sul traffico si riduca. O ancora l'opzione di espansione o abbandono che struttura il progetto in fasi sequenziali quali fase di pianificazione, fase di costruzione, fase post-costruzione, riservandosi il diritto e la possibilità, ma non l'obbligo, di procedere alla fase successiva al verificarsi di determinate soglie di mercato (Maddaloni et al. 2024).

Nel settore dello shipping green mediante il modello di opzioni reali è stato dimostrato che per incentivare l'investimento in navi alimentate ad idrogeno verde nel 2025 occorrerebbe un livello di tassazione sul carbonio pari al 28% del CAPEX (*CAPital EXpenditure*) (Pomaska & Acciaro, 2022); tuttavia, l'opzione di differire l'investimento al 2030 o 2035 possiede un valore elevato di circa $11,6 milioni nel 2025 per una nave a

idrogeno, raccomandando agli armatori di rinviare la decisione finché il divario di costo dei carburanti non si sia ridotto (Pomaska & Acciaro, 2022). Il medesimo approccio delle opzioni reali è applicabile al dilemma, discusso nel par. IV.1.2, tra il ricorso immediato allo *slow steaming* per contenere le emissioni della circumnavigazione africana e un investimento futuro in propulsione a idrogeno verde, anche in questo caso, il valore dell'opzione di rinvio suggerisce che, in un contesto di incertezza sui costi dei carburanti alternativi, la scelta economicamente più razionale nel breve periodo possa essere quella di adottare misure operative reversibili (riduzione della velocità) piuttosto che investimenti irreversibili in nuove tecnologie propulsive.

A livello di singolo flusso logistico, le decisioni di scelta modale non dipendono unicamente dal prezzo di nolo per TEU o dal tempo di viaggio, ma da un bilanciamento di fattori quantitativi e qualitativi. Gli approcci di analisi Multi-Criteria e in particolare il *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* (FAHP) e il TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*) permette di convertire i giudizi linguistici degli esperti in numeri, calcolando i pesi relativi di ciascun criterio (Zaid et al., 2024).

L'indagine empirica condotta da Zaid, Gazder & Barbieri (2024) sulle decisioni dei *top manager* dell'import-export e della logistica internazionale offre una gerarchizzazione quantitativa dei criteri di scelta modale lungo i corridoi di trasporto.

Tab. 4.1: Gerarchia dei criteri per la scelta modale

Rango	**Criterio decisionale**	**Peso relativo (W)**	**Peso relativo cumulato**
1	Sicurezza	29%	29%
2	Emissioni di CO2	28%	57%
3	Costo del trasporto	16%	73%
4	Affidabilità	9%	82%
5	Velocità di transito	7%	89%
6	Flessibilità	6%	95%

7	Capacità di carico	5%	100%

Fonte: rielaborazione dell'autore sulla base di Zaid, F., Gazder, U., & Barbieri, D. M. (2024).

I risultati della modellizzazione FAHP rivelano una marcata divergenza rispetto alla letteratura tradizionale sui trasporti: per i *top decision-maker* e i dirigenti della logistica, la sicurezza (29%) e le emissioni di carbonio (28%) precedono nettamente il costo diretto del trasporto (16%) (Zaid et al., 2024) e insieme, questi tre fattori coprono oltre il 73% del peso decisionale complessivo. Questo fenomeno si spiega con l'integrazione delle normative di sostenibilità aziendale e con l'elevato costo reputazionale e finanziario legato al danneggiamento di merci ad alto valore o ai ritardi causati da sinistri lungo i corridoi internazionali (Zaid et al., 2024). Questa gerarchia dei criteri decisionali fornisce una chiave di lettura anche per i casi discussi in precedenza. La preferenza dei manager per la sicurezza (29%) e le basse emissioni (28%) rispetto al costo diretto (16%) spiega, ad esempio, perché il corridoio IMEC (par. IV.3) continui a essere considerato strategicamente valido dai caricatori nonostante i costi di trasbordo multimodale superiori alla rotta di Suez, un corridoio percepito come meno esposto al rischio geopolitico dei chokepoint marittimi tradizionali (Bab el-Mandeb, Mar Rosso) può risultare preferibile anche quando il puro calcolo del costo per TEU non lo giustificherebbe.

L'applicazione dei modelli MCDA/TOPSIS su differenti tipologie di merce conferma infine che la preferenza modale varia con la dimensione del lotto di spedizione: per carichi ad hoc di ridotta dimensione compresa tra circa 1–82 TEU, la ferrovia risulta vincente grazie al minor tempo di consegna; per spedizioni cicliche di grandi dimensioni oltre i 200 TEU o flussi industriali continui, il modulo marittimo recupera la propria dominanza economica assoluta, minimizzando il costo unitario per TEU (Neumann, 2021).

Se dunque la logica economica degli investimenti alternativi risponde a un calcolo di trade-off tra rischio, rendimento e resilienza, resta da verificare empiricamente fino a che punto queste alternative siano in grado, di competere con la capacità e i costi del trasporto marittimo tradizionale

IV.5 I limiti strutturali della sostituzione modale: mare, ferrovia e aereo a confronto

IV.5.1 Un confronto quantitativo tra le tre modalità di trasporto

L'analisi della competitività e della sostituibilità modale lungo la direttrice commerciale Asia-Europa richiede la sintesi sistematica delle tre principali modalità di trasporto merci: marittima, ferroviaria ed aerea (Zhang e Schramm, 2020). Ciascun modulo risponde a logiche operative, strutture di costo, velocità fisiche ed impatti ambientali profondamente eterogenei, definendo specifiche nicchie di mercato in funzione del valore unitario della merce e della sensibilità temporale del carico (Zhang e Schramm, 2020)

Sulla base dei dati empirici rilevati su spedizioni *terminal-to-terminal* per container standard lungo la rotta Shanghai–Amburgo, la letteratura scientifica consente di tracciare un quadro comparativo dei parametri di trasporto espresso in TEU.

Sulla direttrice marittima tradizionale via Suez, la distanza media di rotta è pari a 20.053 km, con un tempo di transito porta-a-porta compreso tra 30 e 35 giorni e che sale a 40–45 giorni via Capo di Buona Speranza. Il costo medio di nolo si attesta su circa $1.205 per TEU, valore su cui è calcolato il costo unitario per distanza di appena $0,06 per km-TEU. Tale dato va inteso come valore medio strutturale, poiché le condizioni di mercato e i supplementi bunker possono ampliare sensibilmente il nolo effettivo: nelle fasi di forte tensione dei noli marittimi, come la congestione portuale del 2021 o la crisi del Mar Rosso del 2023-2024, le tariffe hanno toccato punte comprese tra €1.500 ed €2.380 per TEU (Zhang e Schramm, 2020). Sotto il profilo ambientale, il trasporto marittimo registra un consumo energetico unitario compreso tra 35,3 e 58,4 Wh/t-km ed emissioni dirette di CO2 pari a 10,8–18,2 g CO2/t-km (Wiegmans e Janic, 2019). Sulla rotta ferroviaria trans-euroasiatica del *China Railway Express*, la distanza fisica si riduce a 11.249 km, con un tempo di transito medio di 14/16 giorni. Il costo medio di nolo sale a circa $3.200 per FEU, determinando un costo unitario di $0,28 per km-FEU (Zhang e Schramm, 2020). Il consumo energetico della trazione ferroviaria è pari a 26,6 Wh/t-km, con emissioni dirette di CO2 valutate in 12,8 g CO2/t-km (Wiegmans e Janic, 2019). Infine, il trasporto aereo percorre una rotta ortodromica diretta di 8.822 km in soli 3–5 giorni, sostenendo una velocità commerciale di 2.205,5 km/giorno. Tuttavia, il costo di

nolo si attesta mediamente su $16.245 per TEU equivalente, valore su cui è calcolato il costo unitario di $1,84 per km-TEU, oltre 30 volte superiore al mare e 6,5 volte superiore alla ferrovia. Tale media nasconde comunque un'ampia variabilità in funzione del gateway aeroportuale e della stagionalità della domanda, con punte che possono raggiungere $18.200–27.800 per TEU nei periodi di maggiore congestione dello spazio cargo (Zhang e Schramm, 2020).

Come emerge dai dati, il trasporto marittimo rimane la modalità imbattibile sul piano dei costi unitari diretti, ma richiede oltre un mese di navigazione. L'aereo garantisce la massima tempestività ma impone costi di nolo insostenibili per carichi ordinari. Il trasporto ferroviario trans-euroasiatico si posiziona esattamente nel mezzo, offrendo tempi dimezzati rispetto al mare a un costo inferiore dell'80% rispetto all'aereo (Zhang e Schramm, 2020). I soli costi di nolo diretto non sono sufficienti a spiegare le scelte di instradamento dei caricatori. L'inclusione dei costi indiretti, rappresentati dal capitale finanziario immobilizzato in transito e dai costi di deprezzamento e obsolescenza della merce, valutati pari a un equivalente tariffario dell'1% al giorno del valore del carico per merci ordinarie e fino al 2% al giorno per beni ad alta deperibilità, permette di calcolare i *Total Logistics Costs* (TLC) (Zhang e Schramm, 2020).

La modellizzazione degli scenari condotta dalla letteratura individua le soglie di convenienza economica per la scelta modale dal punto di vista del caricatore. In uno scenario ad alta sensibilità temporale, per merci soggette a rapida obsolescenza tecnologica o domanda incerta (che possono comprendere elettronica di consumo, ricambi automotive), la ferrovia risulta la modalità a minor costo logistico totale per valori di carico compresi tra $1,23/kg e $10,89/kg24. Al di sotto di $1,23/kg il mare resta imbattibile; al di sopra di $10,89/kg l'aereo diventa la soluzione ottimale. Invece, in uno scenario a bassa sensibilità temporale, per merci a domanda stabile (es. abbigliamento di gamma media, macchinari), la ferrovia è la soluzione più conveniente per valori compresi tra $2,46/kg e $21,78/kg24 (Zhang e Schramm, 2020). Tali valori trovano riscontro in stime che indicano che è economicamente conveniente trasferire il carico dal mare alla ferrovia per merci con valore superiore a €85.000 per TEU, e dall'aereo alla ferrovia per merci con valore inferiore a €550 per kg (Dunmore et al. 2019).

L'analisi dei dati reali sul commercio UE-Cina tratti dal dataset EUROSTAT COMEXT valida la collocazione delle tre modalità associando al trasporto marittimo un valore medio delle merci scambiate molto basso, pari a $4,95/kg all'import (Cina-UE) e $2,04/kg all'export (UE-Cina). Diversamente il trasporto ferroviario registra un valore medio intermedio, pari a $11,04/kg all'import e $13,01/kg all'export, inoltre il traffico ferroviario *westbound* è dominato per il 42,79% del peso complessivo da macchinari ed apparecchiature elettriche, con un valore medio di $14,66/kg. Infine, il trasporto aereo muove merci ad altissimo valore specifico, con una media di $80,83/kg all'import e $117,43/kg all'export (Zhang e Schramm, 2020).

Inoltre, oltre al valore delle merci trasportate, la ripartizione modale è fortemente influenzata dai limiti di responsabilità legale dei vettori stabiliti dalle convenzioni internazionali per perdita o danneggiamento del carico. Da queste risulta che per il settore marittimo vi sono le regole dell'Aja Visby che impongono il limite massimo di 2 Diritti Speciali di Prelievo per kg (DSP/kg) pari a circa $2,85/kg, idoneo per merci a basso valore unitario o 666,67 DSP per collo (Comité Maritime International, 1979). La ferrovia invece soggetta a convezioni CIM (il primo relativo a regole uniformi per l'Europa) impone un limite massimo di 17 DSP/kg equivalenti a circa $24,07/kg ampiamente sufficiente a coprire il valore medio dei beni industriali trasportati via treno (Intergovernmental Organisation for International Carriage by Rail, 1999). Infine, il settore aereo soggetto alla convenzione di Montreal fissa il limite massimo di 22 DSP/kg, circa $31,15/kg ma aggiornati a 26 nel 2024 (International Civil Aviation Organization, 2024).

La valutazione dei costi generalizzati di catena condotta da Mohseni et al. (2025) su sette specifiche coppie di città origine-destinazione dimostra che il costo totale della soluzione ferroviaria è mediamente tra 1,1 e 1,5 volte superiore a quello marittimo per i prodotti ad alta tecnologia. Tuttavia, per le città situate nell'interno della Cina centro-occidentale (es. rotta Chongqing–Duisburg), il rapporto di costo scende a 0,96, rendendo la ferrovia direttamente più economica del mare a causa dell'azzeramento dei lunghi e costosi pre-trasporti terrestri verso i porti marittimi della costa (Mohseni et al. 2025). Sotto il profilo della sostenibilità ambientale, i dati di settore mostrano che le emissioni dirette totali generate dal traffico ferroviario euroasiatico nel 2020 sono state pari a 36,5

mila tonnellate di CO2; lo spostamento del medesimo volume merci sul modulo aereo avrebbe generato ben 19.273 mila tonnellate di CO2 (e 3.249 mila tonnellate sul modulo stradale), confermando il ruolo della ferrovia come fondamentale strumento di decarbonizzazione delle catene di approvvigionamento intercontinentali (Wiegmans e Janic, 2019). Il divario di oltre 500 volte tra le due modalità, per quanto possa apparire estremo a una prima lettura, è coerente con l'intensità energetica assai più elevata del vettore aereo: il cherosene impiegato dagli aeromobili cargo comporta consumi ed emissioni per tonnellata-chilometro di uno o due ordini di grandezza superiori rispetto alla trazione elettrica ferroviaria, a cui si somma il minor carico utile trasportabile per singolo mezzo rispetto a un treno blocco. Ne consegue che, a parità di volume di merci movimentato, il trasferimento dal vettore ferroviario a quello aereo comporta un aggravio emissivo sproporzionato rispetto al guadagno in termini di tempo di transito.

IV.5.2 Perché i corridoi terrestri e aerei possono assorbire solo una frazione della capacità di una nave ULCV

Il dibattito sulla sostituibilità tra il modulo marittimo e i corridoi terrestri o aerei incontra un limite fisico e dimensionale valicabile solo in minima parte: il netto dislivello di capacità tra una singola nave portacontainer di classe *Ultra Large Container Vessel* (ULCV) e la capacità di carico unitaria di treni e aerei cargo (Zhang e Schramm, 2020).

Negli ultimi due decenni, le esigenze di minimizzazione del consumo energetico unitario e dei costi di trasporto per TEU hanno spinto i vettori marittimi verso il gigantismo navale (Wiegmans e Janic, 2019). Le più moderne navi ULCV immesse sul mercato, quali la *MSC Irina* (24.336 TEU), la *MSC Tessa* (24.116 TEU) o la *EVER Ace* (23.992 TEU), sono in grado di trasportare circa 24.000 TEU corrispondenti a circa 240.000 tonnellate di portata lorda in un singolo viaggio (Lloyd & Atteridge, 2024).

Per comprendere l'impossibilità strutturale dei corridoi terrestri ed aerei di sostituire i flussi marittimi, è sufficiente quantificare la relazione di equivalenza operativa necessaria per muovere il carico di una singola nave ULCV da 24.000 TEU (Wiegmans e Janic, 2019).

Per quanto riguarda la ferrovia, i terminal europei e lungo i corridoi soggetti agli standard TEN-T (lunghezza massima dei treni di 600/750 metri), un convoglio ferroviario intermodale trasporta mediamente 80/100 TEU (Wiegmans e Janic, 2019). Di conseguenza, per assorbire il carico completo di una singola nave da 24.000 TEU occorrono tra 240 e 300 treni merci completi. Sulle tratte a scartamento largo dello spazio ex-sovietico invece, dove la lunghezza del convoglio può raggiungere i 1.050–1.200 metri trasporta fino a 150 container ma la medesima nave equivale comunque a 160 treni merci di grandi dimensioni (Lloyd & Atteridge, 2024). Considerando che l'intera rete del *China Railway Express* (CR Express) ha gestito complessivamente nel suo anno di picco del 2021 circa 15.000 treni, circa 41 treni al giorno distribuiti su decine di rotte, si evince che appena 50/60 navi ULCV muovono un volume di container superiore all'intera produzione annuale della ferrovia trans-euroasiatica.

Spostandosi sul settore dell'aviazione, un aereo cargo a lungo raggio di grande capacità ha un carico utile netto di circa 100/110 tonnellate, equiparabile in termini di dimensione a circa 12/16 TEU (Zhang e Schramm, 2020). Per trasportare il carico di una singola ULCV da 24.000 TEU via aerea occorrerebbero oltre 1.500/2.000 voli cargo transcontinentali completi. La saturazione dello spazio aereo, la limitata disponibilità di slot negli aeroporti e l'insostenibilità dei costi di carburante e delle emissioni rendono tale ipotesi del tutto irrealizzabile su scala industriale (Wiegmans e Janic, 2019).

Dalla teoria della geografia dei trasporti emerge che la sostituibilità tra modalità di trasporto merci è condizionata dalla anelasticità strutturale delle reti (Rich et al. 2011), a differenza della rete stradale che presenta un layout capillare e continuo su scala continentale, le reti ferroviarie e marittime hanno una topologia lineare e discreta (Wiegmans e Janic, 2019).

I fattori di rigidità che determinano l'anelasticità strutturale dello shift modale includono la capacità fisica delle tracce ferroviarie; infatti, le linee ferroviarie transcontinentali e i nodi di valico operano in condizioni prossime alla saturazione (Mohseni et al. 2025) e l'introduzione di centinaia di treni aggiuntivi al giorno per vicariare le rotte marittime entrerebbe in rotta di collisione con la congestione della rete e con la priorità di traccia tradizionalmente assegnata al trasporto passeggeri. Altro fattore di rigidità riguarda la capacità dei terminal e rottura di carico, la velocità operativa dei

terminal di trasbordo costituisce un collo di bottiglia invalicabile. Se per scaricare una nave ULCV in un porto marittimo automatizzato servono 24–48 ore di lavoro continuo con gru *Ship-to-Shore*, l'operazione di carico e sdoganamento di 250 treni merci richiederebbe giorni di manovre terminalistiche generando blocchi della catena logistica terrestre (Mohseni et al. 2025). Come ultimo fattore di rigidità si individua la disparità nei consumi energetici e di sostenibilità, il consumo energetico globale per muovere 24.000 TEU via mare a velocità di *slow steaming*, richiede circa 18.500 metri cubi di combustibile. La trazione di 160 treni equivalenti su una tratta di 12.900 km assorbe tra i 16.000 e i 19.000 metri cubi di diesel equivalente (Rich et al. 2011). Qualora la rete ferroviaria non sia completamente elettrificata con energia da fonti rinnovabili, il presunto guadagno ambientale del trasferimento modale terrestre si annulla del tutto. Questo dato non contraddice la maggiore efficienza energetica per tonnellata-chilometro della ferrovia rispetto al mare evidenziata nel paragrafo IV.5.1 (26,6 Wh/t-km contro 35,3-58,4 Wh/t-km), il confronto volumetrico qui condotto ipotizza infatti uno scenario limite di trazione integralmente diesel, assunto proprio per isolare l'effetto della mancata elettrificazione. In condizioni di piena elettrificazione della rete con energia da fonti rinnovabili, il vantaggio ambientale della ferrovia rispetto al mare si conferma pienamente; il paragone qui riportato serve piuttosto a dimostrare quanto il beneficio ambientale del trasferimento modale sia condizionato, più che dalla modalità in sé, dal grado di decarbonizzazione effettiva dell'infrastruttura ferroviaria attraversata, un fattore tutt'altro che scontato lungo le tratte non elettrificate del Kazakistan e della Cina occidentale già richiamate in IV.2.2

In conclusione, l'analisi economica ed infrastrutturale dimostra che la ferrovia euroasiatica e i corridoi terrestri come l'IMEC non sono stati concepiti per sostituire la via marittima, né possiedono la capacità fisica per farlo. Essi svolgono tuttavia una funzione insostituibile di integrazione strategica e diversificazione di resilienza: offrono una via di fuga ad alta velocità per merci ad alto valore durante i periodi di paralisi dei *chokepoint* marittimi, garantendo la continuità operativa delle catene del valore dell'industria globale (Mohseni et al. 2025).

Conclusioni

L'obiettivo di questo studio è stato decostruire le cause della vulnerabilità sistemica del trasporto marittimo globale, delineando un nuovo approccio che si allontana dal mito dell'efficienza assoluta a discapito della sicurezza e i limiti operativi del paradigma *Just-in-Time*. Attraverso l'integrazione tra la teoria economica delle *network industries*, la teoria dei grafi, l'analisi empirica comparata di tre snodi geografici critici e la modellizzazione dei corridoi alternativi, la ricerca dimostra come la vulnerabilità delle catene globali del valore non costituisca un'anomalia contingente, ma una conseguenza diretta e prevedibile delle proprietà di costo e della topologia della rete marittima mondiale. In particolare, si evidenzia come i medesimi fattori economici responsabili dell'efficienza della rete quali, le economie di scala, le economie di scopo, l'elevata incidenza dei *sunk costs* e il gigantismo navale, costituiscano anche le determinanti principali della sua fragilità del sistema. La conformazione topologica della rete, identificata come una struttura *scale-free* governata da una distribuzione a legge di potenza (*power law*), garantisce una notevole robustezza rispetto a guasti casuali, ma si rivela drammaticamente vulnerabile ad attacchi o shock concentrati su nodi ad alta centralità di grado (*degree centrality*) e di intermediazione (*betweenness centrality*).

In questo contesto emerge l'esistenza di una vera e propria esternalità sistemica, la scelta di convogliare i flussi su pochi macro-hub portuali ed eliminare le scorte di magazzino produce benefici privati immediati per i singoli operatori, ma trasferisce sull'intero sistema economico il costo diffuso della fragilità. Quando un nodo ad alta centralità di intermediazione viene compromesso, si innescano *cascading failures* che propagano la congestione a livello globale. Inoltre, il lavoro ha dimostrato che la gran parte delle recenti interruzioni marittime non risponde alla categoria concettuale del Cigno Nero, ossia di un evento del tutto imprevedibile, ma appartiene piuttosto alla classe del *gray rhyno* quindi rischi noti, ad alta probabilità ed elevato impatto, i cui segnali strutturali sono stati sistematicamente ignorati ex ante per difetto di internalizzazione nei calcoli di convenienza individuale. L'attuale contesto si configura dunque come una vera e propria policrisi, in cui shock geopolitici e climatici eterogenei non si manifestano in sequenza isolata, ma interagiscono e si amplificano reciprocamente attraverso la condivisione della medesima infrastruttura di rete satura.

L'analisi comparata condotta sui tre principali *chokepoints* internazionali ha confermato empiricamente la validità del modello teorico, mettendo in luce tipologie di risposta profondamente eterogenee in base alla natura dello shock. La crisi del 2023-2024 a Suez e nel Mar Rosso, innescata dalle minacce geopolitiche nello stretto di Bab el-Mandeb, ha causato un crollo di oltre il 50% dei transiti complessivi e una contrazione di quasi il 90% della capacità del settore container di linea. La conseguente deviazione di massa lungo il Capo di Buona Speranza ha imposto un aggravio di circa 3.500 miglia nautiche e 9-14 giorni di navigazione aggiuntiva, generando un incremento del 46% nelle emissioni di anidride carbonica, extra-costi regolatori legati all'EU-ETS e un'impennata dei noli marittimi, dimostrando come i vincoli reputazionali e di fiducia sulla sicurezza generino una persistenza dell'interruzione che si prolunga ben oltre la cessazione della minaccia cinetica. Diversamente, lo shock idrologico del Canale di Panama tra il 2023 e il 2024, causato dalla grave siccità del lago Gatún ed ingrandito da El Niño, ha rappresentato un *grey rhino* climatico puro, affrontato con un razionamento amministrativo della capacità e una riduzione dei transiti e del pescaggio; tuttavia, Panama ha evidenziato una traiettoria di recupero rapida e lineare con il rientro delle precipitazioni, dimostrando che un vincolo strettamente fisico tende a riassorbirsi non appena la causa naturale rientra. Dal canto suo, il blocco bellico dello Stretto di Hormuz nel 2026 ha fornito la verifica empirica del caso d'impatto più estremo, trattandosi di un collo di bottiglia privo di alternative marittime dirette, in cui il quasi azzeramento dei transiti idrocarburici ha provocato un'impennata dei prezzi del Brent oltre i 130 dollari al barile, imponendo il più grande rilascio coordinato di riserve strategiche nella storia dell'IEA e spingendo i premi assicurativi *War Risk* fino all'8% del valore dello scafo. L'andamento del *Global Supply Chain Pressure Index* ha così confermato che l'impatto combinato di tali shock non è rimasto confinato ai singoli canali, ma ha generato una permanente congestione secondaria e una pressione strutturale sopra la media storica sull'intero sistema logistico mondiale.

Dall'analisi emerge la definitiva de-costruzione del mito del 2019 come parametro di normalità a cui fare ritorno, poiché l'anno pre-pandemico rappresentava in realtà il punto basso di un ciclo di deflazione tariffaria, sovraccapacità di stiva e insostenibilità finanziaria per i vettori. Nel contesto post-2020, l'industria marittima e i caricatori si sono assestati su un regime di permanente instabilità, l'oligopolio delle principali alleanze

marittime ha trasformato l'incertezza in un assetto organizzativo ordinario attraverso il ricorso sistematico a *blank sailings*, con quote di capacità soppressa stabili tra il 20% e il 40%, e pratiche di *slow steaming*, sacrificando l'affidabilità della programmazione a tutela dei livelli di nolo. Contestualmente, la gestione logistica ha compiuto un salto concettuale evolvendo in un vero e proprio *Supply Chain Risk Management*, dove l'integrazione dell'analisi geopolitica, dei big data posizionali AIS e dei *digital twins* rappresenta ormai la competenza fondamentale per anticipare le strozzature di rete. L'esplosione dei premi *war risk* stabiliti dal *Joint War Committee (JWC)*, l'introduzione di sopratasse obbligatorie, la permanente volatilità degli indici dei noli e i costi di conformità alle normative ambientali come l'EU ETS e il *FuelEU Maritime* dimostrano che il rischio è divenuto una componente fissa e strutturale del costo di trasporto, mentre il passaggio *dall'offshoring* a strategie di *re-shoring*, *near-shoring* e *friend-shoring* sta determinando una frammentazione dei flussi su base regionale e un aumento netto dei tonnaggi-miglia, metrica che segnala l'inefficienza e l'allungamento forzato dei percorsi commerciali.

Infine, l'esame dei corridoi alternativi, tra cui la Rotta Marittima Settentrionale artica, il corridoio ferroviario trans-euroasiatico e l'IMEC, ha permesso di chiarirne l'effettivo ruolo economico e i drastici limiti attuali. Sebbene negli anni scorsi queste opzioni terrestri e multimodali fossero state teorizzate e parzialmente sviluppate come valide valvole di sfogo per diversificare il rischio, l'analisi empirica dimostra che oggi risultano quasi interamente neutralizzate da una sovrapposizione di eventi geopolitici. Il progetto IMEC, concepito come asse strategico per connettere l'India all'Europa, si trova in una fase di stallo a causa del conflitto a Gaza, dell'impossibilità di normalizzazione dei rapporti con Israele e della recente chiusura dello Stretto di Hormuz. Parallelamente, il corridoio ferroviario euroasiatico (CR Express) sconta la paralisi della rotta settentrionale a seguito del conflitto in Ucraina e delle sanzioni occidentali contro la Russia, che ne hanno azzerato l'affidabilità per molti caricatori europei. La stessa Rotta Artica, oltre alle rigide finestre climatiche, resta ostaggio delle medesime tensioni sanzionatorie.

A questo blocco geopolitico generalizzato si somma un limite fisico invalicabile, la strutturale sproporzione di capacità tra le modalità di trasporto. I corridoi terrestri e aerei, per quanto essenziali per merci ad alto valore, non possiedono la scalabilità per assorbire i volumi mossi da una singola nave portacontainer ULCV, rendendo matematicamente

impossibile una completa sostituzione modale. Tutte le alternative, di fatto, sono oggi bloccate o insufficienti.

In conclusione, la continuità delle catene globali del valore in questa nuova era di instabilità permanente non potrà essere affidata all'illusione del ripristino delle metriche del 2019, né alla speranza che la semplice deviazione su corridoi terrestri possa risolvere le vulnerabilità dei *chokepoints* marittimi. In un assetto geoeconomico frammentato in cui la policrisi colpisce simultaneamente i canali marittimi principali e i corridoi di riserva terrestri, la resilienza del sistema non è più una questione puramente geografica. Le imprese, i vettori e le autorità portuali dovranno interiorizzare l'incertezza come costo strutturale del commercio globale, abbandonando l'estrema efficienza a favore di investimenti sistematici in ridondanza delle scorte tramite modelli *Just-in-Case*, flessibilità organizzativa e una governance predittiva del rischio

Bibliografia

Alexander, L. M. (1992). The role of choke points in the ocean context. *Geojournal*, *26*(4), 503–509. https://doi.org/10.1007/BF02665750

Ambrosino, D., & Sciomachen, A. (2021). Impact of externalities on the design and management of multimodal logistic networks. *Sustainability*, *13*(9), Article 5080. https://doi.org/10.3390/su13095080

Arrow, K. J., Harris, T., & Marschak, J. (1951). Optimal inventory policy. *Econometrica*, *19*(3), 250–272. https://doi.org/10.2307/1906813

Baird, A. J. (2000). Port Privatisation: Objectives, Extent, Process, and the UK Experience. *International Journal of Maritime Economics*, *2*(3), 177–194. https://doi.org/10.1057/ijme.2000.16

BalticWind.EU (2024). Investment Surge in European Ports: A Strategic Shift Towards Sustainability and Energy Transition. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://balticwind.eu/investment-surge-in-european-ports-a-strategic-shift-towards-sustainability-and-energy-transition/ (consultato 7 settembre 2026).

Başтuğ, S., Haralambides, H., Akan, E., & Kiraci, K. (2023). Risk mitigation in service industries: A research agenda on container shipping. *Transport Policy*, *141*, 232–244. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2023.07.011

Baumol W.J., Panzar J.C., Willig R.D. (1982). *Contestable Markets and the Theory of Industry Structure*, Harcourt Brace Jovanovich, New York.

Beifert, A., Prause, G., & Shcherbanin, Y. (2020). Integration Perspectives of Eurasian Land-Based Transport Corridors: Empirical Evidence from the OBOR and Rail Baltica Initiatives. *TalTech Journal of European Studies*, *10*(3), 3–25. https://doi.org/10.1515/bjes-2020-0019

Benigno, G., di Giovanni, J., Groen, J. J., & Muir, S. (2022). "The Global Supply Chain Pressure Index", Federal Reserve Bank of New York Economic Policy Review (o Staff Reports, No. 1017).

BIMCO (2026). Suez Canal transits still 60% down 100 days after the last Houthi attack. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://www.bimco.org/news-insights/market-analysis/shipping-number-of-the-week/2026/0107-snow/ (consultato 8 agosto 2026).

Bütün, C., Petrovic, S., & Muyldermans, L. (2021). The capacitated directed cycle hub location and routing problem under congestion. *European Journal of Operational Research*, *292*(2), 714–734. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.11.021

Carey K. (2014). Cost Function Estimates. *Encyclopedia of Health Economics*. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://www.sciencedirect.com/topics/social-sciences/economies-of-scale (consultato 10 luglio 2026).

Carlson, J. (2024). Houthi motivations driving the Red Sea crisis: Understanding how Ansar Allah's strategic culture goes beyond Gaza and Iran. *Journal of Advanced Military Studies*, *15*(2), 115–136. https://doi.org/10.21140/mcuj.20241502006

Castillo-Martínez, K. J., Guerra-Chanis, G., & Mack-Vergara, Y. L. (2025). Developing Coastal Resilience to Climate Change in Panama Through Sustainable Concrete Applications. *Journal of Composites Science*, *9*(11), 575. https://doi.org/10.3390/jcs9110575

Castrellón, M. G., Lu, C., Domínguez, I., Matos, R., Anguizola, K., & Popescu, I. (2025). Spatiotemporal distribution of salinity in Gatun Lake and the Panama Canal pre- and post-expansion. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, *58*, 102199. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2025.102199

Centre for High North Logistics (2025). *Main results of NSR transit navigation in 2025*. CHNL Information Office. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://chnl.no/news/main-results-of-nsr-transit-navigation-in-2025/ (consultato 18 settembre 2026).

Centre for High North Logistics. (2025, December 9). *Main results of NSR transit navigation in 2025*. CHNL Information Office. https://chnl.no/news/main-results-of-nsr-transit-navigation-in-2025/#content

Centre for High North Logistics. (2026, April 2). *Yamal LNG export dynamics in 2025–2026 and preliminary assessment of post 2027 logistical capabilities*. CHNL Information Office. https://chnl.no/news/yamal-lng-export-dynamics-in-2025-2026-and-preliminary-assessment-of-post-2027-logistical-capabilities/#content

Centre for High North Logistics. (2026, January). *Main results of NSR transit navigation in 2025*. CHNL Information Office. https://chnl.no/news/main-results-of-nsr-transit-navigation-in-2025/#content

Centre for High North Logistics. (2026, September 10). *South Korean container vessel Panstar Acro on International Transit voyage via the NSR*. CHNL Information Office. https://chnl.no/maps/news-shipping/south-korean-container-vessel-panstar-acro-on-international-transit-voyage-via-the-nsr/#content

CEPR (2024). Sailing through the storms: The fallout of Red Sea disruptions on global trade and inflation. *VoxEU Column*. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://cepr.org/voxeu/columns/sailing-through-storms-fallout-red-sea-disruptions-global-trade-and-inflation (consultato 1 settembre 2026).

Chen, J., Jiang, H., Xu, J., Pang, C., Shi, J., & Tan, Z. (2025). Resilience analysis from the perspective of global container shipping network evolution: Fine-grained modeling based on AIS data. *Journal of Transport Geography*, *129*, 104415. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2025.104415

Childs, N. (2026). Navigating the Strait of Hormuz. *Survival*, *68*(3), 77–84. https://doi.org/10.1080/00396338.2026.2678694

Choi, T. Y., Netland, T. H., Sanders, N., Sodhi, M. S., & Wagner, S. M. (2023). Just-in-time for supply chains in turbulent times. *Production and Operations Management*, *32*(7), 2331–2340. https://doi.org/10.1111/poms.13979

Chopra, S., Meindl, P., & Kalra, D. V. (2016). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation* (6th ed.). Pearson India Education Services

Container News (2024). Port congestion, not low water, driving 96-hour barge delays at Rotterdam and Antwerp. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://container-mag.com/update/port-congestion-not-low-water-driving-96-hour-barge-delays-at-rotterdam-and-antw (consultato 4 settembre 2026).

CR Express (s.d.). *Portale ufficiale del China Railway Express (中欧班列门户网站)*. China State Railway Group Co., Ltd. (China Railway) / CRCT. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://www.crexpress.cn/zoblmenu/home (consultato 16 settembre 2026).

Cremaschini, F., Ducruet, C., & Ferrari, C. (2026). Hub Dependency in the Mediterranean: Insights from Italian Container Ports (2000-2023). *E3S Web of Conferences*, *722*, 02004. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202672202004

Danyluk, M. (2018). Capital's logistical fix: Accumulation, globalization, and the survival of capitalism. *Environment and Planning D: Society and Space*, *36*(4), 630–647. https://doi.org/10.1177/0263775817703663

Di Maddaloni, F., Favato, G., & Vecchiato, R. (2024). Whether and When to Invest in Transportation Projects: Combining Scenarios and Real Options to Manage the Uncertainty of Costs and Benefits. *IEEE Transactions on Engineering Management*, *71*, 1023–1037. https://doi.org/10.1109/TEM.2022.3142130

Drewry (s.d.). *World Container Index (WCI)*. Drewry Supply Chain Advisors. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://www.drewry.co.uk/supply-chain-advisors/supply-chain-expertise/world-container-index-assessed-by-drewry (consultato 9 settembre 2026).

Duan, W., Li, Z., Zhou, Y., & Deng, Z. (2024). A Novel Technical Framework for the Evaluation of Node Significance and Edge Connectivity in Global Shipping Network. *Journal of Marine Science and Engineering*, *12*(8), 1239. https://doi.org/10.3390/jmse12081239

Ducruet C. (2016) The polarization of global container flows by interoceanic canals: geographic coverage and network vulnerability. Maritime Policy and Management, 43(2): 242-260. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03088839.2015.1078013

Ducruet, C. (2020). The geography of maritime networks: A critical review. *Journal of Transport Geography*, *88*, 102824. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102824

Ducruet, C., Rozenblat, C., & Zaidi, F. (2010). Ports in multi-level maritime networks: Evidence from the Atlantic (1996–2006). *Journal of Transport Geography*, *18*(4), 508–518. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2010.03.005

Dunmore, D., Preti, A., & Routaboul, C. (2019). The "Belt and Road Initiative": Impacts on TEN-T and on the European transport system. *Journal of Shipping and Trade*, *4*(1), 10. https://doi.org/10.1186/s41072-019-0048-3

EIA (2026 -b). China, the United States, and Japan hold most strategic oil inventories in 2025. *Today in Energy*. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=67504 (consultato 5 settembre 2026).

Eos (2023). Panama Canal logistics are at the mercy of weather and climate. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://eos.org/articles/panama-canal-logistics-are-at-the-mercy-of-weather-and-climate (consultato 18 agosto 2026).

ERAI (2026). *Rail Container Transportation in the Eurasian Space in 2025*. Eurasian Rail Alliance Index. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://index1520.com/en/analytics/konteynernye-zheleznodorozhnye-perevozki-na-evraziyskom-prostranstve-v-2025-godu/ (consultato 14 settembre 2026).

European Sea Ports Organisation. (2024). *Port investments study 2024: The investment pipeline and challenges of European ports* (In cooperation with P. de Langen). ESPO. https://www.espo.be

Faure, M.-A., & Ducruet, C. (2026). The Blue Connection. A Systematic and Critical Review of Shipping Network Research. *Networks and Spatial Economics*, *26*(1), 129–188. https://doi.org/10.1007/s11067-025-09705-y

Ferrari, C., Parola, F., & Tei, A. (2015). Governance models and port concessions in Europe: Commonalities, critical issues and policy perspectives. *Transport Policy*, *41*, 60–67. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2015.03.012

Freightos (s.d.). Freightos Baltic Index (FBX): Global Container Freight Index. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://app.terminal.freightos.com/fbx?frequency=%22weekly%22&ticker=FBX (consultato 5 settembre 2026).

Fuentes, G., & Munim, Z. H. (2025). Climate influence on Panama Canal operations: Predicting canal water times with integrated environmental and operational data. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *203*, 104319. https://doi.org/10.1016/j.tre.2025.104319

Gauba, S., & Singh, J. (2024). From geo-political to geo-economics: The significance of IMEC for India. *VEETHIKA-An International Interdisciplinary Research Journal*, *10*(1), 42–49. https://doi.org/10.48001/veethika.2024.10.01.005

Han, F., & Wu, Y. (2026). High-risk mega-project or low-risk incrementalism? Railway infrastructure planning under fiscal and political uncertainty in Kenya. *Journal of Transport Geography*, *131*, 104560. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2026.104560

Hirata, E. (2017). Contestability of Container Liner Shipping Market in Alliance Era. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, *33*(1), 27–32. https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2017.03.004

Hussain, A., & Shafer, N. (2025). *The India-Middle East-Europe Economic Corridor: Connectivity in an Era of Geopolitical Uncertainty*. Atlantic Council. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/report/the-india-middle-east-europe-economic-corridor-connectivity-in-an-era-of-geopolitical-uncertainty/ (consultato 16 settembre 2026).

Il Sole 24 Ore (s.d.). Petrolio Brent (BRNST.IPE): Quotazioni e grafico tempo reale. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://mercati.ilsole24ore.com/materie-prime/commodities/petrolio/BRNST.IPE (consultato 5 settembre 2026).

IMO (s.d.). *Sulphur 2020: Cutting sulphur oxide emissions*. International Maritime Organization. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://www.imo.org/en/mediacentre/hottopics/pages/sulphur-2020.aspx (consultato 8 settembre 2026).

International Civil Aviation Organization. (2024). *2024 revised limits of liability under the Montreal Convention of 1999* (State letter Ref. LE 3/38.1, LE 3/39.1). ICAO Legal Affairs and External Relations Bureau. https://www.icao.int/sites/default/files/secretariat/legal/LEB%20Treaty%20Collection%20Documents/2024_Revised_Limits_of_Liability_Under_the_Montreal_Convention_of_1999_en.pdf

International Energy Agency (2026 -a). IEA Member countries to carry out largest ever oil stock release amid market disruptions from Middle East conflict. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://www.iea.org/news/iea-member-countries-to-carry-out-largest-ever-oil-stock-release-amid-market-disruptions-from-middle-east-conflict (consultato 5 settembre 2026).

International Energy Agency (s.d.). Strait of Hormuz. *Oil Security and Emergency Response*. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://www.iea.org/about/oil-security-and-emergency-response/strait-of-hormuz (consultato 5 settembre 2026).

International Labour Organization. (2022). *Amendments of 2022 to the Code of the Maritime Labour Convention, 2006, as amended (MLC, 2006)*. International Labour Office. https://www.ilo.org/sites/default/files/2024-10/NORMES_MLC%20Amendments-EN_2022_Web_1.pdf

International Monetary Fund (s.d.). PortWatch: Chokepoints. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://portwatch.imf.org/pages/edf18f455a2b4637a3632b6af201abe9 (consultato 1 settembre 2026).

International Monetary Fund (s.d.). PortWatch: Maritime Disruptions Event Monitor. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://portwatch.imf.org/pages/eventc10000004 (consultato 5 settembre 2026).

International Monetary Fund (s.d.). PortWatch: Port Activity and Supply Chain Disruptions. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://portwatch.imf.org/pages/cb5856222a5b4105adc6ee7e880a1730 (consultato 5 settembre 2026)

International Monetary Fund. (2023). Geoeconomic fragmentation and foreign direct investment. In *World economic outlook: A rocky recovery* (pp. 91–114). IMF. https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2023/04/11/world-economic-outlook-april-2023

Jara-Díaz, S. R., & Basso, L. J. (2003). Transport cost functions, network expansion and economies of scope. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *39*(4), 271–288. https://doi.org/10.1016/S1366-5545(03)00002-4

Jiang, B., Rigobon, D., & Rigobon, R. (2022). From Just-in-Time, to Just-in-Case, to Just-in-Worst-Case: Simple Models of a Global Supply Chain under Uncertain Aggregate Shocks. *IMF Economic Review*, *70*(1), 141–184. https://doi.org/10.1057/s41308-021-00148-2

Joint Cargo Committee. (2009, January 1). *Institute cargo clauses (A)* (Reference CL382). Lloyd's Market Association; International Underwriting Association of London. https://www.lmalloyds.com

Joint Hull Committee. (2003, November 1). *International Hull Clauses (01/11/03)*. Lloyd's Underwriters' Association; International Underwriting Association of London. https://www.lmalloyds.com

Joint War Committee. (2023). *JWC listed areas: Hull war, piracy, terrorism and related perils* (Circular Ref. JWLA-032). Lloyd's Market Association; International Underwriting Association. https://www.lmalloyds.com (consultato 8 agosto 2026)

Jung, P. H., Kim, K., Jo, A.-H., & Cho, J. S.-H. (2025). *Panama Canal Drought and Supply Chain Disruptions in Asia–United States Trade: Evidence from Micro-Level Trade Shipments and Vessel Trajectory Data*. Asian Development Bank. https://doi.org/10.22617/WPS250475-2

Karmelić, J., Jović Mihanović, M., Perić Hadžić, A., & Brčić, D. (2025). Liner Schedule Reliability Problem: An Empirical Analysis of Disruptions and Recovery Measures in Container Shipping. *Logistics*, *9*(4), 149. https://doi.org/10.3390/logistics9040149

Kasiraman, V., & Humayun, S. I. (2026). IMEC at the Crossroads: Geo-Economic Imperatives and Geopolitical Challenges of the India-Middle East-Europe Economic Corridor. *Saudi Journal of Humanities and Social Sciences*, *11*(08), 339–345. https://doi.org/10.36348/sjhss.2026.v11i08.002

Key, R., Parrado, R., Delpiazzo, E., King, R., & Bosello, F. (2024). Potential climate-induced impacts on trade: The case of agricultural commodities and maritime chokepoints. *Journal of Shipping and Trade*, *9*(1), 11. https://doi.org/10.1186/s41072-024-00170-3

Koyama K. (2026). IEA Decides on the Largest-Ever Coordinated Release of Emergency Oil Stocks to Stabilize the International Petroleum Market. *IEEJ Special Bulletin: A Japanese Perspective on the International Energy Landscape*, n. 784, The Institute of Energy Economics, Japan. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://eneken.ieej.or.jp (consultato 5 settembre 2026).

Li, D., Jiao, J., Wang, S., & Zhou, G. (2025). Supply chain resilience from the maritime transportation perspective: A bibliometric analysis and research directions. *Fundamental Research*, *5*(2), 437–449. https://doi.org/10.1016/j.fmre.2023.04.003

Li, H.-M., Wang, X.-C., Zhao, X.-F., & Qi, Y. (2021). Understanding systemic risk induced by climate change. *Advances in Climate Change Research*, *12*(3), 384–394. https://doi.org/10.1016/j.accre.2021.05.006

Li, Y., Xia, X., Wang, Y., & Huang, Q. (2026). Geopolitical Risk and Shipping Supply Chain Resilience: Systemic Characteristics, Impact Mechanisms, and the Security of Logistics Nodes. *Systems*, *14*(4), 427. https://doi.org/10.3390/systems14040427

Lloyd, S., & Atteridge, W. (2024). New thoughts on China's Iron Silk Road. In J. Pombo (Ed.), *Proceedings of the Sixth International Conference on Railway Technology: Research, Development and Maintenance* (Civil-Comp Conferences, Vol. 7, Article 10.12). Civil-Comp Press. https://doi.org/10.4203/ccc.7.10.12

Lloyd's List Intelligence. (2016, June). *Between the lines: Beyond the horizon*. Informa UK Limited. https://www.lloydslist.com/-/media/informa/maritime/legacy-images/2016/june/btl04.pdf

Lucio, D., Lara, J. L., Tomás, A., & Losada, I. J. (2024). Probabilistic assessment of climate-related impacts and risks in ports. *Reliability Engineering & System Safety*, *251*, 110333. https://doi.org/10.1016/j.ress.2024.110333

Mangu, V. P. (2025). Conflict at the crossroads: Security tensions in the Strait of Hormuz. *International Journal for Multidisciplinary Research*, *7*(6), 1–14. https://doi.org/10.36948/ijfmr.2025.v07i06.56232

Mathew, V., & Agarwala, N. (2026). Drying of the Panama Canal: Causes, Impacts and Mitigation Measures. *Natural Built Social Environment Health*. https://doi.org/10.63095/NBSEH.26.133293

Mendieta, E. E., Zhang, X., & Sprintall, J. (2026). Current understanding of ENSO and its impacts on Panama's climate: A review. *Environmental Research Communications*, *8*(4), 042001. https://doi.org/10.1088/2515-7620/ae56d3

Millefiori, L. M., Braca, P., Zissis, D., Spiliopoulos, G., Marano, S., Willett, P. K., & Carniel, S. (2021). COVID-19 impact on global maritime mobility. *Scientific Reports*, *11*(1), 18039. https://doi.org/10.1038/s41598-021-97461-7

Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica. (n.d.). *Novità EU ETS - Settore Marittimo*. Portale EU ETS - Italia. https://www.ets.minambiente.it/NovitaEUETS/Marittimo (Consultato 10 agosto 2026)

Mohseni, S., Van Hassel, E., & Vanelslander, T. (2025). Assessing the impact on mode competitiveness of improvements of the Trans-Eurasian railway network. *Journal of Shipping and Trade*, *10*(1), 3. https://doi.org/10.1186/s41072-025-00193-4

Moshiul, A. M., Mohammad, R., & Hira, F. A. (2023). Alternative Fuel Selection Framework toward Decarbonizing Maritime Deep-Sea Shipping. *Sustainability*, *15*(6), 5571. https://doi.org/10.3390/su15065571

Mou, N., Sun, S., Yang, T., Wang, Z., Zheng, Y., Chen, J., & Zhang, L. (2020). Assessment of the Resilience of a Complex Network for Crude Oil Transportation on the Maritime Silk Road. *IEEE Access*, *8*, 181311–181325. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3028214

Mudronja, G., Jugović, A., & Škalamera-Alilović, D. (2020). Seaports and Economic Growth: Panel Data Analysis of EU Port Regions. *Journal of Marine Science and Engineering*, *8*(12), 1017. https://doi.org/10.3390/jmse8121017

Muñoz, S. E., Lawrence, L., & Wang, S. (2025). Drying of the Panama Canal in a Warming Climate. *Geophysical Research Letters*, *52*(18), e2025GL117038. https://doi.org/10.1029/2025GL117038

Neumann, T. (2021). Comparative Analysis of Long-Distance Transportation with the Example of Sea and Rail Transport. *Energies*, *14*(6), 1689. https://doi.org/10.3390/en14061689

Nevitt, M. (2026, April 8). Continuing crisis in Strait of Hormuz: Why Iran's hold is illegal and U.S. military force alone fails. *Just Security*. https://www.justsecurity.org/135899/strait-hormuz-tolls-crisis/

Noraini Zulkifli & Mohd Ridzuan Md Ariffin. (2023). Iran and Oman Conflict in The Strait of Hormuz: The Potential for Cooperation. *International Journal of Education and Humanities*, *3*(1), 24–42. https://doi.org/10.58557/(ijeh).v3i1.131

Notteboom, T. E. (2012). Towards a new intermediate hub region in container shipping? Relay and interlining via the Cape route vs. the Suez route. *Journal of Transport Geography*, *22*, 164–178. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.01.003

Notteboom, T., & Rodrigue, J.-P. (2023). Maritime container terminal infrastructure, network corporatization, and global terminal operators: Implications for international business policy. *Journal of International Business Policy*, *6*(1), 67–83. https://doi.org/10.1057/s42214-022-00142-z

Notteboom, T., Pallis, A., & Rodrigue, J.-P. (2021). *Port Economics, Management and Policy* (1ª ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429318184

Notteboom, T., Pallis, A., & Rodrigue, J.-P. (s.d.). *Port Reform and Governance*. Port Economics, Management and Policy. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://porteconomicsmanagement.org/pemp/contents/part8/port-reform-and-governance/ (consultato 7 settembre 2026).

Notteboom, T., Pallis, T., & Rodrigue, J.-P. (2021). Disruptions and resilience in global container shipping and ports: The COVID-19 pandemic versus the 2008–2009 financial crisis. *Maritime Economics & Logistics*, *23*(2), 179–210. https://doi.org/10.1057/s41278-020-00180-5

Osservatorio Artico (2024). *La Corea del Sud e la Northern Sea Route: una rotta strategica tra ambizioni commerciali e sfide geopolitiche*. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://www.osservatorioartico.it/seul-northern-sea-route/ (consultato 15 settembre 2026).

Pan, J.-J., Zhang, Y.-F., & Fan, B. (2022). Strengthening container shipping network connectivity during COVID-19: A graph theory approach. *Ocean & Coastal Management*, *229*, 106338. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106338

Pan, S., Ivanov, D., Chutani, A., Xing, X., Jeff Jia, F., & Huang, G. Q. (2025). New normal, new norms: Towards sustainable and resilient global logistics and supply chain management. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *201*, 104276. https://doi.org/10.1016/j.tre.2025.104276

Panama Canal Authority (s.d.). Connectivity. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://pancanal.com/en/connectivity/ (consultato 11 agosto 2026)

Pomaska, L., & Acciaro, M. (2022). Bridging the maritime-hydrogen cost-gap: Real options analysis of policy alternatives. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *107*, Article 103283. https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103283

Pomfret, R. (2023). Connecting Eurasian Supply Chains the Impact of Covid-19 and the Russia–Ukraine War on the EU-China Rail Landbridge. *Italian Economic Journal*, *9*(3), 1049–1062. https://doi.org/10.1007/s40797-023-00239-1

Protocol to amend the International Convention for the Unification of Certain Rules of Law Relating to Bills of Lading, December 21, 1979, 1412 U.N.T.S. 127. https://dgtr.de/wp-content/uploads/Prot_SDR_1979.pdf

Pugachov, V., Goloborodko, A., Bondarchuk, M., Okseniuk, K., & Zavadska, O. (2026). Post-Pandemic Global Supply Chain Resilience: The Role of Digitalization, Diversification, and Technological Adaptation. *The Journal of Economic Integration*. https://doi.org/10.11130/jei.2026004

Qin, L. (2025). From Conception To Stalemate: An Assessment Of The India-Middle East-Europe Economic Corridor (Imec). *Bulletin Of The Institute Of Oriental Studies*, *5*(2), 118. https://doi.org/10.52837/27382702-2025.5.2-118

Qu, S., She, Y., Zhou, Q., Verschuur, J., Zhao, L.-T., Liu, H., Xu, M., & Wei, Y.-M. (2024). Modeling the dynamic impacts of maritime network blockage on global supply chains. *The Innovation*, *5*(4), 100653. https://doi.org/10.1016/j.xinn.2024.100653

Rahman, P., & Mehnaz, S. (2024). *Public Policy in Bangladesh:Balancing Change and Stability * SSRN. https://doi.org/10.2139/ssrn.5054029

Ramalho, M. M., & Santos, T. A. (2021). The Impact of the Internalization of External Costs in the Competitiveness of Short Sea Shipping. *Journal of Marine Science and Engineering*, *9*(9), 959. https://doi.org/10.3390/jmse9090959

Rathod, N. R. (2026). India-Middle East-Europe Economic Corridor (IMEC): Strategic economic implications for India. *International Journal for Multidisciplinary Research*, *8*(2), 1–16. https://www.ijfmr.com

Rich, J., Kveiborg, O., & Hansen, C. O. (2011). On structural inelasticity of modal substitution in freight transport. *Journal of Transport Geography*, *19*(1), 134–146. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2009.09.012

Rizkiyani, H. M., Trismadi, Supriyadi, A. A., Widodo, P., Saragih, H. J. R., & Suwarno, P. (2025). Geopolitical dynamics of maritime security in the Strait of Hormuz. *International Journal of Humanities Education and Social Sciences*, *4*(6), 2536–2543. https://ijhess.com/index.php/ijhess/

Rodrigue, J.-P. (2005). Straits, Passages and Chokepoints: A Maritime Geostrategy of Petroleum Distribution. *Cahiers de Géographie Du Québec*, *48*(135), 357–374. https://doi.org/10.7202/011797ar

Samojedny, M. (2025). The Three Seas Initiative as a Component of India–Middle East–Europe Economic Corridor (IMEC). *Studia Polityczne*, *53*(1), 246–261. https://doi.org/10.35757/STP.2025.53.1.11

Sayin, Y., & Kilic, F. (2020). The Strait of Hormuz and Iran's international relations. *Eurasian Research Journal*, *2*(1), 29–59.

Sea-Intelligence. (2026, August 26). *July global schedule reliability drops to lowest 2026 level* (Press Release No. 404). https://www.sea-intelligence.com/press-room/404-july-global-schedule-reliability-drops-to-lowest-2026-level

Shang, T., Wu, H., Yang, D., Zhao, C., Wang, K., & Jiang, C. (2026). How does shipping alliance affect port capacity investment and congestion. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *211*, 105095. https://doi.org/10.1016/j.tra.2026.105095

Shanghai Shipping Exchange (s.d.). *Introduction to Shanghai Containerized Freight Index (SCFI)*. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://en.sse.net.cn/indices/introduction_scfi_new.jsp (consultato 9 settembre 2026).

Shanghai Shipping Exchange. (n.d.). *Freight indices: FAQ & index data query*. Retrieved September 13, 2026, from https://en.sse.net.cn/indices/fqaennew.jsp

Silver, E. A., Pyke, D. F., & Thomas, D. J. (2017). *Inventory and production management in supply chains* (4th ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781315374406

Steamship Mutual Underwriting Association Limited. (2023). *Rules 2023/24: Class 1 protection and indemnity, Class 2 freight demurrage and defence*. Steamship Mutual. https://www.steamshipmutual.com

Subran, L. Boata, A. Huang, F and Dib, G. (2021). The Suez Canal ship is not the only thing clogging global trade. Technical report.

Suez Canal Authority (s.d.-b). Navigation Statistics. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://www.suezcanal.gov.eg/English/Navigation/Pages/NavigationStatistics.aspx (consultato 10 agosto 2026).

Suez Canal Authority. (n.d.). *Navigation Statistics & Annual Reports*. Official Website. https://www.suezcanal.gov.eg/

Suez Canal Authority. (s.d. -a). *Canal characteristics*. https://www.suezcanal.gov.eg/English/About/SuezCanal/Pages/CanalCharacteristics.aspx (consultato 8 agosto 2026)

Sun, R., Abouarghoub, W., Demir, E., & Potter, A. (2026). Geopolitical disruptions and maritime transitions: Environmental and economic costs of rerouting. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *203*, 104737. https://doi.org/10.1016/j.tra.2025.104737

Taleb, N. N. (2009). Errors, robustness, and the fourth quadrant. *International Journal of Forecasting*, *25*(4), 744–759. https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2009.05.027

Talley, W. K. (2009). Determinants of the Probability of Ship Injuries. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, *25*(2), 171–188. https://doi.org/10.1016/S2092-5212(09)80001-1

Thanopoulou, H., & Strandenes, S. P. (2025). A Consequence-Based Response Framework for More Resilient Shipping Amidst Growing Uncertainty. *Journal of Marine Science and Engineering*, *13*(1), 93. https://doi.org/10.3390/jmse13010093

Tilemissova, A., Kozachenko, D., Vernyhora, R., Izteleuova, M., & Arpabekov, M. (2023). Competitiveness assessment of the railway network of Kazakhstan in the performance of transit container transportation. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (4), 130–137. https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-4/130

Trading Economics (s.d.). *Baltic Exchange Dry Index: Price, Chart, Historical Data and News*. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://tradingeconomics.com/commodity/baltic (consultato 13 settembre 2026).

Trading Economics (s.d.). *Containerized Freight Index: Price, Chart, Historical Data and News*. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://tradingeconomics.com/commodity/containerized-freight-index (consultato 9 settembre 2026).

Tran, N. K., Haralambides, H., Notteboom, T., & Cullinane, K. (2025). The costs of maritime supply chain disruptions: The case of the Suez Canal blockage by the 'Ever Given' megaship. *International Journal of Production Economics*, *279*, 109464. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2024.109464

UNCTAD (2026 -a). Hormuz disruption deepens global economic strain across trade, prices and finance. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://unctad.org/news/hormuz-disruption-deepens-global-economic-strain-across-trade-prices-and-finance (consultato 5 settembre 2026).

UNCTAD (2026 -b). Hormuz shipping disruptions raise risks for energy, fertilizers and vulnerable economies. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://unctad.org/news/hormuz-shipping-disruptions-raise-risks-energy-fertilizers-and-vulnerable-economies (consultato 5 settembre 2026).

UNCTADstat (s.d.). *World Seaborne Trade by Type of Cargo* (Dataset US.SeabornеTrade). United Nations Conference on Trade and Development. Risorsa web reperibile all'indirizzo: https://unctadstat.unctad.org/datacentre/dataviewer/US.SeabornеTrade (consultato 9 settembre 2026).

United Nations Conference on Trade and Development. (2020). *Review of maritime transport 2020* (Sales No. E.20.II.D.31). United Nations. https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2020_en.pdf

United Nations Conference on Trade and Development. (2024). *Navigating troubled waters: Impact to global trade of disruption of shipping routes in the Red Sea, Black Sea and Panama Canal* (UNCTAD Rapid Assessment, Report No. UNCTAD/OSG/INF/2024/2). United Nations. https://unctad.org/system/files/official-document/osginf2024d2_en.pdf

United Nations Conference on Trade and Development. (2025). *Review of maritime transport 2025* (Sales No. E.25.II.D.xx). United Nations. https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2025_en.pdf

United Nations Conference on Trade and Development. (2025). *Review of maritime transport 2025: Staying the course in turbulent waters* (Sales No. E.25.II.D.36). United Nations. https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2025_en.pdf

United Nations Convention on the Law of the Sea, Dec. 10, 1982, 1833 U.N.T.S. 397. https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf

Ushakov, D. (2026). Editor's column THE HORMUZ BREACH: WHEN OIL CEASED TO BE OIL - DIAGNOSING THE PRESENT. *The EUrASEANs: Journal on Global Socio-Economic Dynamics*, *11*(2), 7. https://doi.org/10.35678/2539-5645.11.2.2026.7

Uygun, Y., & Ahsan, J. (2021). Analyzing the Railway Network of the Belt and Road Initiative. *Cogent Business & Management*, *8*(1), 1932066. https://doi.org/10.1080/23311975.2021.1932066

Verschuur, J., & Hall, J. (2024). *Systemic impacts of disruptions at maritime chokepoints*. In Review. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-5234319/v1

Wang, N., Mu, W., & Ma, R. (2024). A Systematic understanding of the risk development process for port authority. *Marine Policy*, *167*, 106243. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106243

Wiegmans, B., & Janic, M. (2019). Analysis, modeling, and assessing performances of supply chains served by long-distance freight transport corridors. *International Journal of Sustainable Transportation*, *13*(4), 278–293. https://doi.org/10.1080/15568318.2018.1463419

Wu, Y., Wang, S., Zhen, L., Laporte, G., Tan, Z., & Wang, K. (2023). How to operate ship fleets under uncertainty. *Production and Operations Management*, *32*(10), 3043–3061. https://doi.org/10.1111/poms.14022

Xu, M., Pan, Q., Muscoloni, A., Xia, H., & Cannistraci, C. V. (2020). Modular gateway-ness connectivity and structural core organization in maritime network science. *Nature Communications*, *11*(1), 2849. https://doi.org/10.1038/s41467-020-16619-5

Xu, Y., Peng, P., Claramunt, C., Lu, F., & Yan, R. (2024). Cascading failure modelling in global container shipping network using mass vessel trajectory data. *Reliability Engineering & System Safety*, *249*, 110231. https://doi.org/10.1016/j.ress.2024.110231

Yang, J., Xie, H., Yu, G., & Liu, M. (2021). Achieving a just–in–time supply chain: The role of supply chain intelligence. *International Journal of Production Economics*, *231*, 107878. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107878

Yang, Y., & Liu, W. (2022). Resilience Analysis of Maritime Silk Road Shipping Network Structure under Disruption Simulation. *Journal of Marine Science and Engineering*, *10*(5), 617. https://doi.org/10.3390/jmse10050617

Yu, W., Wong, C. Y., Jacobs, M. A., & Chavez, R. (2024). What are the right configurations of just-in-time and just-in-case when supply chain shocks increase? *International Journal of Production Economics*, *276*, 109352. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2024.109352

Yue, Z., & Mangan, J. (2024). A framework for understanding reliability in container shipping networks. *Maritime Economics & Logistics*, *26*(3), 523–544. https://doi.org/10.1057/s41278-023-00269-7

Zaid, F., Gazder, U., & Barbieri, D. M. (2024). Multi-criteria analysis for freight transport decision-making with fuzzy analytic hierarchy process: A top management's perspective for Bahrain. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, *23*, Article 101017. https://doi.org/10.1016/j.trip.2024.101017

Zamani, M. (2026, March 22). *Strait of Hormuz situation report* [Report]. Nexara Intelligence Group.

Zarghami, S. A., & Dumrak, J. (2021). Unearthing vulnerability of supply provision in logistics networks to the black swan events: Applications of entropy theory and network analysis. *Reliability Engineering & System Safety*, *215*, 107798. https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107798

Zhang, X., & Schramm, H.-J. (2020). Assessing the market niche of Eurasian rail freight in the belt and road era. *The International Journal of Logistics Management*, *31*(4), 729–751. https://doi.org/10.1108/IJLM-12-2019-0351

Zhou, X., Ruan, X., Wang, H., & Zhou, G. (2023). Exploring spatial patterns and environmental risk factors for global maritime accidents: A 20-year analysis. *Ocean Engineering*, *286*, 115628. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.115628