



Analisi del London Gateway utilizzando la modellazione di simulazione basata su eventi

Analysing London Gateway using event-based simulation modelling

James BUTTERWORTH ^(*)

Marin MARINOV ^(**)

(<https://www.medra.org/servlet/view?lang=it&doi=10.57597/IF.06.2023.ART.1>)

Sommario - Lo scopo di questo lavoro è quello di dare informazioni su uno dei principali porti ad acque profonde del Regno Unito, il *London Gateway*, che fa parte del progetto *Thames Gateway* e di indicare come sia possibile aumentare sia la produzione che l'efficienza, rendendolo più centralizzato per le ferrovie. Lo scopo di questo studio è in definitiva quello di evidenziare come il graduale spostamento della dipendenza dal trasporto merci dalla strada alla ferrovia possa migliorare complessivamente il rendimento e la produzione di un porto, diminuendo allo stesso tempo le emissioni di carbonio complessive della nazione. Tuttavia, come dimostrano i risultati di questa simulazione, non vi è sempre la possibilità di fare affidamento esclusivamente sul trasporto ferroviario di merci, perché una dipendenza eccessiva da una modalità anziché dall'altra può in ultima analisi avere conseguenze negative sia sul flusso che sulla produzione, nonché generare domande sul fatto che l'attuale infrastruttura ferroviaria del Regno Unito abbia la capacità e l'abilità di gestire treni merci più lunghi.

1. Introduzione

All'indomani della Brexit e del COVID-19 vi è stata una vera pressione sugli autotrasportatori con carenze di container e si sosterrà che, aumentando il numero di container trasportati per ferrovia, questa pressione può essere alleviata riducendo anche le emissioni complessive di carbonio emesse dal trasporto su strada, essendo la ferrovia una forma di trasporto più sostenibile per l'ambiente.

A seguito dei recenti accordi globali e delle ambizioni stabilite dal governo del Regno Unito (UK), come diventa-

Summary - The scope of this paper is to give an insight into one of the main deep-sea ports in the United Kingdom, the *London Gateway*, which is a part of the *Thames Gateway* project and to indicate how, through becoming more rail focussed, it is possible for both output and efficiency to increase. The aim of this study is ultimately to highlight how gradually shifting the reliance of moving freight to rail from road can enhance the overall throughput and output of a port, while also improving the nation's overall carbon emissions. However, as the results from this simulation show, there is not always the option to solely rely upon rail freight, this is because an over dependency upon one form instead of the other can ultimately have detrimental consequences upon both throughput and output, as well as questions over whether the current rail infrastructure of the United Kingdom has the capacity and ability to handle longer freight trains.

1. Introduction

In the aftermath of Brexit and COVID-19 there has been real pressure on road hauliers with driver shortages and it will be argued that, through increasing the number of containers transported by rail, this pressure can be relieved while also reducing overall carbon emissions emitted by road transport, with rail being a more environmentally form of transport.

Following recent global agreements and ambitions set by the Government of United Kingdom (UK), such as becoming Net – Zero by 2050, it is pivotal that a modal shift from road to rail occurs significantly. With every tonne that is moved by rail-freight over road, carbon emissions can

^(*) ESP, Università di Aston, Birmingham, Regno Unito.

^(**) ESSCM, Università di Aston, Birmingham, Regno Unito (Autore corrispondente: m.marinov@aston.ac.uk).

^(*) ESP, Aston University, Birmingham, UK.

^(**) ESSCM, Aston University, Birmingham, UK (Corresponding author: m.marinov@aston.ac.uk).

re Net – Zero entro il 2050, è fondamentale che si verifichi un passaggio modale dalla strada alla ferrovia in modo significativo. Con ogni tonnellata movimentata dal trasporto ferroviario di merci piuttosto che su strada, le emissioni di carbonio possono diminuire anche di circa il 76% (*Network Rail*, 2021). Dal punto di vista ambientale ma anche sociale, è fondamentale che le emissioni di carbonio scendano per raggiungere gli obiettivi Net – Zero, a causa degli impatti negativi dell'inquinamento atmosferico causato dal trasporto su strada che possono avere il potenziale di creare effetti negativi sulle popolazioni del centro città.

Negli ultimi anni, i porti ferroviari all'interno del Regno Unito, in particolare il *Southampton Terminal* di *Freightliner*, hanno subito ampi lavori di espansione, che hanno consentito ai treni merci di operare a una maggiore capacità per trasportare un ulteriore 20% di merci in più (circa 84 container in più al giorno [1]). Grazie ai servizi di trasporto ferroviario di merci, con una maggiore capacità di trasportare più merci, ciò rappresenta un'opportunità per gli autotrasportatori e le imprese che utilizzano il trasporto ferroviario di merci per trasportare più merci contemporaneamente e in tempi più brevi, nonché un migliore utilizzo delle risorse, vale a dire una locomotiva e un conducente di locomotive, anziché oltre 50 autocarri e 50 conducenti. La riduzione delle emissioni di carbonio attraverso il passaggio dalla strada alla ferrovia non solo da benefici per la salute ma presenta anche vantaggi economici per i trasportatori di merci che possono utilizzare meglio le risorse utilizzando il trasporto ferroviario di merci come mezzo per trasportare merci in un unico servizio piuttosto che utilizzare più autocarri e conducenti per trasportare gli stessi container.

Lo spostamento modale non comporta solo la promozione dell'uso del trasporto ferroviario di merci, ma anche di altre forme di trasporto merci come il trasporto marittimo, in cui sarebbe più vantaggioso per l'ambiente rimuovere la strada dalla catena di approvvigionamento. Pertanto, vi è una plethora di potenzialità nell'indagare quali tipi di trasporto merci sono più adatti a trasportare merci su lunghe distanze a livello globale, o sono specificamente più adatti a trasportare container, merci sfuse (biomassa, sabbia, ecc.).

Inoltre, poco si sa su come una riduzione della congestione sulle principali rotte del Regno Unito, o autostrade da una riduzione dei mezzi pesanti sulla strada sta influenzando il costo della vita delle persone. Ad esempio, con veicoli pesanti aggiuntivi che viaggiano su strada, la velocità media della strada diminuirà naturalmente (meno spazio stradale e pendolari che viaggiano impediti dal superare 60 mph), quindi, impedendo alle auto di viaggiare a velocità medie più elevate e a causa della variazione delle velocità costanti, ciò comporterebbe un possibile impatto negativo sul consumo di carburante per i conducenti, con un conseguente aumento dei costi del carburante [2]. Inoltre, soprattutto nell'attuale clima del Regno Unito, con una recessione imminente e il prezzo del carburante

fall even by around 76% (Network Rail, 2021). It is vital, environmentally, that carbon emissions fall to reach Net – Zero targets, but also socially because of the negative impacts of air pollution from road transport which can have the potential to create negative affects upon city centre populations.

In recent years, rail ports within the UK, most notably Freightliner's Southampton Terminal, have undergone extensive extension work, which has enabled freight trains to operate at increased capacity to carry an additional 20% more freight (around an extra 84 containers per day [1]). Through rail freight services, having increased capacity to carry more freight, this presents an opportunity for hauliers and businesses utilising rail freight to transport more goods at once, and in a shorter turnaround time, as well as better utilisation of assets i.e. one locomotive and one locomotive driver, instead of over 50 trucks and 50 truck drivers. There are not only health benefits of reducing carbon emissions through switching from road to rail, it also presents an economical gain for freight hauliers who can better utilise assets by using rail freight as a means to transport goods in one service rather than use multiple trucks and drivers to transport the same containers.

Modal Shift does not just involve promoting the use of rail freight, but other forms of freight transport such as maritime, where it would be more environmentally beneficial to remove road from the supply chain. Therefore, there is a plethora of potential in investigating which types of freight transport is best suited to carrying freight over long distances globally, or are specifically best suited to carrying containers, bulk freight (biomass, sand etc.).

Furthermore, little is known about how a reduction in congestion on major UK routes, or motorways from a reduction in HGV's on the road is impacting upon people's cost of living. For example, through having additional HGV's travelling by road, the average speed of the road will naturally decrease (less road space and travelling commuters prevented to go above 60mph), thus, through cars being prevented from travelling at faster average speeds, and as a result of varying constant speeds, this would result in a possibly adverse impact on fuel consumption for drivers, resulting in a higher fuel costs [2]. Moreover, especially in the UK's current climate, with a recession looming, and the price of fuel rising by over 42% in 2022 [3], a modal shift to rail or maritime would potentially enable people to increase their fuel economy, thus lowering their expenditure, either monthly or weekly, on fuel to travel, for either leisure or work purposes.

Therefore, from this it is exhibited that there is not just the environmental benefits being derived from modal shift, there is some degree of economic benefit to be gained, not just from freight hauliers and their customers, but also to a significant proportion of UK society who own and drive a road car, of which in the current cost of living crisis, a reduction in the amount spent on fuel would be a significant benefit in most households. Additionally, it is possible that

in aumento di oltre il 42% nel 2022 [3], un trasferimento modale verso il trasporto ferroviario o marittimo consentirebbe potenzialmente alle persone di aumentare il loro risparmio di carburante, riducendo così la loro spesa, mensile o settimanale, per il carburante per viaggiare, per motivi di svago o di lavoro.

Pertanto, da ciò si evince che non ci sono solo i benefici ambientali derivanti dal trasferimento modale, vi è un certo grado di beneficio economico da ottenere, non solo dai trasportatori di merci e dai loro clienti, ma anche da una parte significativa della società britannica che possiede e guida un'auto su strada, di cui nell'attuale crisi del costo della vita, una riduzione della quantità spesa per il carburante sarebbe un vantaggio significativo nella maggior parte delle famiglie. Inoltre, è possibile che altri benefici economici, non solo per le imprese, possano potenzialmente essere derivati ed essere resi noti alla popolazione del Regno Unito.

L'efficienza di un porto non riguarda solo la velocità con cui una nave può essere caricata e scaricata, ma è altrettanto importante la velocità con cui queste merci possono essere spostate fuori banchina e sui sistemi di trasporto nazionali [4]. Inoltre, in alcuni porti d'alto mare come il *London Gateway*, dove vi è una maggiore capacità della linea ferroviaria per treni più lunghi, un solo servizio ferroviario può togliere oltre 70 autocarri dalla strada [5]. Un collegamento ferroviario in loco, consente un'operazione portuale "efficiente", poiché la circolazione dei container non sarà limitata solo alle infrastrutture stradali locali e portuali. Nel caso in cui le infrastrutture stradali locali siano stagnanti, esiste un'opzione per ferrovia per aumentare il rendimento. Di conseguenza, la ferrovia rappresenta un'opportunità per alleggerire la pressione sui sistemi di trasporto su strada locali e nazionali.

Ai fini di questo studio, il *London Gateway* è stato scelto per esaminare come migliorare le operazioni presso il terminal ferroviario, in termini di spostamento modale dalla strada alla ferrovia, soprattutto a seguito della crisi della carenza di autisti di automezzi pesanti alla fine del 2021, l'aumento dei prezzi del carburante con costi monetari e temporali dannosi sia per i clienti che per le imprese. Attraverso il modo in cui il terminal ferroviario reagisce agli aumenti della quantità di flusso che riceve (cioè aumenti graduali dal 25% fino al 40% e infine al 60%), un modello di simulazione basato su eventi può aiutare a identificare se il porto è adatto per lavorare con un impegno più forte per il trasporto ferroviario di merci, che consentirà a più merci di viaggiare su rotaia e soddisfare le ambizioni dei cambiamenti climatici. È stato riscontrato che "ogni tonnellata di trasporto merci per ferrovia ha prodotto il 76% in meno di emissioni di carbonio rispetto alla strada" [6], come risultato di questi fatti, consentirebbe al Regno Unito di ridurre significativamente le sue emissioni di carbonio facendo più affidamento sul trasporto ferroviario di merci e raggiungere l'obiettivo stabilito nel rapporto del governo "*Net Zero Strategy: Build Back Greener*", di cui "prevede di fornire una rete ferrovia-

other economic benefits, not just for businesses, potentially could be derived and be made aware to the UK population.

The efficiency of a port does not just concern how quickly a ship can be loaded and unloaded, but it is equally of significance of how fast these goods can be moved off quayside and onto national transport systems [4]. Moreover, at some deep sea ports such as London Gateway, where there is increased rail line capacity for longer trains, whereby a single rail service can take over 70 trucks off the road [5]. Through having a rail connection on site, it enables an 'efficient' port operation to take place, as the movement of containers will not be limited to just local and port road infrastructure. In case that local road infrastructure is stagnated, there is an alternative option by rail to increase output. Consequently, rail presents an opportunity to relieve pressure off local and national road transport systems.

For purposes of this study, London Gateway has been chosen to examine how operations at the rail terminal can be improved, in terms of shifting the reliance off road to rail, especially following the aftermath of the HGV driver shortage crisis in late 2021, the increasing fuel prices which are having detrimental monetary and time costs upon both customers and businesses. Through, seeing how the rail terminal reacts to increases in the amount of throughput it receives (i.e. gradual increases from 25% up to 40% and eventually 60%) an event – based simulation modelling can help to identify if the port is feasible to work with a stronger commitment to rail freight, which will enable more freight to run via rail and meet on – going climate change ambitions. It has been found that "each tonne of freight transport by rail produced 76% less carbon emissions compared to road" [6], as a result of these facts, it would enable the UK to significantly reduce its carbon emissions through putting more reliance on rail freight, and meet the objective set out in the Government's 'Net Zero Strategy: Build Back Greener report', of which "plans to deliver a net zero rail network by 2050" (Department for Business, Energy and Industrial Strategy, 2021, p. 25). Through putting more freight on rail vice road [7], the need for road can be focussed elsewhere, such as for 'Last Mile' delivery. Such a move will reduce the number of HGV's on national roads. It will also present a feasible opportunity for the use of battery or electric HGV's to be implemented for 'Last Mile' delivery because of the short distance required to/from the point of delivery.

2. Systems and Processes at London Gateway

London Gateway is one of many deep sea ports situated in the UK, along with other major ports such as Southampton and Felixstowe. It has a capacity for over 2.4 million containers to pass through the port each year [5] highlighting how important the port is in transporting goods such as food, clothing and other essential products to people not just in the UK but around the world. Moreover, the port also has a key rail terminal located within its facility where up to "12 rail freight services run five times per week" [8] with the capacity to have 6 rail – freight services in at one time, as well

ria Net Zero entro il 2050" (Dipartimento per le imprese, l'energia e la strategia industriale, 2021, p. 25). Mettendo più merci su rotaia piuttosto che su strada [7], la necessità per la strada può essere focalizzata altrove, come ad esempio per la consegna 'dell'ultimo miglio'. Una tale mossa ridurrà il numero di veicoli pesanti sulle strade nazionali. Presenterà anche una possibile opportunità per l'uso mezzi pesanti a batteria o elettrici da implementare per la consegna "dell'ultimo miglio" a causa della breve distanza necessaria da/per il punto di consegna.

2. Sistemi e processi presso il London Gateway

Il London Gateway è uno dei tanti porti d'alto mare situati nel Regno Unito, insieme ad altri importanti porti come Southampton e Felixstowe. Ha una capacità di oltre 2,4 milioni di container da far transitare per il porto ogni anno [5], evidenziando quanto sia importante il porto nel trasporto di merci come cibo, abbigliamento e altri prodotti essenziali per le persone non solo nel Regno Unito ma in tutto il mondo. Inoltre, il porto ha anche un terminal ferroviario chiave situato all'interno della sua struttura in cui fino a "12 servizi di trasporto ferroviario di merci funzionano cinque volte a settimana" [8] con la capacità di avere 6 servizi ferroviari – merci in una sola volta, così come 180 piattaforme per il trasporto su strada [5]. Circa il 25% di tutti i container che transitano nel porto viene spostato su rotaia [9], lasciando l'altro $\frac{3}{4}$ (75%) dei container in transito che si spostano attraverso il trasporto su strada.

Per un layout di base di un porto con siti di trasporto su strada e su rotaia [10], il processo per far scendere i container dalla nave e spostarli su ferrovia o su strada e poi da quel punto in avanti ai rivenditori/consumatori comporta 4 passaggi chiave:

- Nave – Terra (tramite gru di banchina).
- Cantiere di accatastamento automatizzato (concentrandosi sui 30 per le operazioni a terra).
- Processo automatizzato di gestione autocarri.
- Il terminal ferroviario.

Nave – Terra

La prima fase del processo prevede il trasporto dei container fuori dalla nave e nella zona del porto, per essere successivamente spostati tramite le "Gru di Accatastamento Automatizzato" (GAA). Attualmente al Porto di London Gateway vi sono "12 gru di banchina ciascuna in grado di trasportare fino a quattro container contemporaneamente" [11]. Per questo caso di studio, il modello si basa sul numero di container in arrivo per nave sulla cifra di circa 5.700, basato sull'ormeggio di navi come la 'E.R. Danimarca' presso il London Gateway che ha trasportato circa 5.762 TEU [12], così come sulla media all'ora (60 minuti), lo scarico di 40 container [13].

180 bays for road haulage [5]. Around 25% of all shipping containers which move through the port is moved via rail [9], leaving the other $\frac{3}{4}$ (75%) of throughput containers moving via road haulage.

For a basic layout of a port with road and rail transportation sites [10], the process from getting containers off the ship and onto either rail or road and then onwards to re-tailers / consumers involves 4 key steps:

- Ship – Land (through quay cranes).
- Automated Stacking Yard (focussing on the 30 for land-side operations).
- Automated truck handling process.
- The rail terminal.

Ship – Land

Stage one of the process involves transporting the containers off the maritime vessel and into the port grounds, to later be moved via the 'Automated Stacking Cranes' (ASCs). Currently at the Port of London Gateway there are "12 quayside cranes each being able to carry up to four containers at one time" [11]. For this case study, the model is basing the number of containers to arrive per ship to be in the figure of around 5,700, which is based on ships such as the 'E.R. Denmark' berthing at the London Gateway whereby it carried approximately 5,762 TEU [12], as well as on average per hour (60 minutes), 40 containers being unloaded [13].

Automated Stacking Yard

Stage two of the process is the automated stacking yard, whereby this simulation is focussing on the use of the 30 landside automated stacking cranes (ASCs) which manage the movement of containers from quayside to delivery on road transport (trucks) or to the rail terminal.

Automated Truck Handling Process

This process involves a truck with a wagon attached to pull into a bay and wait for the automated crane to come into position and 'place' the container on to the truck, and once this has been safely completed the truck will be ready for dispatch. Next it can be driven off to its destination. The average time a truck enters and departs this stage is around 35 minutes, as well as over 1300 trucks per day [5].

The Rail Terminal

The fourth and final stage of this process is the rail terminal, which has on average 11 departures per day [14] to destinations such as Birmingham, Liverpool, Manchester and Scotland. A $\frac{1}{4}$ of all containers which are unloaded off the ship will end up being distributed in – land via rail [5]. The rail terminal at London Gateway has 6 'roads', with there being a growing need to reduce carbon emissions

Cantiere di accatastamento automatizzato

La seconda fase del processo è il piazzale di accatastamento automatizzato, in base al quale questa simulazione si concentra sull'uso delle 30 gru di accatastamento automatizzate a terra (ASC) che gestiscono il movimento dei container dalla banchina alla consegna su strada (autocarri) o al terminal ferroviario.

Processo automatizzato di gestione autocarri

Questo processo prevede un autocarro con un carro agganciato da portare in una piattaforma e attendere che la gru automatizzata entri in posizione e “posizioni” il container sull'autocarro, e una volta completato in modo sicuro l'autocarro sarà pronto per essere instradato. Successivamente può essere guidato verso la sua destinazione. Il tempo medio in cui un autocarro entra e parte in questa fase è di circa 35 minuti, con oltre 1300 autocarri al giorno.

Il terminal ferroviario

La quarta e ultima fase di questo processo è il terminal ferroviario, con una media di 11 partenze al giorno [14] per destinazioni come Birmingham, Liverpool, Manchester e Scozia. Un quarto di tutti i container che vengono scaricati dalla nave finirà per essere distribuito via terra su rotaia [5]. Il terminal ferroviario del *London Gateway* ha 6 “strade”, con una crescente necessità di ridurre le emissioni di carbonio e diventare “net – zero” entro il 2050, aumentando la percentuale di container e merci per ferrovia può svolgere un ruolo significativo nel contribuire a raggiungere questo obiettivo poiché un treno merci emette 0,04 kg di CO_2/km , rispetto a un autocarro che emette 0,26 kg di CO_2/km [15]. Ai fini di questo studio è stato istituito un modello di simulazione basato su eventi implementato utilizzando Simul8 per studiare le prestazioni del *London Gateway*.

3. Modellazione di simulazione basata su eventi

3.1. Analisi della letteratura

La modellazione della simulazione basata su eventi è stata utilizzata con successo per studiare le prestazioni di diversi tipi di sistemi di trasporto ferroviario di merci, terminali, stazioni e inclusi cantieri. Un modello di simulazione che utilizza Simul8 è sviluppato in [16] per studiare il potenziale per aumentare i livelli di utilizzo di una linea ferroviaria introducendo più servizi di trasporto ferroviario di merci. Un modello di simulazione basato su eventi che utilizza ARENA è presentato in [17] per studiare e valutare la progettazione di un piazzale di interscambio ferroviario, che fornisce servizi sia alle ferrovie ad alta velocità che a quelle convenzionali. Il contributo allo stesso campo è riportato in [18], per un Terminal intermodale con la funzione di *gateway*, in particolare.

and become ‘net – zero’ by 2050, increasing the % of containers and freight by rail can play a significant role in helping to achieve this objective as a freight train emits 0.04 kg CO_2/km , in comparison to a HGV emitting 0.26 kg CO_2/km [15].

For the purposes of this study an event-based simulation model implemented using Simul8 is set up to study the performances of London Gateway.

3. Event – based Simulation Modelling

3.1. Literature review

Event-based simulation modelling has been used successfully to study the performances of different types of rail freight systems, terminals, stations and yards included. A simulation model using Simul8 is developed in [16] to study the potential for increasing the utilisation levels of a rail line by introducing more rail freight services. An event based simulation model using ARENA is presented in [17] to study and evaluate the design of a rail interchange yard, which provides service to both high speed and conventional railways. Contribution to the same field is reported in [18], looking at an intermodal terminal with gateway function in particular.

Event-based simulation modelling techniques are used in [19] to design a collection point for baggage transfer services at a railway station.

Event-based simulation models using Simul8 are implemented in [20][21][22] to analyse and evaluate rail freight yard performances. The models presented there are extended in [23] to include a network of rail freight yards, showing the clear potential of the tool.

The intention behind this study is to use event-based simulation modelling to analyse the performances of London Gateway Intermodal Terminal. Specifically, as key element that goes through intermodal terminals, intermodal traffic can be defined as “a system of transport whereby two or more modes of transport are used to transport the same loading unit or truck in an integrated manner” [24]. There is a range of factors which contribute to the efficiency and overall success of an intermodal terminal. Factors that can influence the timeliness of loading, unloading and the throughput which an intermodal terminal such as London Gateway, and intermodal terminals experience across the UK, and Europe. Further reference is made in [25] to the timeliness factor within the simulation model of an intermodal terminal presented there, stating that the higher the efficiency of the loading and unloading process of the freight train, the higher the capacity each track within the terminal. An efficient loading/unloading process, as stated in [26], reduces the likelihood of going over the cut – off time (cut – off time being an agreed time for loading to be completed or ceased to ensure a timely departure from the terminal) as loading would likely be completed prior to the designated cut off time. The reduced risk of going over the cut – off time

La modellazione delle tecniche di simulazione basate su eventi è utilizzata in [19] per progettare un punto di raccolta per i servizi di trasferimento bagagli in una stazione ferroviaria.

I modelli di simulazione basati su eventi che utilizzano Simul8 sono implementati in [20][21][22] per analizzare e valutare le prestazioni dello scalo merci ferroviario. I modelli presentati sono approfonditi in [23] per includere una rete di scali merci ferroviari, mostrando il chiaro potenziale dello strumento.

L'intenzione alla base di questo studio è quella di utilizzare la modellazione della simulazione basata su eventi per analizzare le prestazioni del Terminal Intermodale del *London Gateway*. In particolare, come elemento chiave che passa attraverso i terminal intermodali, il traffico intermodale può essere definito come "un sistema di trasporto in cui due o più modi di trasporto vengono utilizzati per trasportare la stessa unità di carico o autocarro in modo integrato" [24]. Vi è una serie di fattori che contribuiscono all'efficienza e al successo complessivo di un terminal intermodale. Fattori che possono influenzare la tempestività di carico, scarico e il rendimento che un terminal intermodale come il *London Gateway* e i terminal intermodali sperimentano in tutto il Regno Unito e in Europa. Si fa un ulteriore riferimento in [25] al fattore di tempestività all'interno del modello di simulazione di un terminal intermodale ivi presentato, affermando che maggiore è l'efficienza del processo di carico e scarico del treno merci, maggiore è la capacità di ciascun binario all'interno del terminal. Un processo di carico/scarico efficiente, come indicato in [26], riduce la probabilità di superare il tempo di interruzione (il tempo di interruzione è un tempo concordato per il completamento o la cessazione del caricamento per garantire una partenza tempestiva dal terminal) poiché il caricamento verrebbe probabilmente completato prima del tempo di interruzione designato. Il rischio ridotto di superare il tempo di interruzione riduce anche la necessità di compromessi, per quanto riguarda la priorità di ottenere un treno a pieno carico alla partenza, tuttavia, con un ritardo o un treno parzialmente carico che non comporta ritardi di partenza, ma sostiene costi attraverso ricavi ridotti dovuti al trasporto di meno container per servizio.

Ciò è applicabile a tutti gli aspetti del terminal intermodale, non solo al terminale ferroviario, ma anche allo scarico/carico di navi e mezzi pesanti per migliorare il flusso complessivo che un terminal intermodale può gestire. Si potrebbe inoltre sostenere che un terminal intermodale incentrato sul miglioramento dell'efficienza del processo di carico/scarico consentirà in teoria al terminal intermodale di aumentare la sua produttività indipendentemente dalla forma di trasporto utilizzata per distribuire i container da/verso il terminal. Tuttavia, attraverso l'uso della simulazione del *London Gateway* si spera che evidenziando la ferrovia come una forma di trasporto più attraente per i container, non solo a causa dei suoi benefici ambientali, ma con la sua maggiore capacità (più container

also reduces the need for compromise, in regards to prioritising getting a fully loaded train to departure, however, with a delay, or a partially loaded train incurring no departure delays, but incurring costs through reduced revenue because of transporting less containers per service.

This is applicable to all aspects of the intermodal terminal, not just the rail terminal, but also the unloading/loading of shipping vessels, and HGVs to improve the overall throughput an intermodal terminal can handle. It could be further argued that through an intermodal terminal focussing on improving efficiency of the loading/unloading process will in theory enable the intermodal terminal to increase its throughput regardless of what form of transport is used to distribute containers to/from the terminal. However, through the use of the London Gateway simulation it is hoped that highlighting rail as a more attractive form of transportation for containers, not only because of its environmental benefits, but with its increased capacity (more containers moved per train versus road transport) can also enable an intermodal terminal to become more efficient through distributing more containers at one time, and not having to store large numbers of containers on sight awaiting transportation, of which could be inefficient as it requires more trips to/from the storage site, compared with going directly from ship to train.

The external environment in [27] is defined as being something that organizations have no control over, can have severe impact on terminal throughput, especially during pandemics suchlike "Coronavirus" and phenomena associated with them, e.g. lockdowns, stagnate the movement of containers through ports globally which could see a "reduction in throughput of between 25 – 30%" [28] because of countries halting their exports. With the external environment being one factor, industrial action can have an influence upon the throughput and efficiency of ports and intermodal terminals [29] and upon the supply chains they serve and are part of.

However, there are many more factors which have been found and stated in simulations studies of intermodal terminals which can impact significantly upon the efficiency of intermodal terminals. In [30] a reference is made to the human aspect of rail operations with the requirement to have well qualified personnel, like rail shunters and ground staff, who can execute the shunting operations in a timely and professional manner. Without the input of ground – staff it could pose a risk to the arrival/departure time of a freight service, thus having later consequences on the amount of time to load / unload the train, as well as the overall time for train preparation, which, if not done correctly can have even more devastating consequences on timeliness for the customers of the freight service, as well as for other customers on the rail network because of possible unsafe loads or damaged goods during transit.

The simulation model in [30] suggested that the use of rail freight in intermodal terminals does indeed have the potential to increase its share of container based freight movements. Hence, this suggestion is very promising in relation

spostati per treno rispetto al trasporto su strada) possa anche consentire a un terminal intermodale di diventare più efficiente attraverso la distribuzione di più container contemporaneamente, e non dover immagazzinare un gran numero di container a vista (in loco) in attesa del trasporto, che potrebbe essere inefficiente in quanto richiede più viaggi da/per il sito di stoccaggio, rispetto ad andare direttamente da nave a treno.

L'ambiente esterno in [27] è definito come qualcosa su cui le organizzazioni non hanno alcun controllo, può avere un grave impatto sul flusso del terminal, specialmente durante pandemie come il "Coronavirus" e fenomeni ad essi associati, ad esempio confinamenti, fanno ristagnare il movimento di container attraverso i porti a livello globale con una possibile "riduzione del flusso tra il 25-30%" [28] dovuta all'interruzione delle esportazioni dei paesi. Essendo l'ambiente esterno un fattore, l'azione industriale può avere un'influenza sul rendimento e sull'efficienza dei porti e dei terminal intermodali [29] e sulle catene di approvvigionamento di cui fanno parte.

Tuttavia, ci sono molti altri fattori che sono stati trovati e dichiarati negli studi di simulazione dei terminal intermodali che possono avere un impatto significativo sull'efficienza dei terminal intermodali. In [30] si fa riferimento all'aspetto umano delle operazioni ferroviarie con l'obbligo di disporre di personale ben qualificato, come i manovratori ferroviari e il personale di terra, in grado di eseguire le operazioni di smistamento in modo tempestivo e professionale. Senza l'input del personale di terra – potrebbe rappresentare un rischio per l'orario di arrivo/partenza di un servizio di trasporto merci, avendo così conseguenze successive sulla quantità di tempo per caricare / scaricare il treno, così come il tempo complessivo per la preparazione del treno, che, se non eseguito correttamente può avere conseguenze ancora più devastanti sulla tempestività per i clienti del servizio di trasporto merci, così come per gli altri clienti sulla rete ferroviaria a causa di possibili carichi non sicuri o merci danneggiate durante il transito.

Il modello di simulazione in [30] ha suggerito che l'uso del trasporto ferroviario di merci nei terminal intermodali ha effettivamente il potenziale per aumentare la sua quota di movimenti di merci basati su container. Pertanto, questo suggerimento è molto promettente in relazione agli obiettivi e alle motivazioni stabiliti per il modello di simulazione del *London Gateway*, in quanto la logica principale per il modello di simulazione del *London Gateway* è quella di indagare se il *London Gateway* può aumentare la sua dipendenza dal trasporto ferroviario di merci per distribuire container.

In [31] si fa un ulteriore riferimento all'importanza per la motivazione del modello di simulazione per il *London Gateway* attraverso la descrizione di terminal come questo come fattore facilitante e abilitante un collegamento tra origine e destinazione all'interno della più ampia catena di approvvigionamento, con una potenziale opportunità di comprendere come e dove è possibile aumentare il ren-

to the objectives and motivations set out for the London Gateway simulation model, in that the main rationale for the London Gateway simulation model is to investigate whether London Gateway can increase its reliance upon rail freight to distribute containers.

In [31] a further reference is made that is relevant to the motivation of the simulation model for London Gateway through describing terminals such as this as being a facilitator and as enabling a link between origin and destination within the wider supply chain, with a potential opportunity to understand how and where it is possible to increase the throughput of the 'nodes' in the network. Moreover, the layout of the simulation executed there is similarly mirrored in the London Gateway model, i.e. split into four areas: road and rail gates, a buffer area (temporary storage of containers) and a storage area (higher storage time compared to the buffer area). In contrast to [31], the London Gateway model entry gates differ. This is because of the London Gateway queueing network being comprised of arrival by maritime (boat), and departure by both road (trucks) and rail, whereas in [30] it just includes the input of road transport (inland container terminal) then to rail (and vice – versa), rather than an input from maritime. However, it is interesting to note that through simulating an inland container terminal it provides further insight into the other end of the supply chain, and how there is further room for efficiency in the meeting point between road and rail.

Overall, previous relevant simulation studies highlight just how many factors (human, technological and the wider external environment of which it is virtually impossible to control) impact or can affect the process of moving a container from A to B, as well as how many "influencing" interaction points there is in creating many opportunities or threats to the timeliness of service delivery. A one train service departing a port such as London Gateway can be delayed or underutilised through a handful of factors: shipping delay, rail network delay, road network delay, a locomotive failure or a plant breakdown (reach stackers or overhead crane failures). This can more specifically result in a truck not arriving on time to pick up a container, or drop off a container needing to be transported via rail, a train being underutilised (not at its full operational capacity), or a customer (business or individual) not having their order or demands fulfilled. The consequences of one or more of these failures occurring, is likely to have a domino effect upon the ports throughput for days, as well its impacts upon other freight transport facilities and networks across the country and the rest of the supply chain.

3.2. Modelling of London Gateway using SIMUL8

For simulation modelling purposes, the main objective is looking at whether or not the rail freight terminal at London Gateway has the capacity and efficiency-level to handle increased traffic if switched from a reliance on truck / road haulage. This study looks at opportunities for "shift to rail" with the three scenarios being:

dimento dei “nodi” nella rete. Inoltre, il *layout* della simulazione eseguita è rispecchiato allo stesso modo nel modello del *London Gateway*, ovvero suddiviso in quattro aree: barriere stradali e ferroviarie, un’area buffer (stoccaggio temporaneo di container) e un’area di stoccaggio (tempo di stoccaggio più elevato rispetto all’area buffer). In contrasto con [31], le barriere d’ingresso del modello *London Gateway* differiscono. Ciò è dovuto al fatto che la rete di code del *London Gateway* comprende l’arrivo via mare (barca) e la partenza sia su strada (autocarro) che su rotaia, mentre in [30] include solo l’ingresso del trasporto su strada (terminal container interno) quindi alla ferrovia (e viceversa), piuttosto che un input marittimo. Tuttavia, è interessante notare che la simulazione di un terminal container interno fornisce ulteriori informazioni sull’altra estremità della catena di approvvigionamento e su come vi sia ulteriore spazio per l’efficienza nel punto di incontro tra strada e ferrovia.

Nel complesso, i precedenti studi di simulazione rilevanti evidenziano quanti fattori (umani, tecnologici e il più ampio ambiente esterno di cui è praticamente impossibile controllare) influenzano o possono influenzare il processo di spostamento di un container da A a B, nonché quanti punti di interazione “impattanti” ci sono nel creare molte opportunità o minacce alla tempestività della fornitura del servizio. Un servizio di un treno in partenza da un porto come il *London Gateway* può essere ritardato o sottoutilizzato attraverso una manciata di fattori: ritardo della spedizione, ritardo della rete ferroviaria, ritardo della rete stradale, guasto della locomotiva o guasto dell’impianto (gru accatasta container o guasti del carroponte). Ciò può più specificamente comportare che un autocarro non arrivi in tempo per prelevare un container, o che un container debba essere trasportato su rotaia, con sottoutilizzo di un treno (non alla sua piena capacità operativa) o la mancata soddisfazione di un cliente (azienda o individuo) del proprio ordine o delle proprie richieste. È probabile che le conseguenze di uno o più di questi malfunzionamenti abbiano un effetto domino sul flusso dei porti per giorni, così come il suo impatto su altre strutture e reti di trasporto merci in tutto il paese e nel resto della catena di approvvigionamento.

3.2. Modellazione del *London Gateway* utilizzando SIMUL8

Ai fini della modellazione della simulazione, l’obiettivo principale è verificare se il terminal ferroviario merci del *London Gateway* abbia la capacità e il livello di efficienza per gestire l’aumento del traffico se commutato da una dipendenza dal trasporto su strada/autocarro. Questo studio esamina le opportunità di “passaggio alla ferrovia” con i tre scenari seguenti:

- Scenario 1: Un riferimento – da utilizzare come controllo, e se il sistema attuale sia adatto o meno allo scopo.
- Scenario 2: aumento della % di container su ferrovia dal 25% al 40% (la strada essendo al 60%)

- Scenario 1: A benchmark – to be used as a control, and whether or not the current system is fit for purpose.
- Scenario 2: Increase % of containers to rail from 25% to 40% (road being at 60%)
- Scenario 3: Increase % of containers going via rail to 60% (road being at 40%).

All three scenarios are modelled using Simul8 over a 24 hour period (00:00 – 23:59) to represent a 24 hour day at *London Gateway*, whereby a ship arrives with an average TEU load of 5,700 and then be unloaded through the duration of the day. From being unloaded off the ship, containers move from the Quayside Cranes, into the Automated Stacking Cranes, then to either the Automated Truck Handling Process (i.e. 30 modules each with a capacity of 6 bays i.e. 180 bays per hour) or the Rail Freight Terminal, which has 3 cranes that can load containers onto 6 trains at any one time (as it is a 24 hour simulation, there is scheduled to be 11 departures per day, with each train averaging 50-60 containers per train).

From Fig. 1, which shows the layout of terminal implemented in the Simul8 model, for Scenario 1, the parameters of the simulation are as follows:

- Number of Containers arriving off the ship: 5,700.
- 12 Quayside Cranes: each with an average service time of a container every 2 minutes.
- 30 Automated Stacking Cranes (Land): each with an average service time of a container every minute.
- Automated Truck Handling Process: each of the 30 ‘modules’ having 6 bays, with an average service time of 35 minutes per truck.
- Rail Freight Terminal: within which the rail terminal cranes servicing a container every 2 minutes.

Scenario 1: ‘Benchmark’

The first scenario using the Simul8 Model set to simulate a benchmark run was ‘Do Nothing’. It enabled comparison to the current system performance of *London Gateway*, in relation to the Measures of System Performance (MoPs) such as: Number of trucks removed (which were compared across all three scenarios), the number of containers in the system and their throughput, and utilisation levels (of Automated Truck Handling System and Rail Terminal).

From ‘Scenario 1’ a total of 1,622 containers went through the simulation, with 1,526 containers being executed (outputted). This output was split between Road / Rail with a ratio of 60:40, 1,180: 392 containers. Rail had a higher average output of containers in comparison to Road (see Tab. 1 and Tab. 2), with Road having 39 and Rail having 65. The main reasoning for this output being the utilisation of lorries being 52%, with an average number of lorries per hour being 27.86 (see Fig. 2).

- Scenario 3: aumentare la % di container che viaggiano su ferrovia al 60% (la strada essendo al 40%).

Tutti e tre gli scenari sono modellati utilizzando Simul8 per un periodo di 24 ore (00:00 – 23:59) per rappresentare una giornata di 24 ore al *London Gateway*, in cui una nave arriva con un carico medio TEU (Unità equivalente a 20 piedi) di 5.700 per poi essere scaricata per tutta la durata del giorno. Dall'essere scaricati dalla nave, i container si spostano dalle gru di banchina, alle gru di accatastamento automatizzato, quindi al processo di movimentazione automatizzato degli autocarri (ovvero 30 moduli ciascuno con una capacità di 6 piattaforme, ovvero 180 piattaforme all'ora) o al terminal merci ferroviario, dotato di 3 gru che possono caricare container su 6 treni in qualsiasi momento (poiché si tratta di una simulazione di 24 ore, è previsto che ci siano 11 partenze al giorno, con ogni treno in media 50-60 container per treno).

Dalla Fig. 1, che mostra il *layout* del terminal implementato nel modello Simul8, per lo Scenario 1, i parametri della simulazione sono i seguenti:

- Numero di container in arrivo dalla nave: 5.700.
- 12 Gru di banchina: ciascuna con un tempo medio di servizio di un container ogni 2 minuti.
- 30 Gru Accatastamento Automatico (Terra): ciascuna

In comparison of Road and Rail utilization, Road has little room to increase its capacity/input with around 6% spare capacity (see Fig. 3), and if the percentage of containers via road was to increase then it would be limited to how efficient containers would move through the system before the system incurs delays.

In comparison to Rail, whereby there is a waiting capacity of over 51% (see Fig. 4), which would enable a higher percentage of containers to go via Rail and ultimately more containers to go through the Port within a 24 hour period.

There is on average 35 containers per train (18 freight wagons-platform), which is accurate as not every train each day is continually expected to have a train load of 50-60 containers due to varying levels of demand and shipping rates. Moreover, each train is expected to have a varying wagon set type and length, ranging from IFA wagons (IFA being a carrying capacity of a single container per wagon), to IKA wagons (IKA being a carrying capacity of two containers per wagon) which will influence a train's carrying capacity. Moreover, as the model is only taking into consideration the unloading of one ship, not the maximum capacity of three, the throughput of containers would be higher if the number of containers inputted into the system was higher. It should also be taken into account that not all containers within a ship would be unloaded, as each would

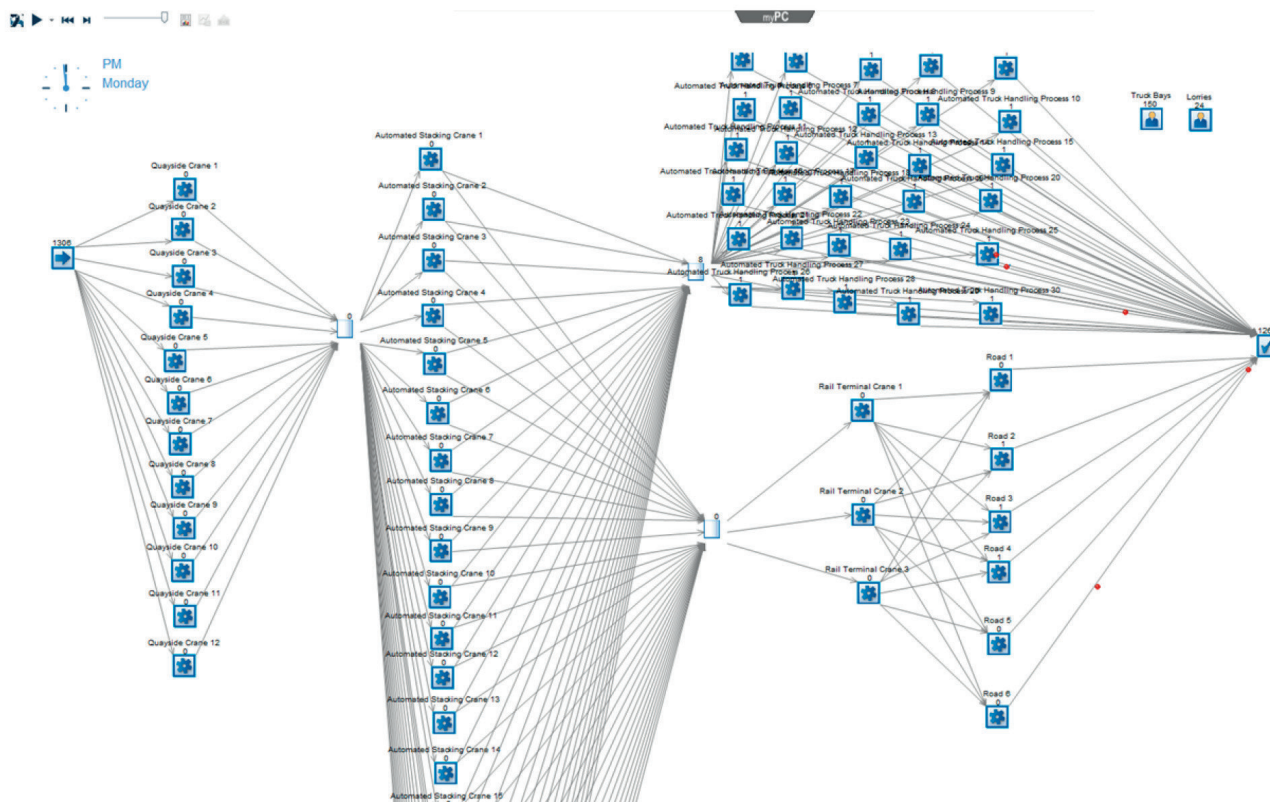


Figura 1 – Schermata di Simul8 'Modello London Gateway'.
Figure 1 – Screenshot of Simul8 'London Gateway Model'.

con un tempo medio di servizio di un container al minuto.

- Processo automatizzato di gestione degli autocarri: ciascuno dei 30 “moduli” ha 6 alloggiamenti, con un tempo medio di servizio di 35 minuti per autocarro.
- Terminal ferroviario merci: all’interno del quale le gru del terminal ferroviario servono un container ogni 2 minuti.

Scenario 1: “Riferimento”

Il primo scenario che utilizzava il modello Simul8 impostato per simulare un’esecuzione di riferimento era “Non fare nulla”. Ha consentito il confronto con le attuali prestazioni del sistema del *London Gateway*, in relazione agli Indicatori di Prestazione del Sistema (*Measures of System Performance* ([MoP]) come: Numero di autocarri rimossi (che sono stati confrontati in tutti e tre gli scenari), il numero di container nel sistema e il loro flusso e i livelli di utilizzo (del Sistema Automatico di Gestione Autocarri e Terminal Ferroviario).

Dallo “Scenario 1” sono stati simulati 1.622 container, con 1.526 container in fase di lavorazione (in uscita). Questo flusso è stato diviso tra strada / ferrovia con un rapporto di 60:40, 1.180: 392 container. La ferrovia ha avuto un maggior flusso medio di container rispetto alla strada (vedi Tab. 1 e Tab. 2), con la strada pari a 39 e ferrovia pari a 65. Il ragionamento principale alla base di questo rendimento è che l’utilizzo degli autocarri è pari al 52%, con un numero medio di autocarri all’ora pari a 27,86 (Fig. 2).

Rispetto all’utilizzo di strade e ferrovie, la Strada ha poco spazio per aumentare la sua capacità/input con circa il 6% di capacità inutilizzata (vedi Fig. 3), e se la percentuale di container su strada dovesse aumentare, sarebbe limitata a come i container efficienti si sposterebbero attraverso il sistema prima che il sistema subisca ritardi.

In confronto la Ferrovia ha una capacità di attesa di oltre il 51% (vedi Fig. 4), che consentirebbe a una percentuale più elevata di container di passare per la Ferrovia e, infine, più container di passare attraverso il porto entro un lasso di tempo di 24 ore.

Vi sono in media 35 container per treno (18 carri merci-piattaforma), il che è preciso in quanto non tutti i treni, ogni giorno, dovrebbero continuamente avere un carico di treno di 50-60 container a causa dei diversi livelli di domanda e tariffe di spedizione. Inoltre, ogni treno dovrebbe avere un tipo e una lunghezza di vagone variabili, che vanno dai vagoni IFA (IFA è una capacità di carico di un singolo container per vagone), ai vagoni IKA (IKA è una capacità di carico di due container per vagone) che influenzeranno la capacità di carico di un treno. Inoltre, poiché il modello prende in considerazione solo lo scarico di una nave, non la capacità massima di tre, il flusso di container sarebbe più elevato se il numero di container immessi nel

Tabella 1 – Table 1

Elementi di lavoro completati per il processo di gestione autocarro, Scenario 1
Completed Work Items for Truck handling process, Scenario 1

Processo automatizzato di gestione autocarri <i>Automated Truck Handling Process</i>	Nr. di elementi di lavoro completati <i>No. of Completed Work Items</i>
1	38
2	41
3	38
3	37
4	38
5	39
6	39
7	38
8	41
9	39
10	37
11	40
12	38
13	37
14	38
15	35
16	38
17	39
18	39
19	37
20	39
21	37
22	40
23	38
24	38
25	37
26	38
27	35
28	38
29	35
30	39
Totale <i>Total</i>	1.180
Media <i>Average</i>	39,3

sistema fosse maggiore. Si dovrebbe inoltre tenere conto del fatto che non tutti i container all'interno di una nave verrebbero scaricati, poiché ciascuno potrebbe avere una destinazione diversa a livello globale; quindi, gli input nel sistema dovrebbero variare.

Scenario 2: "Aumento della % di container su rotaia dal 25% al 40% (la strada essendo al 60%)"

Per lo Scenario 2, è stato previsto di studiare quanta capacità aggiuntiva può essere utilizzata dalle gru ferroviarie. Si è visto che tutti e 6 passano oltre il 50% del tempo "in attesa" nello Scenario 1. Esiste la possibilità potenziale di sfruttare questa capacità inutilizzata per spostare il traffico dei container dalla strada alla ferrovia. Pertanto, per lo Scenario 2, un aumento della percentuale di container che vanno su rotaia è stato aumentato dal 25% al 40%, con la strada al 60% (vedi Fig. 5).

Le prime osservazioni mostrano un aumento del flusso totale attraverso il modello Simul8, con lo Scenario 1 che esegue 1.572 container rispetto allo Scenario 2 (Tab. 3 e Tab. 4) che esegue 1.599 container (aumento dell'1,72% per uno spostamento modale del 15%). Inoltre, a seguito di questo cambiamento di trasferimento modale del 15%, ciò porterebbe alla rimozione di 186 autocarri dalla strada (1.180 – 994); riducendo la congestione sulle strade di Londra. Una riduzione dell'utilizzo di autocarri (Fig. 6) e strada (Fig. 7), qualsiasi "spreco", ovvero piattaforme per autocarri inutilizzate, potrebbe essere convertito in nuove aree per impilare container o implementare nuove gru (server) per caricare/scaricare autocarri, rendendo il processo più efficiente. A causa del passaggio alla ferrovia in questo scenario, si osserva un aumento di oltre il 20% nell'utilizzo della ferrovia come mostrato nella Fig. 8. Ciò consentirebbe un maggiore impegno per il trasporto merci su rotaia, attraverso la presenza di un maggior numero di gru per terminal ferroviari rispetto alle gru per la gestione di autocarri, poiché i treni possono diventare più lunghi e girare più velocemente piuttosto che su strada, nonché potenzialmente aumentando (a seconda della capacità della rete ferroviaria e della disponibilità di percorsi ferroviari di rete) la frequenza dei treni in partenza dal terminal al giorno.

Scenario 3: "Aumento della % di container che viaggiano su rotaia al 60% (la strada essendo al 40%)"

Per lo Scenario 3, la percentuale di container che viaggiano per ferrovia è stata aumentata al 60%, con la strada al 40% (vedi Fig. 9) a causa del fatto che la ferrovia ha ancora una capacità operativa residua di 1/3 (circa il 30%).

Tabella 2 – Table 2

Elementi di lavoro completati per il Terminal ferroviario, Scenario 1

Completed Work Items for Rail Terminal, Scenario 1

Ferrovia Rail Road	Nr. di elementi di lavoro completati No. of Completed Work Items
1	64
2	66
3	68
4	66
5	65
6	63
Totale Total	392
Media Average	65,3

likely have a different destination globally, thus inputs into the system are expected to vary.

Scenario 2: 'Increase % of containers to rail from 25% to 40% (road being at 60%)'

For Scenario 2, it was envisaged to study how much additional capacity can be utilised from the rail cranes. It was seen that all 6 spending over 50% of the time 'waiting' in Scenario 1. There is potential opportunity to exploit this spare capacity to shift container traffic from road to rail. Therefore for Scenario 2, an increase in the percentage of containers going to rail was increased from 25% to 40%, with road being at 60% (see Fig. 5).

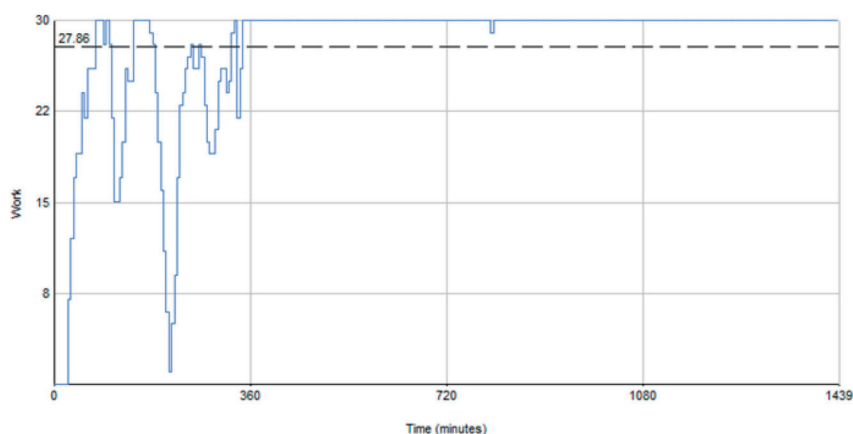


Figura 2 – Autocarri 52% Utilizzo, Scenario 1.
Figure 2 – Lorries 52% Usage, Scenario 1.

Tuttavia, un aumento del 20% dei container che passano per ferrovia, significava che il flusso totale dello Scenario 3 (vedi Tab. 5 e Tab. 6) era di 1.445 container, con una diminuzione del -10,7% rispetto allo Scenario 2 e una diminuzione del -8,8% rispetto allo Scenario 1. Pertanto, dallo Scenario 3, con un utilizzo anormalmente elevato della ferrovia e un utilizzo irrealisticamente basso degli autocarri e della strada (si veda la Fig. 10, la Fig. 11 e la Fig. 12), si potrebbe concludere che uno spostamento alla ferrovia superiore al 55% riduce il rendimento totale del porto e pone una quantità insostenibile di pressione sul terminal ferroviario, con il rendimento totale per treno in media di 14 container in più (una media di 60 nello Scenario 1). Inoltre, come suggerito dal modello Simul8, vedi Fig. 13, esiste una coda significativa per il terminal ferroviario, con attualmente oltre 100 container in coda in attesa di essere assegnati al terminal ferroviario.

L'aumento della capacità di trasporto ferroviario al 60% limita il porto dall'aumentare la sua capacità di trasporto al giorno, anche se il numero di container che viaggiano su rotaia è 814 (in totale), con un carico medio del treno di 74 per treno (814/11), rispetto allo Scenario 1 che aveva un carico medio del treno di 35 container per treno (392/11). Pertanto, potrebbe essere necessario un compromesso sul numero di container che transitano per ferrovia rispetto al numero totale di container in uscita attraverso il porto.

4. Conclusioni

È stato condotto uno studio di modellazione di simulazione basato su eventi del *London Gateway* per indagare e valutare se il London Gateway ha il potenziale per aumentare la sua dipendenza dal trasporto ferroviario di merci come mezzo per aumentare il flusso totale dei container. Il modello Simul8 presentato in questo studio suggerisce che ai fini del processo decisionale sullo spostamento su rotaia nel caso del *London Gateway* lo scenario migliore da implementare è uno tra lo Scenario 2 e 3, in cui la percentuale di container che passano per ferrovia deve essere aumentata dal 25% a circa il 50-55%, ma non più del 60%. Ciò è dovuto al fatto che la coda è troppo lunga per il terminal ferroviario e le gru da gestire, senza dover ricorrere all'implementazione di gru aggiuntive per affrontare questa domanda. Tuttavia, sulla base del risultato ottenuto dal modello Simul8 nello Scenario 1 in particolare, si consiglierebbe l'aumento immediato della percentuale di container che attraversano il terminal ferroviario del *London Gateway* fino al 25%, con terminal ferroviari con

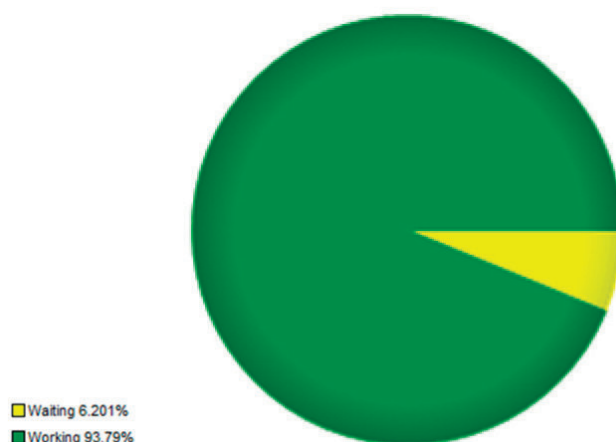


Figura 3 – Utilizzo della strada, Scenario 1.
Figure 3 – Road usage, Scenario 1.

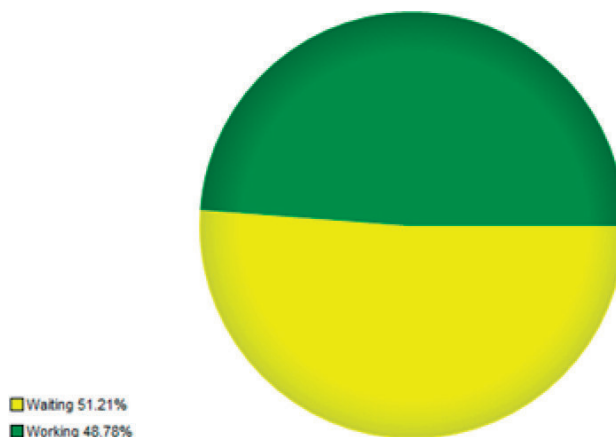


Figura 4 – Utilizzo della Ferrovia, Scenario 1.
Figure 4 – Rail usage, Scenario 1.

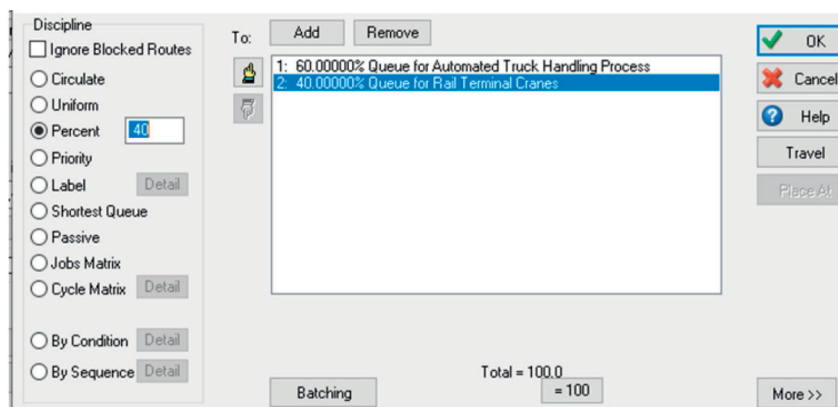


Figura 5 – Intradamento nel Simul8, Scenario 2.
Figure 5 – Routing Out in Simul8, Scenario 2.

Tabella 3 – Table 3

Elementi di lavoro completati per il Terminal ferroviario,
Scenario 2
*Completed Work Items for Truck handling process,
Scenario 2*

Processo automatizzato di gestione autocarri <i>Automated Truck Handling Process</i>	Nr. di elementi di lavoro completati <i>No. of Completed Work Items</i>
1	32
2	35
3	31
3	31
4	31
5	33
6	33
7	32
8	35
9	33
10	30
11	34
12	31
13	31
14	33
15	29
16	32
17	31
18	32
19	32
20	33
21	32
22	35
23	30
24	33
25	32
26	33
27	31
28	31
29	31
30	32
Totale <i>Total</i>	994
Media <i>Average</i>	33,1

Tabella 4 – Table 4

Elementi di lavoro completati per il Terminal ferroviario,
Scenario 2
Completed Work Items for Rail Terminal, Scenario 2

Ferrovia <i>Rail Road</i>	Nr. di elementi di lavoro completati <i>No. of Completed Work Items</i>
1	98
2	96
3	101
4	105
5	105
6	100
Totale <i>Total</i>	605
Media <i>Average</i>	100,8

First observations show an increase in total output through the Simul8 model, with Scenario 1 executing 1,572 containers compared to Scenario 2 (see Tab. 3 and Tab. 4) executing 1,599 containers (1.72% increase for a 15% modal shift). Furthermore, as a result of this 15% modal shift change, this would lead to 186 lorries being removed of the road (1,180 – 994); reducing Congestion on London roads. A reduction in the utilization of lorries (Fig. 6) and road (Fig. 7), any 'wastage' i.e. unused truck bays could be converted into new areas to stack containers or implement new cranes (servers) to load/unload lorries, making the process more efficient. Due to the shift to Rail in this scenario, an increase of over 20% in the utilisation of rail is observed as shown in Fig. 8. It would enable a stronger commitment to rail freight, through having more Rail Terminal cranes in comparison to the truck handling cranes because trains can become longer, and be turned around quicker rather than road, as well as potentially (depending upon rail network capacity and the availability of Network Rail paths) increasing the frequency of trains departing the terminal per day.

Scenario 3: 'Increase % of containers going via rail to 60% (road being at 40%)'

For Scenario 3, the percentage of containers going via rail was increased to 60%, with road being at 40% (see Fig. 9) as a result of rail still having a 1/3 (around 30%) operational capacity left.

However, a 20% increase in containers going via rail, meant total output of Scenario 3 (see Tab. 5 and Tab. 6) was 1,445 containers a -10.7% decrease in comparison to Scenario 2, and a -8.8% decrease in comparison to Scenario 1. Therefore, from Scenario 3, with abnormally high utilisation

oltre il 50% di capacità inutilizzata che viene sprecata. Successivamente, dallo Scenario 2 è stato evidenziato che un aumento del 15% dei container che viaggiano su rotaia piuttosto che su strada, dovrebbe aumentare il flusso totale del sistema dell'1,72%, quindi, qualsiasi aumento fino al 25% dei container che viaggiano su rotaia (circa uno split 50/50) mostrerà un aumento del flusso del sistema. L'implementazione dello Scenario 3 sarebbe sconsigliato, questo perché il flusso complessivo del sistema diminuisce dell'8,8%, riducendo l'efficienza complessiva del sistema, causando un rallentamento nel terminale ferroviario, piuttosto che dividere la pres-

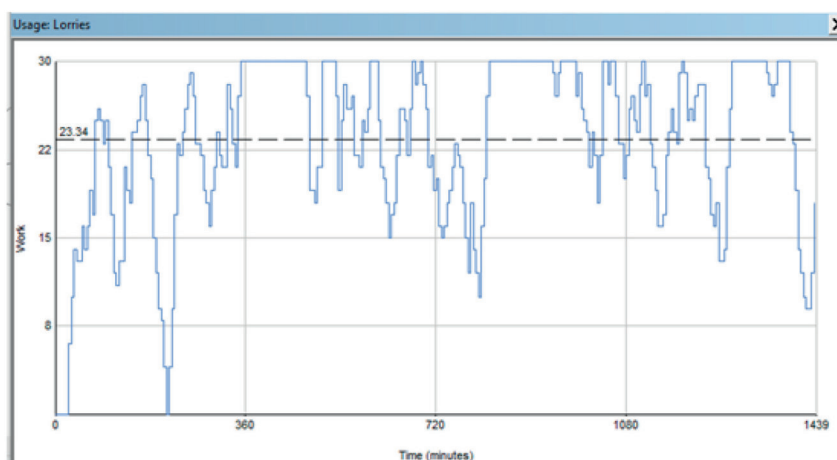


Figura 6 – Autocarri 43% di Utilizzo, Scenario 2.
Figure 6 – Lorries 43% usage, Scenario 2.

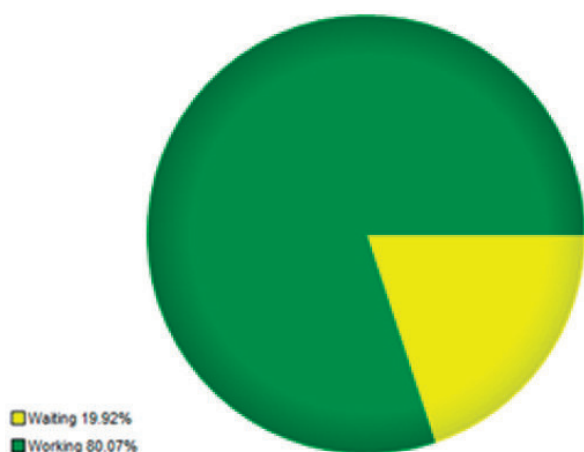


Figura 7 – Utilizzo della strada, Scenario 2.
Figure 7 – Road usage, Scenario 2.

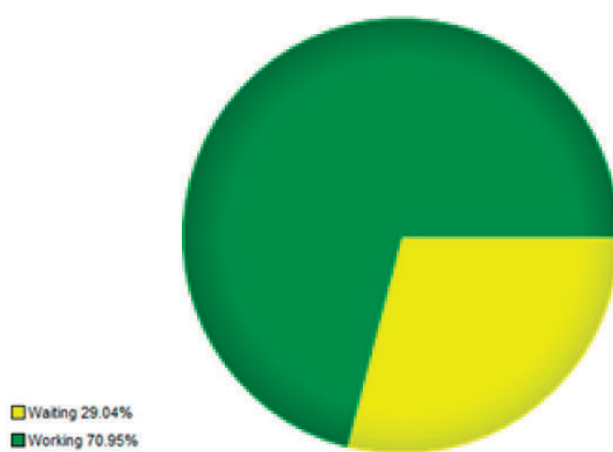


Figura 8 – Utilizzo della Ferrovia, Scenario 2.
Figure 8 – Rail usage, Scenario 2.

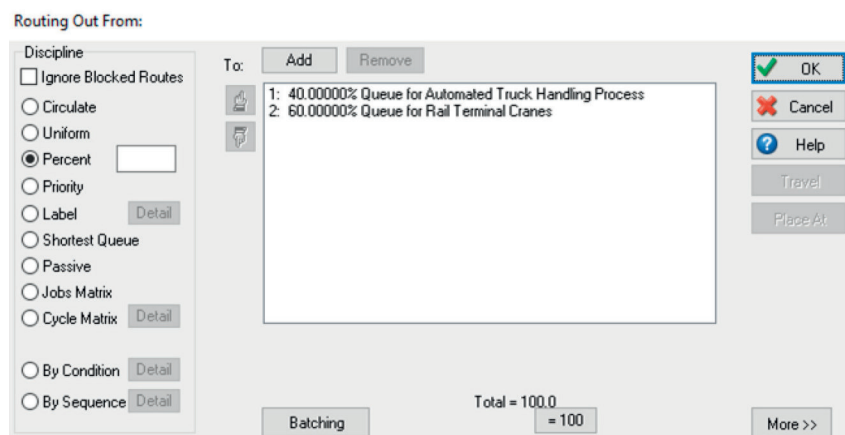


Figura 9 – Instradamento nel Simul8, Scenario 3.
Figure 9 – Routing Out in Simul8, Scenario 3.

tion of rail and unrealistically low utilisation of lorries and road (see Fig. 10, Fig. 11 and Fig. 12), it could be concluded that a shift to rail in excess of 55% reduces the Port's total output, and puts an unsustainable amount of pressure upon the rail terminal, with the total output per train being on average an extra 14 containers (average of 60 in Scenario 1). Moreover, as the Simul8 model suggested, see Fig. 13, there is a significant queue forming for the rail terminal, with currently over 100 containers in the queue waiting to be assigned to the rail terminal.

Increasing Rail throughput to 60% restricts the Port from increasing its

Tabella 5 – Table 5

Elementi di lavoro completati per il processo di gestione autocarri, Scenario 3
Completed Work Items for Truck handling process, Scenario 3

Processo automatizzato di gestione autocarri <i>Automated Truck Handling Process</i>	Nr. di elementi di lavoro completati <i>No. of Completed Work Items</i>
1	21
2	23
3	21
4	20
5	22
6	21
7	21
8	23
9	22
10	20
11	22
12	21
13	21
14	22
15	20
16	21
17	20
18	21
19	20
20	22
21	20
22	23
23	20
24	21
25	20
26	22
27	20
28	20
29	21
30	20
Totale <i>Total</i>	631
Media <i>Average</i>	21

Tabella 6 – Table 6

Elementi di lavoro completati per il Terminal ferroviario, Scenario 1
Completed Work Items for Rail Terminal, Scenario 1

Ferrovia <i>Rail Road</i>	Nr. di elementi di lavoro completati <i>No. of Completed Work Items</i>
1	135
2	135
3	139
4	136
5	13
6	135
Totale <i>Total</i>	814
Media <i>Average</i>	135,7

throughput per day, although the number of containers going via rail is 814 (in total), with an average train load of 74 per train (814/11), in comparison to Scenario 1 which had an average train load of 35 containers per train (392/11). Thus, there may have to be a compromise here over the number of containers going via rail versus the number of total containers outputted through the Port.

4. Conclusion

An event-based simulation modelling study of London Gateway has been conducted to investigate and evaluate as to whether or not London Gateway has the potential to increase its reliance on rail freight as a means of increasing the total throughput of containers. The Simul8 model presented in this study suggests that for decision making purposes on shift to rail in the case of London Gateway the best scenario to be implemented is one in-between Scenario 2 and 3, whereby the percentage of containers going through rail has to be increased from 25% to around 50-55%, but no more than 60%. This is because of the queue being too large for the rail terminal and cranes to handle, without having to implement additional cranes to tackle this demand. However, based on the result obtained from the Simul8 model in Scenario 1 in particular, it would be recommended that London Gateway immediately increase the percentage of containers going through the rail terminal, up to 25%, with rail terminals having over 50% spare capacity which is being wasted. Next, from Scenario 2 it has been highlighted that a 15% increase in containers going via rail rather than road, it is expected to increase the total system output by 1.72%, thus, any increase up to 25% of containers going via rail (around a 50/50 split) will exhibit an increase in system output. Scenario 3 would not be recommended to be implemented,

sione esercitata sia su ferrovia che su strada.

5. Studi futuri

Studi futuri potrebbero esaminare una serie di scenari riguardanti i terminal intermodali come il *London Gateway* e il loro uso del trasporto ferroviario di merci, ad esempio tali studi potrebbero indagare sul possibile posizionamento geografico dei terminal per consentire una connessione efficiente tra strada e ferrovia, ad esempio utilizzando la ferrovia come il principale “facilitatore” dei container in movimento da A a B, ma poi utilizzando mezzi pesanti elettrici per la consegna “dell’ultimo miglio”. Oltre a questo, si potrebbe potenzialmente esaminare in quale misura i fattori che influenzano la tempestività all’interno di un terminal intermodale, fattori come le risorse umane (personale di terra e manovre), le reti ferroviarie e stradali (come eventuali ritardi subiti potrebbero essere mitigati dal terminal), nonché i singoli processi che si verificano all’interno di un terminal intermodale, ad esempio aree di stoccaggio all’interno del terminal e quale filosofia adottano, ad esempio First In First Out (FIFO) o Last In First Out (LIFO), e come questo potrebbe essere migliorato per assicurare che il container venga spostato all’interno del terminal il minor numero di volte per garantire che le risorse possano essere utilizzate in modo più efficace e che i container abbiano percorso la minor distanza da nave a treno/strada (e viceversa).

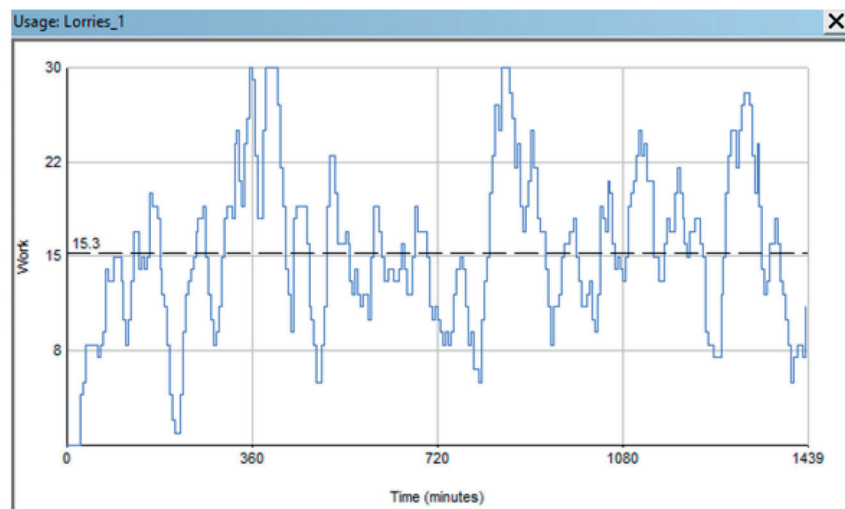


Figura 10 – Autocarri 28% di Utilizzo.

Figure 10 – Lorries 28% usage.

this is because overall system output decreases by 8.8%, reducing overall system efficiency, causing a bottleneck in the rail terminal, rather than splitting the pressure put on both Rail and Road.

5. Future Studies

Future studies could look into a range of scenarios regarding intermodal terminals like London Gateway and their use of rail freight, for example such studies could investigate the possible geographical positioning of terminals to enable an efficient relationship between road & rail i.e. using rail as the primary ‘facilitator’ of moving containers from A to B but then using electric HGVs for

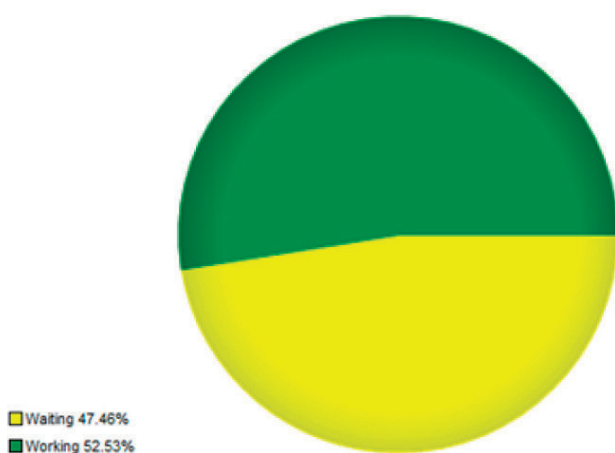


Figura 11 – Utilizzo della strada, Scenario 3.

Figure 11 – Road usage, Scenario 3.

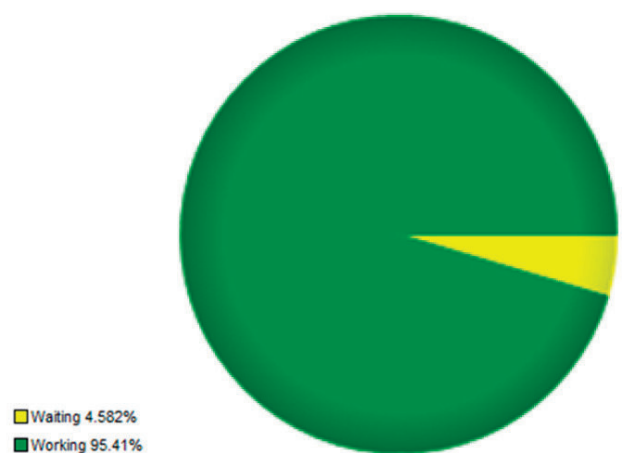


Figura 12 – Utilizzo della Ferrovia, Scenario 3.

Figure 12 – Rail usage, Scenario 3.

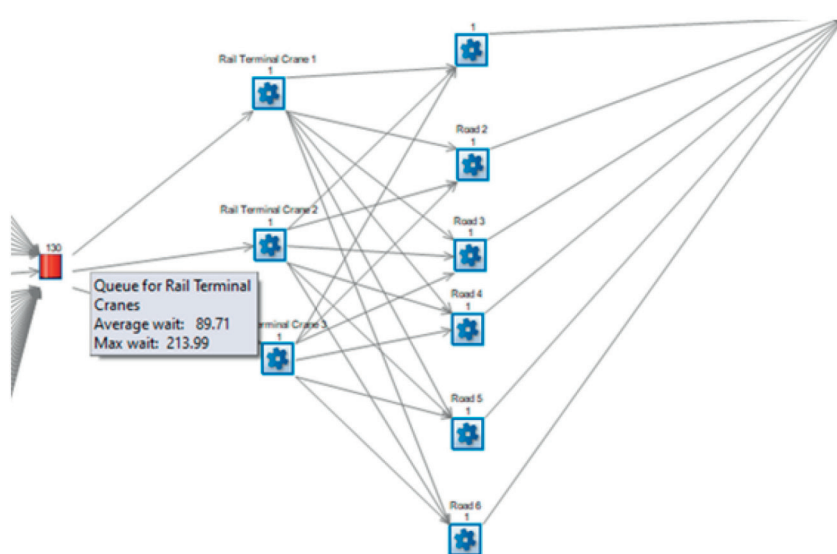


Figura 13 – Autocarri *28% di Utilizzo.
Figure 13 – Lorries *28% usage.

'last mile' delivery. As well as this, it could potentially be looked into what extent factors influencing timeliness within an intermodal terminal, factors such as human resources (ground – staff and shunters), rail and road networks (how any delays incurred could be mitigated by the terminal), as well as the individual processes which occur within an intermodal terminal e.g. storage areas within the terminal and what philosophy they operate i.e. First In First Out (FIFO) or Last In First Out (LIFO), and how this could be improved to ensure the container is moved within the terminal the least amount of times to ensure resources can be utilised more effectively, and containers have travelled the least amount of distance from Ship to Train/Road (and vice – versa).

BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] Network Rail (2021), "Railway Day - freight cuts emissions across Britain". Available at: <https://www.networkrail.co.uk/stories/railway-day-freight-cuts-emissions-across-britain/#:~:text=Each%20tonne%20of%20freight%20transported,and%20cut%20traffic%20jams%2C%20too>. (Accessed: 30th July 2022).
- [2] Department for Transport (2009), "Mode Shift Benefit Values: Technical Report". Available at: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/905558/Mode_Shift_Benefits_technical_report.pdf (Accessed: 15th November 2022).
- [3] ELLIOTT L. (2022), "UK inflation hits fresh 40 - year high of 9.4% and 'could hit 12% in October'". Available at: <https://www.theguardian.com/business/2022/jul/20/uk-inflation-rise-petrol-diesel-prices> (Accessed: 15th November 2022).
- [4] DE KEMMETER F. (2021), "Seaports: a potential that rail must make better use of". Available at: <https://mediarail.wordpress.com/seaports-a-potential-that-rail-must-make-better-use-of/> (Accessed: 15th November 2022).
- [5] DP WORLD, "The Definitive Guide". Available at: <https://www.dpworld.com/london-gateway/about-us/definitive-guide-to-london-gateway#:~:text=London%20Gateway%20Port,the%20world's%20fastest%20growing%20ports>. (Accessed: 5th April 2022).
- [6] Rail Delivery Group (2021), "New research shows rail freight is levelling up Britain and cutting emissions across the country". Available at: <https://media.raildeliverygroup.com/news/new-research-shows-rail-freight-is-levelling-up-britain-and-cutting-emissions-across-the-country#:~:text=Each%20tonne%20of%20freight%20transported,but%20cut%20traffic%20jams%20too>. (Accessed: 16th November 2022).
- [7] Burges Salmon LLP (2021), "The importance of rail freight to the decarbonisation of transport". Available at: <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=2dee433e-e0f7-45a3-9b1b-3e658de60717> (Accessed: 16th November 2022).
- [8] ALLETT T. (2022), "A gateway to freight growth". RAIL Magazine Issue 949. Place of publication: Rail, Media House, Lynch Wood, Peterborough Business Park.
- [9] DP World London Gateway, "DP World London Gateway - The definitive guide". Available at: <https://londongateway.blob.core.windows.net/n2cms/upload/PDF/The%20Definitive%20Guide%20v3.pdf> (Accessed: 5th April 2022).
- [10] BOHACS G., KULCSAR B., GASPARD D. (2013), "Container Terminal Modelling in Simul8 Environment", Acta Technica Jaurinensis Series Logistica, Volume 6, No.4, pp 3 - 10. Available at: http://epa.oszk.hu/02500/02537/00020/pdf/EPA02537_acta_technica_jaurinensis_2013_4_003-010.pdf (Accessed: 6th April 2022).

- [11] HAWKINS E. (2020), "Inside London Gateway - the UK's 'most advanced' sea port on the Essex coast that you never knew existed". Available at: <https://www.essexlive.news/news/essex-news/inside-london-gateway-uks-most-4507792> (Accessed: 6th April 2022).
- [12] Shipping TV (2014), "Inside London Gateway, part 2 on the quay". 12th June 2014. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=K-hDEqZ7sRo&t=368s> (Accessed: 6th April 2022).
- [13] Shipping TV (2016), "World Record container load arrives at London Gateway, 1st January, 2016". 3rd January. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=Q8870nBMq5Y> (Accessed: 6th April 2022).
- [14] Real Time Trains (2022), "Realtime Trains", (Accessed: 6th April 2022).
- [15] WALTON S. (2021), "Intermodal dominant but UK needs more, says report". Available at: <https://www.railfreight.com/uk/2021/04/06/intermodal-dominant-but-uk-needs-more-says-report/?gdpr=accept> (Accessed: 6th April 2022).
- [16] SINGHANIA V., MARINOV M. (2017), "An Event-based Simulation Model for Analysing the Utilization Levels of a Railway Line in Urban Area", In: Promet - Traffic & Transportation. 29, 5, pp. 521-528.
- [17] ABBOTT D., MARINOV M. (2015), "An Event Based Simulation Model to evaluate the Design of a Rail Interchange Yard, which provides Service to High Speed and Conventional Railways", in: Simulation modelling practice and theory. 52, pp. 15-39".
- [18] DALLA CHIARA B., MANTI E., MARINO M. (2013), "Intermodal terminals with gateway function: simulation of their engineering on a study case", Ingegneria Ferroviaria, pp. 587-611, vol. LXVIII, ISSN: 0020-0956. N 6, June.
- [19] YEUNG H.K., MARINOV (2019), "A systems design study introducing a collection point for baggage transfer services at a railway station in the UK", In: Urban Rail Transit. 5, 2, p. 80-103 24 p.
- [20] MARINOV M., VIEGAS J. (2009), A simulation modelling methodology for evaluating flat-shunted yard operations, Marinov, M. & Viegas, J., 1 Jul 2009, In: Simulation modelling practice and theory. 17, 6, p. 1106-1129 24 p.
- [21] MARINOV M.V., VIEGAS J.M. (2011), "Tactical management of rail freight transportation services: Evaluation of yard performance", In: Transportation Planning and Technology. 34, 4, p. 363-387 25 p.
- [22] MARINOV M., VIEGAS J. (2011), "Analysis and evaluation of double-ended flat-shunted yard performance employing two yard crews", In: Journal of Transportation Engineering. 137, 5, p. 319-326 8 p.
- [23] MARINOV M., VIEGAS J. (2011), "A mesoscopic simulation modelling methodology for analyzing and evaluating freight train operations in a rail network In: Simulation modelling practice and theory". 19, 1, p. 516-539 24 p.
- [24] Economic Commission for Europe (UN/ECE) (2001), "Terminology on combined transport". United Nations: New York & Geneva. Available at: <https://unece.org/DAM/trans/wp24/documents/term.pdf> (Accessed: 6th February 2023).
- [25] TEW J.D., MANIVANNA D., SADOWSKI A.F., SELIA A. (1994), "Simulation of a railroad intermodal terminal", Proceedings of the 1994 Winter Simulation Conference. pp. 1233-1238. Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=717514> (Accessed: 14th November 2022).
- [26] CARBONI A., DEFLORIO F. (2018), "Performance indicators and automatic identification systems in inland freight terminals for intermodal transport", IET Intelligent Transport Systems, Volume 12, Issue 4, pp. 309 - 318. Available at: <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1049/iet-its.2017.0349> (Accessed: 6th February 2023).
- [27] NASCIMENTO-E-SILVA D., BENTO DE SOUSA JUNIOR E., LUCIA SOARES MACHADO A., LUIZ SOARES M., BREVES MARTINS G. (2019), "Influence of the external environment on the logistics strategies of industrial organizations", International Journal for Innovation Education and Research, Vol 7 No. 12, pp. 628-643. Available at: <https://scholarsjournal.net/index.php/ijer/article/view/2117> (Accessed: 11th November 2022).
- [28] British Ports Association (2020), "How are UK ports faring during the Covid - 19 outbreak?". Available at: <https://www.britishports.org.uk/how-are-uk-ports-faring-during-the-covid-19-outbreak/> (Accessed: 11th November 2022).
- [29] WALTON S. (2022), "Felixstowe sinks into strike action as union torpedos pay deal". Available at: <https://www.railfreight.com/railfreight/2022/09/16/felixstowe-sinks-into-strike-action-as-union-torpedos-pay-deal/> (Accessed: 11th November 2022).
- [30] FERREIRA L., SIGUT J. (1995), "Modelling Intermodal Freight Terminal Operations", Road and Transport Research Journal", 4(4), pp. 4-16. Available at: <https://eprints.qut.edu.au/2490/1/2490.pdf> (Accessed: 16th November 2022).
- [31] RIZZOLI A.E., FORNARA N., GAMBARDELLA L.M. (2002), "A simulation tool for combined rail - road transport in intermodal terminals", Mathematics and Computers in Simulation 59, Issue 59, pp. 57-71. Available at: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0378475401003937?token=5D56C9D3E8BB4C4316011B2A3002B93DD20FBD44D1F1660AFEB7F58BA75828E2577C0C72209FFD926F913EB1AB855C97&originRegion=eu-west-1&originCreation=20221107074842> (Accessed: 7th November 2022).