

Influential Article Review - Prospects to Save Electricity Demand From Port Facilities on Ship-to-shore Quays

Jeannie Lane

Dale Cobb

Denise Swanson

This paper examines energy demand. We present insights from a highly influential paper. Here are the highlights from this paper: This paper presents the results of both a qualitative and a quantitative study on the possibilities for peak shaving the energy demand of ship-to-shore (STS) cranes at container terminals. The objective is to present an energy consumption model that visualizes the energy demand of STS cranes and to show the possibilities for reducing the peak demand of STS cranes by implementing rules of operation (i.e. changes to the business operational procedures). The results show that the peak demand (and peak-related costs) can be reduced by 50%, with an increase in the handling time of containerships of less than half a minute per hour handling time. This can be achieved by reducing the maximum energy demand of all operating STS cranes or by limiting the maximum number of simultaneously lifting STS cranes. If (one of) these rules of operation is implemented, an intermediate container terminal with six to eight STS cranes can save up to €250,000 per year, which is about 48% of total peak-related energy costs. For our overseas readers, we then present the insights from this paper in Spanish, French, Portuguese, and German.

Keywords: : Peak shaving, Container terminals, Electricity demand, Energy consumption, Ship-to-shore cranes

SUMMARY

- If the number of lifting STS cranes is reduced, the peak demand decreases, as shown in Fig. 6. What is striking is that the handling time does not increase in the same proportion. A reduction to four lifting cranes leads to an extra handling time of 0.37% . The handling time is not impacted that much because of the fact that the maximum peak demand with eight cranes occurs only briefly. As shown by Fig. 7, for a peak demand of 19,000 kW, an energy demand of more than 9000 kW occurs only 1.1% of the time. Most of the time, the energy demand is lower than 9000 kW.
- To limit the maximum energy demand per second, the relation between the maximum allowed energy demand and handling time is comparable to the situation where the number of simultaneously lifting STS cranes is limited. The maximum energy demand can be reduced by almost 50% , while the handling time increases by 0.1%. Only by restricting the energy demand too much does the handling time increase by 3–45%.

- Restricting the maximum allowed energy demand has a positive influence on reducing terminals' peak demand. The influence on handling time is only minimal when the allowed energy demand is reduced by approximately less than 50%, whereas it enables terminals to reduce their peak-related energy costs hugely.
- The outcomes presented in subsections 5.1 and 5.2 show a clear result: it is possible to reduce peak energy demand, saving up to €250,000 per year against a little extra handling time. The bigger the restriction of the rules of operation is, the larger the effect on the operations, as visualized by the number of temporarily delayed containers. However, since more and more container terminals are operating automatically, this can be integrated in the terminals' software. Delay of containers should not be a problem if one of the rules of operation is implemented.
- Regarding total cost savings, the optimal solution is to reduce the maximum energy demand per second by 50% of the original highest observed energy demand. By doing this, €160,000 to €249,000 can be saved annually.
- Extra waiting time for containerships is something that is viewed critically by container carriers. In contrast to the critical attitude of cargo carriers towards waiting time in ports, the adaption of containerships' cruising speeds is not seen as a problem. For container carriers, their biggest costs are fuel.
- To handle 2000 TEU of a containership, a terminal needs approximately 18 h using only three quay cranes. When extra handling time is needed, the question is whether container carriers are willing to accept this without any form of compensation. If terminal operations take more time than agreed in advance, carriers are compensated; this is known as demurrage. When a ship requires less time than agreed beforehand, the terminal can request a bonus for quicker handling, the so-called despatch. This shows that compensation is quite regular in the shipping business.
- The question is therefore whether container terminals are able to compensate container carriers to a certain extent.

HIGHLY INFLUENTIAL ARTICLE

We used the following article as a basis of our evaluation:

Geerlings, H., Heij, R., & van Duin, R. (2018). Opportunities for peak shaving the energy demand of ship-to-shore quay cranes at container terminals. *Journal of Shipping and Trade*, 3(1), 1–20.

This is the link to the publisher's website:

<https://jshippingandtrade.springeropen.com/articles/10.1186/s41072-018-0029-y>

INTRODUCTION

Growth in Containerized Transport

The worldwide throughput of containers is growing continuously. The standardized size of containers (in 20 ft. and 40 ft. equivalent units) makes them a suitable means for transporting all kinds of products, ranging from multimedia and building materials to clothing and shoes. Even temperature-sensitive goods like flowers, fruits, and vegetables can be transported easily by temperature-controlled containers, known as reefers. The share of containerized transport in seaborne trade increased from 2.75% in 1980 to 15% in 2014 (UNCTAD 2015.), and total seaborne trade increased to 9842 million tons (UNCTAD 2015). The annual worldwide transport of containers increased from 28.7 million twenty-foot equivalent units (TEU) in 1990 to 171 million TEU in 2014 (UNCTAD 2015) The 20-year average growth percentage of the container market is a remarkable 7.8% (Clarksons 2015; Port of Rotterdam 2015).

An important development that facilitates the growing container market is the increasing capacities of containerships. Whereas the largest containership in 1980 had a capacity of 3000 TEU, the largest container ships operating in 2015 have a capacity of almost 20,000 TEU (Lloyd's List 2015).

The growing size of containerships influences container terminal operations, as the number of containers per container ship has also increased as a result of this development. Container carriers demand that container terminals handle their ships as fast as possible to continue their journey to the next port. This higher productivity is achieved by more automated terminal processes (Grunow et al. 2005) and by deploying more terminal equipment simultaneously. However, with more and more simultaneously operating ship-to-shore (STS) cranes, the energy demand (kW/s) increases. This also increases the highest observed peak demand, leading to a higher energy bill and therefore higher handling costs.

Container terminals' peak demand is responsible for about 25–30% of the monthly energy bill (Personal communication, ABB, a worldwide provider of electrotechnical solutions for the shipping, offshore, and harbour industries (ABB 2014; Stedin 2014). The main reason is that the highest observed peak demand is charged for the next 12 months. To illustrate this: if the highest peak in January is 12,000 kW, the terminal is charged for 12,000 kW for the rest of the year. However, if the highest peak in March is 14,000 kW, the terminal is charged for 14,000 kW until March the year after. A lower peak demand could result in large annual savings for container terminals. It is consequently very important to investigate the possibilities of reducing this peak demand.

The research question

The research objective is therefore to investigate the possibilities for peak shaving the electricity demand at container terminals by applying new rules of operation for electricity-consuming terminal processes, while also monitoring the consequences for the handling speed of containerships. Peak shaving implies the lowering of the highest observed peak in energy demand to reduce the energy-related costs. This enables container terminals to lower the handling costs of containerships, giving them a better competitive position. Another advantage of peak shaving is that terminals' energy demand is more stable; this is especially important for container terminals in countries where grid operators cannot prepare the energy system for unexpected high energy peaks. The handling time for containerships needs to be monitored, because extra handling time might affect a terminal's competitive position. The main research question addressed in this research is: What are the possibilities for reducing the peak demand of electricity-consuming terminal equipment (peak shaving) in order to reduce the electricity-related energy costs? The hypothesis is that, by implementing different rules of operation (i.e. process improvements), like limiting the number of lifting cranes or the maximum allowed energy, terminals are able to reduce the height of peaks and thereby reduce their energy-related costs.

This paper presents the results of this research by discussing STS cranes' terminal operations and the volatility of their energy demand in section 2. Both the methodology applied and the study's relevance are presented in this section as well. Section 3 presents the energy consumption model, which forms the basis for the simulation model developed. The simulation model is presented in section 4, and the results of the simulation study are discussed in section 5. Finally, the implications of these results and the conclusions of the study are discussed in sections 6 and 7.

CONCLUSION

The objective of this research was to investigate the opportunities for lowering the peak energy demand of STS crane operations at container terminals. If an attempt is made to reduce the peak energy demand of container terminals by implementing new rules of operation (i.e. reducing the number of simultaneously lifting cranes or limiting the maximum energy demand), it is shown that the peak can be reduced by 50% while impacting the handling time less than half a minute per hour. A cost reduction of 50% saves a container terminal with eight quay cranes and a throughput of 1.6 million TEU up to €275,000 per year.

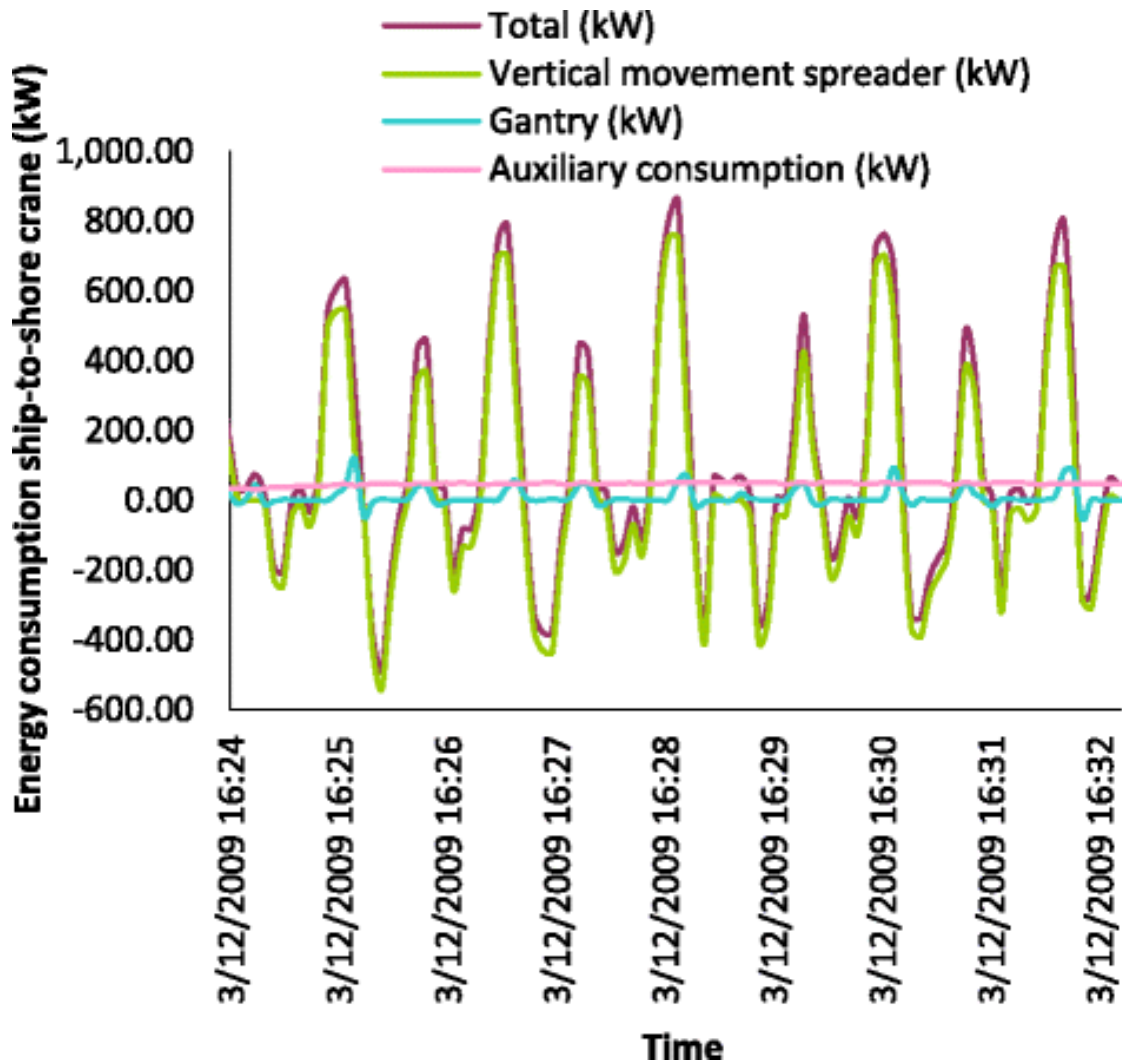
Besides the positive effect of cost savings, the reduction of peak energy demand has consequences for the handling time. In most scenarios (depending on how much the number of simultaneously lifting cranes and energy demand per second is limited), the extra handling time would be less than half a minute per hour. The question is whether container carriers are willing to accept extra handling time. Container terminals need to be prepared to negotiate with container carriers about some sort of compensation. This could be financial, but might also relate to extra service (e.g. free electricity power for ships while berthed)

or sustainability agreements. Irrespective of how costs are allocated, this research has shown that container terminals can reduce their peak-related energy costs by managing their energy consumption in a smarter way.

Next research step is to study the integrated scheduling of the quayside area, the quayside transport area, and the stacking area together in order to evaluate the consequences of the new crane scheduling for the costs savings and container handling times (Wong and Kozan 2006; Boer and Saanen 2014).

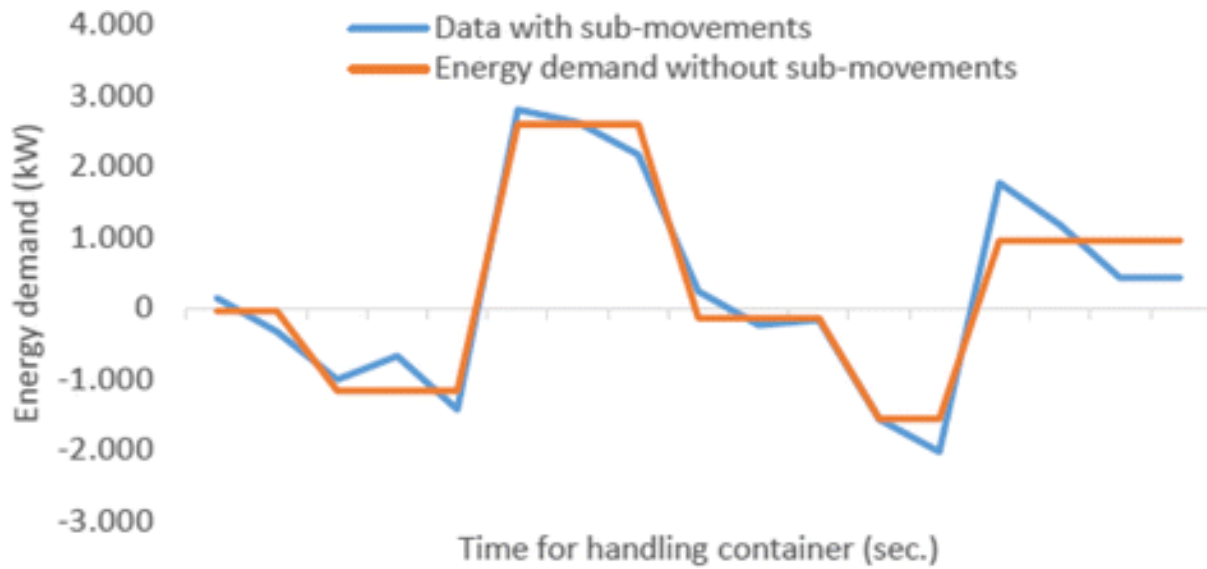
APPENDIX

FIGURE 1
DETAILED ENERGY CONSUMPTION OF QUAY CRANE



(MSC Terminal Valencia 2009, field data)

FIGURE 2
DETAILED ENERGY CONSUMPTION FOR HANDLING ONE CONTAINER



(ABB 2014)

FIGURE 3
CONCEPTUAL MODEL FOR VISUALIZING ENERGY DEMAND (KW/S)

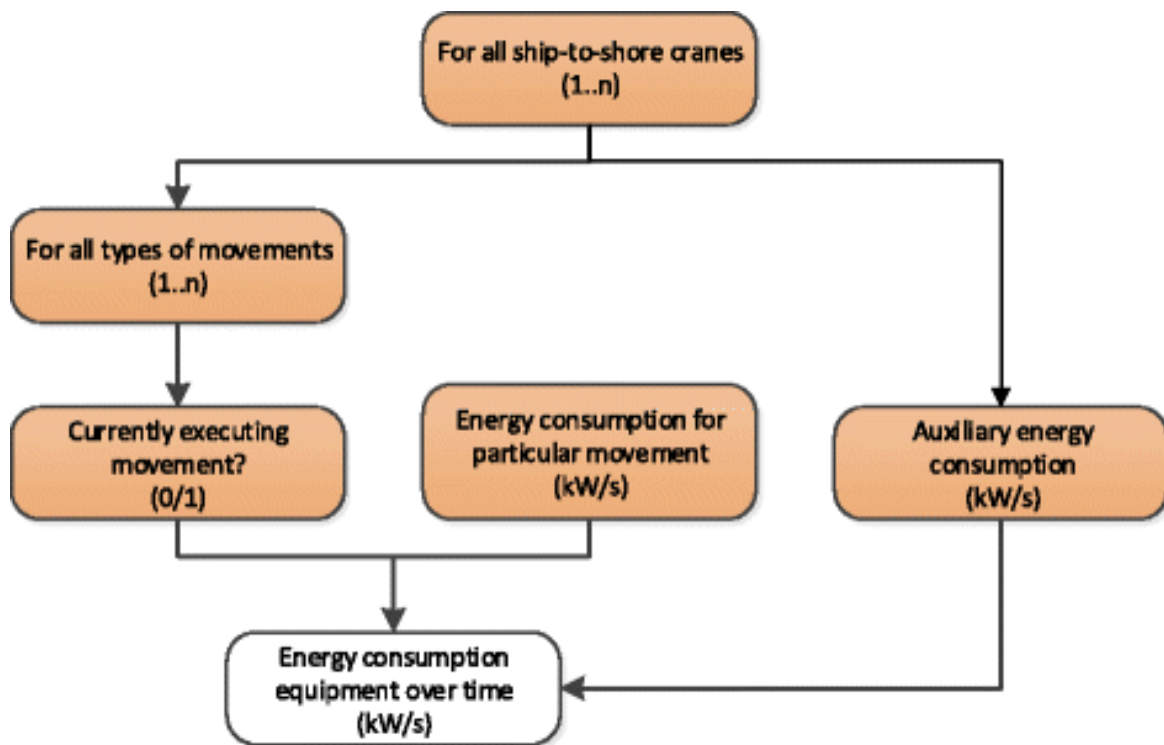


FIGURE 4
MAIN PROCESSES OF THE SIMULATION MODEL

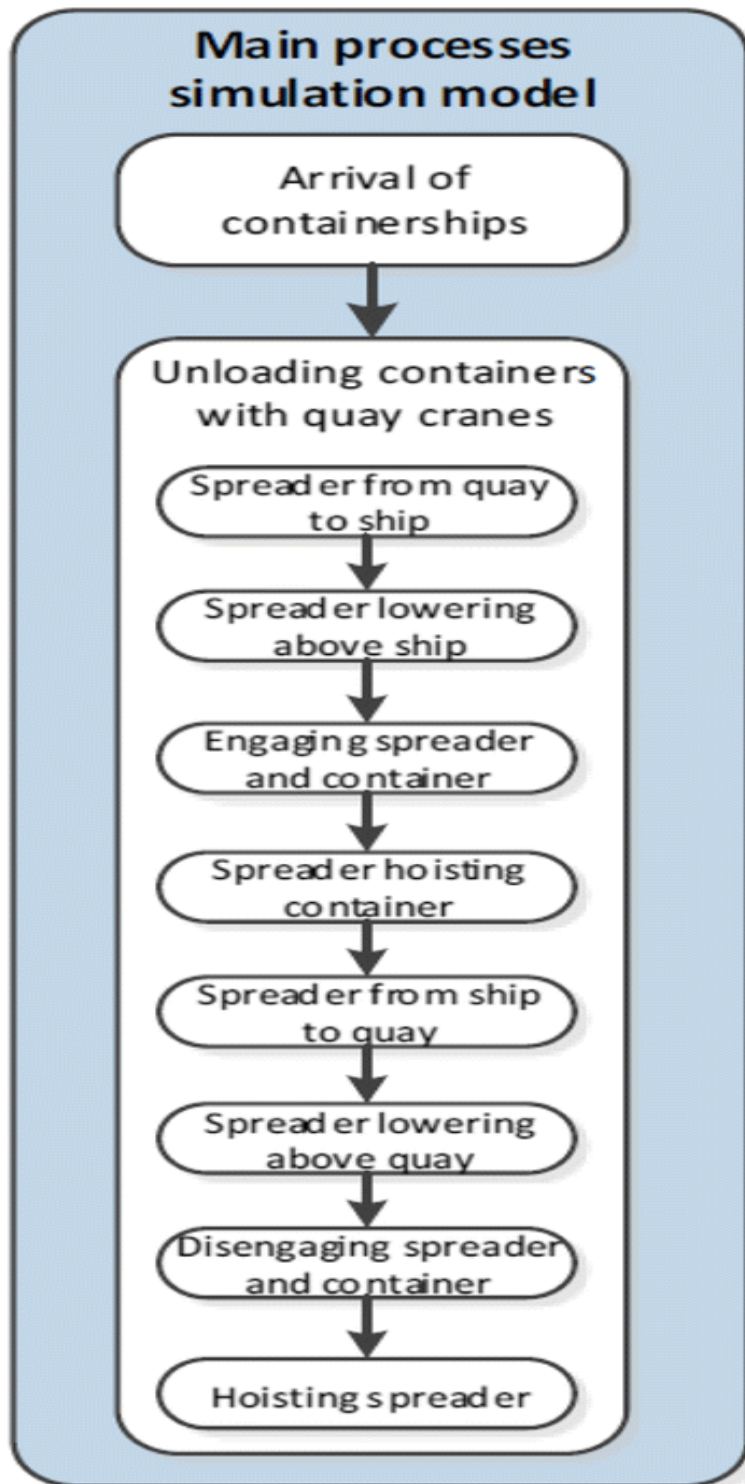
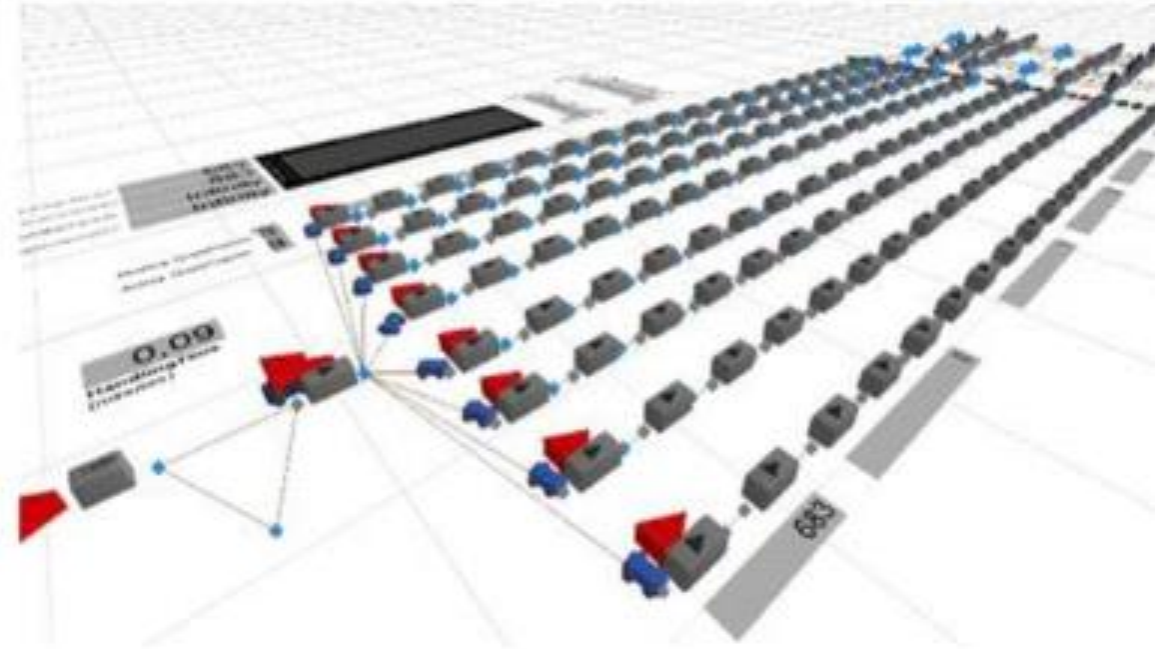
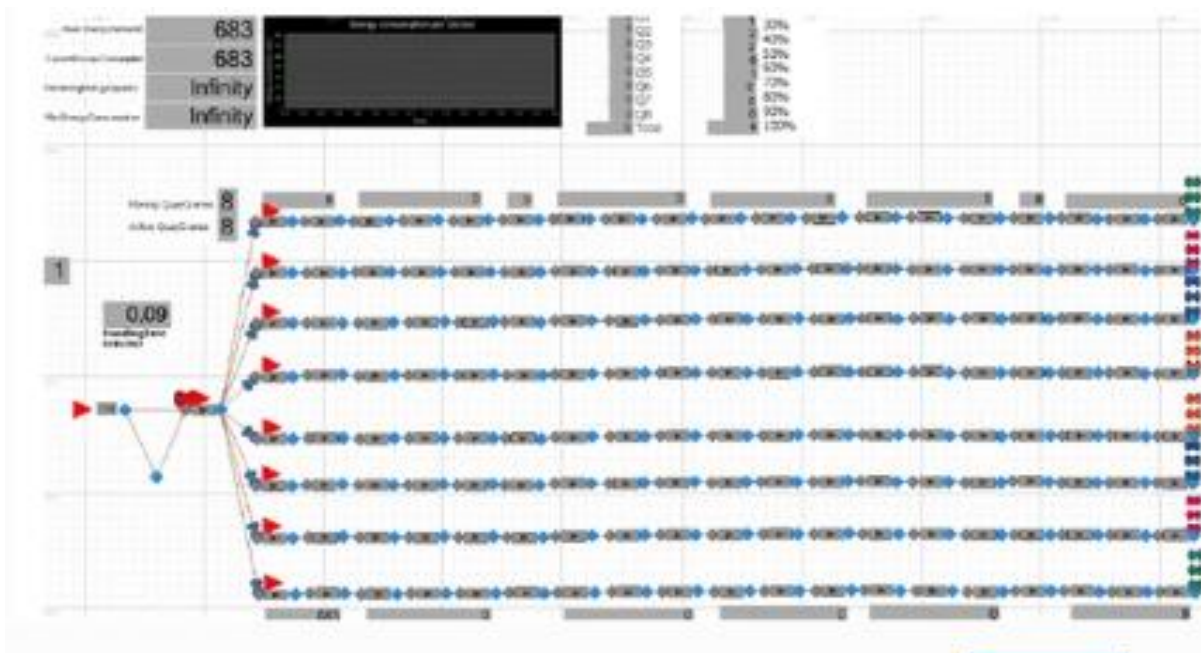


FIGURE 5.A
3D-SCREEN VIEW OF SIMULATION MODEL WHERE EACH PROCESS-STEP IS
MODELLED



(see Fig. 4)

FIGURE 5.B
2D-SCREENSHOT OF SIMULATION MODEL, RUNNING FOR AN EIGHT-CRANE
TERMINAL WHERE EACH PROCESS-STEP IS MODELLED



(see Fig. 4)

FIGURE 6
RELATION BETWEEN PEAK DEMAND AND HANDLING TIME WHEN THE NUMBER OF
LIFTING CRANES IS RESTRICTED

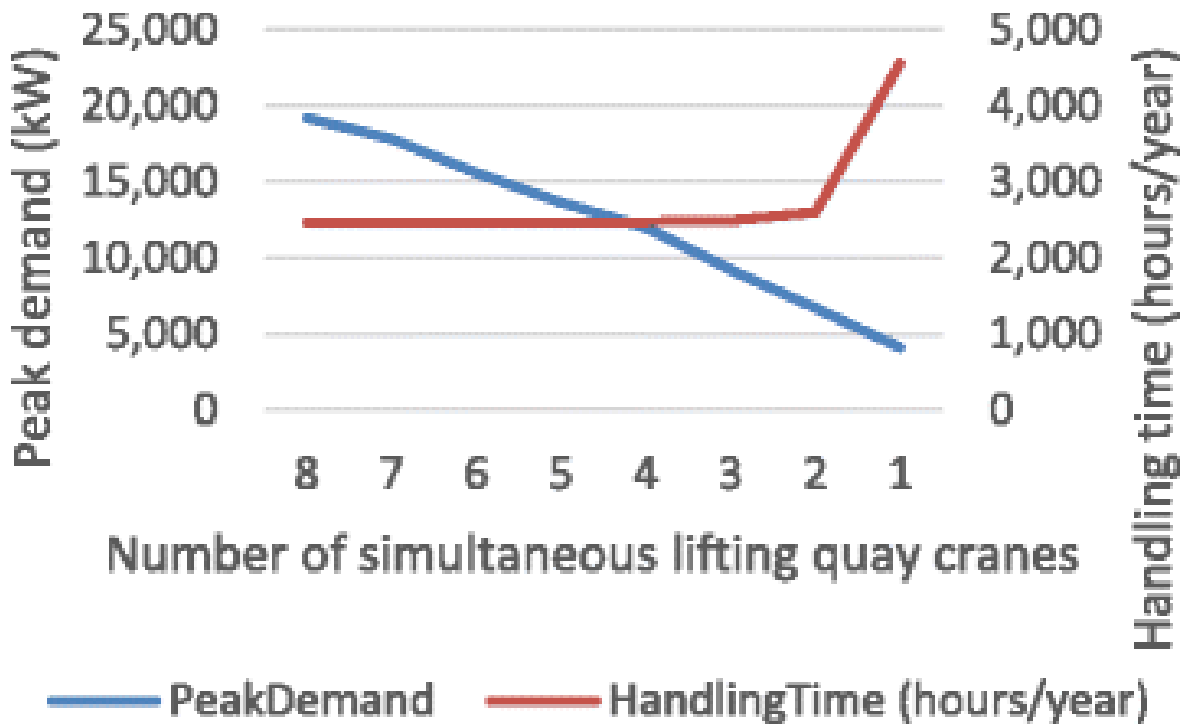


FIGURE 7
FREQUENCY (PER 0.1 S) PER ENERGY DEMAND INTERVAL

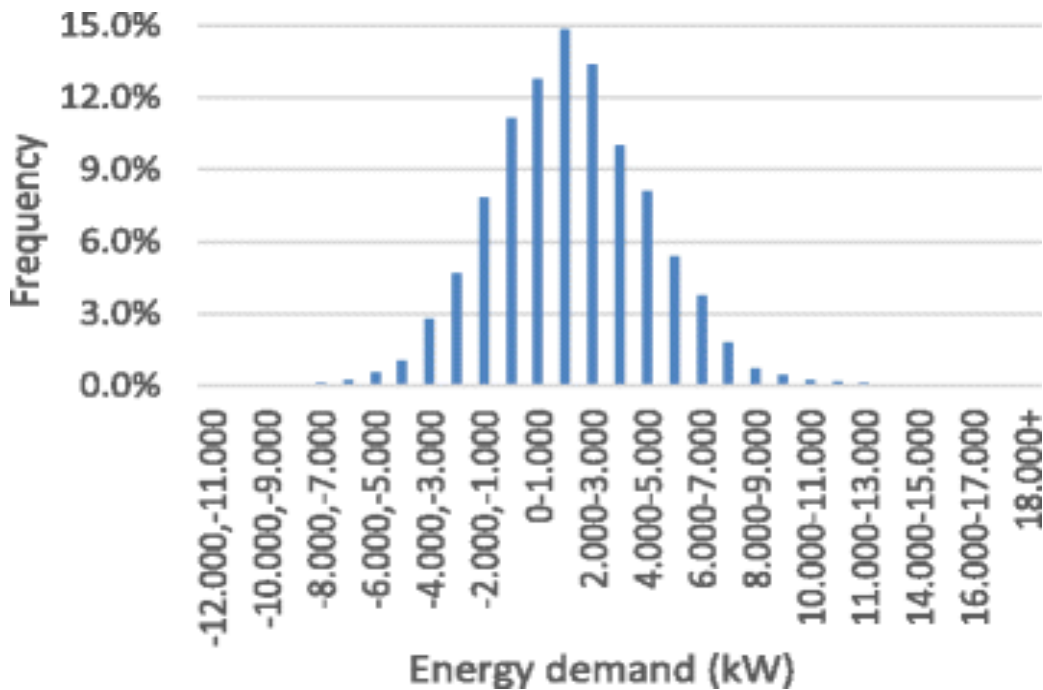


FIGURE 8
SAVINGS PER EXTRA SECOND HANDLING TIME WHEN THE NUMBER OF LIFTING CRANES IS RESTRICTED

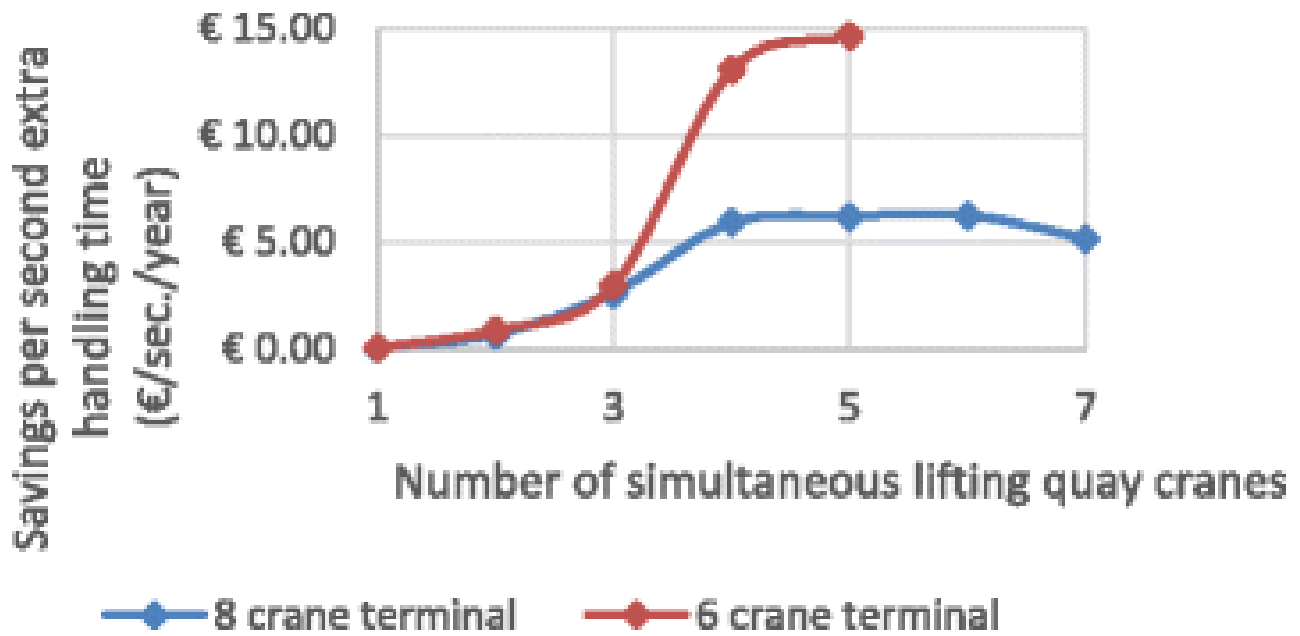


FIGURE 9
RELATION BETWEEN PEAK DEMAND AND HANDLING TIME WHEN MAXIMUM ENERGY DEMAND IS RESTRICTED

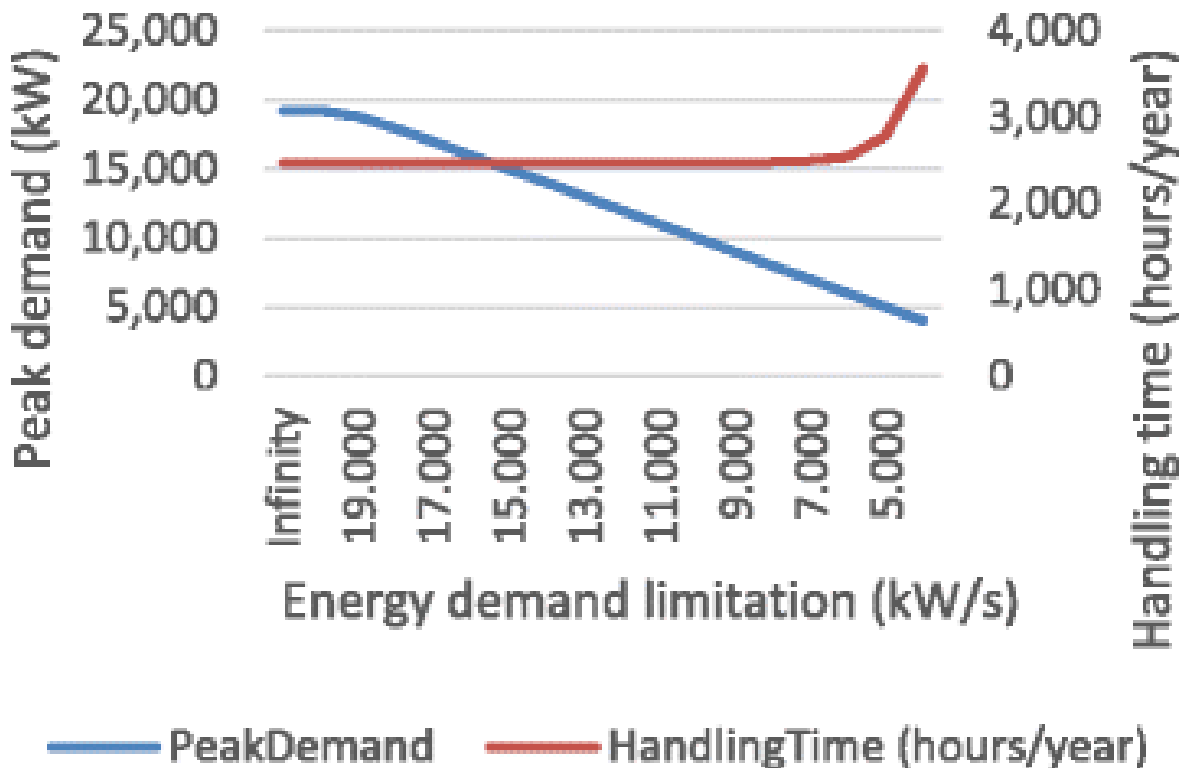


FIGURE 10
SAVINGS PER EXTRA SECOND HANDLING TIME IF MAXIMUM ENERGY DEMAND IS RESTRICTED

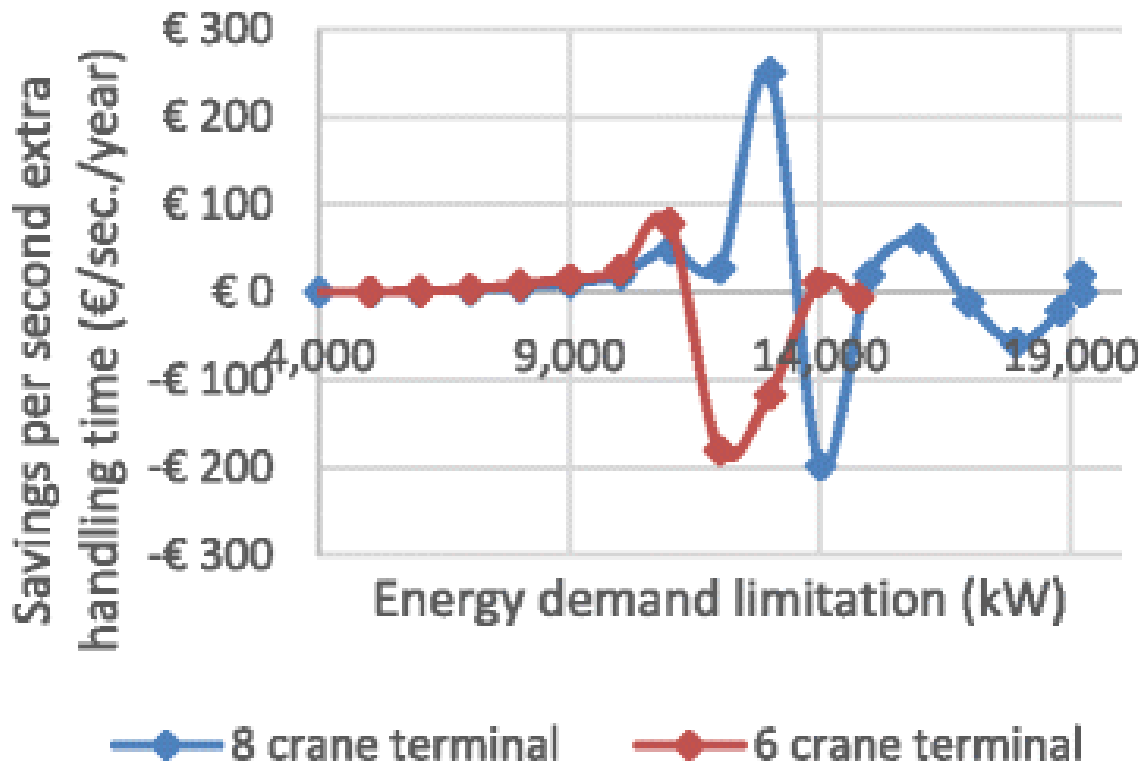


TABLE 1
WEIGHTED DIFFERENCE FOR DIFFERENCE IN ENERGY DEMAND

Container load	Container mix	Difference	Weighted difference
0%	12.5%	0.00%	0.00%
20%	32.0%	0.20%	0.06%
30%	11.1%	0.35%	0.04%
40%	11.4%	0.16%	0.02%
50%	13.6%	0.00%	0.00%
60%	13.6%	0.90%	0.12%
70%	3.3%	0.42%	0.01%
80%	1.6%	0.21%	0.00%
90%	0.6%	0.00%	0.00%
100%	0.3%	0.00%	0.00%
Total weighted average			0.26%

TABLE 2
COST CONTAINERSHIP PER YEAR, HOUR, AND SECOND

	Costs
Investment costs	€ 9000,000
Labor costs	€ 1,200,000
Total per year	€ 10,200,000
Total per hour	€ 1164
Total per second	€ 0.32

REFERENCES

- ABB, 2014. Data Quay Cranes. Internal Document ABB B.V. Marine Rotterdam (for internal use only)
- AECOM, 2012. Vessel Size vs. Cost. AECOM, Los Angeles
- Alessandri A, Cervellera C, Cuneo M, Gaggero M, Soncin G (2008) Modeling and feedback control for resource allocation and performance analysis in container terminals. *IEEE Trans Intell Transp Syst* 9(4):601–614
- Alessandri A, Sacone S, Siri S (2007) Modelling and optimal receding-horizon control of maritime container terminals. *J Math Model Algorithms* 6(1):109–133
- APM Terminals, 2014. Terminal Information.
- Bierwirth C, Meisel F (2010) A survey of berth allocation and quay crane scheduling problems in container terminals. *Eur J Oper Res* 202(3):615–627.
- Boer CA, Saanen YA (2014) Plan validation for container terminals. In: Tolk A, Diallo SY, Ryzhov IO, Yilmaz L, Buckley S, Miller JA (eds) *Proceedings of the 2014 winter simulation conference*, at savannah, GA, USA, pp 1783–1794
- Borgman B, van Asperen E, Dekker R (2010) Online rules for container stacking. *OR Spectr* 32(3):687–716
- Bortfeldt A, Gehring H (2001) A hybrid genetic algorithm for the container loading problem. *Eur J Oper Res* 131(1):143–161
- Caballini C, Pasquale C, Sacone S, Siri S (2014) An event-triggered receding-horizon scheme for planning rail operations in maritime terminals. *IEEE Trans Intell Transp Syst* 15(1):365–375
- Cao JX, Lee D, Chen JH, Shi Q (2010) The integrated yard truck and yard crane scheduling problem: benders' decomposition-based methods. *Transp Res E* 46(3):344–353
- Cartenì A, De Luca S (2011) Tactical and strategic planning for a container terminal: modelling issues within a discrete event simulation approach. *Simul Model Pract Theory* 21(1):123–145
- Chen L, Bostel N, Dejax P, Cai J, Xi L (2007) A tabu search algorithm for the integrated scheduling problem of container handling systems in a maritime terminal. *Eur J Oper Res* 181(1):40–58
- Chen L, Langevin A (2011) Multiple yard cranes scheduling for loading operations in a container terminal. *Eng Optim* 43(11):1205–1221
- Chen L, Langevin A, Lu Z (2013) Integrated scheduling of crane handling and truck transportation in a maritime container terminal. *Eur J Oper Res* 225(1):142–152
- Clarksons, 2015. Clarksons, the heart of global shipping. Retrieved from Containers: <http://www.clarksons.com/services/broking/containers/>
- De Koster R, Balk B, van Nus W (2009) On using DEA for benchmarking container terminals. *Int J Oper Prod Manag* 29(11):1140–1155
- Dekker R, Voogd P, van Asperen E (2006) Advanced methods for container stacking. *OR Spectr* 28:563–586
- Diabat A, Theodorou E (2014) An integrated quay crane assignment and scheduling problem. *Comput Ind Eng* 73:115–123

- Eugen R, Şerban R, Augustin R, Ştefan B (2014) Transshipment modelling and simulation of container port terminals. *Adv Mater Res* 837:786–791
- Geerlings H, Kuipers B, Zuidwijk R (2018) *Port and networks; strategies, operations and perspectives*. Routledge, Abingdon
- Geerlings H, van Duin R (2011) A new method for assessing CO₂-emissions from container terminals: a promising approach applied in Rotterdam. *J Clean Prod* 19(6–7), 657–666
- Gharehgozli AH, Laporte G, Yu Y, De Koster R (2014a) Scheduling twin yard cranes in a container block. *Transp Sci* 49(3):686–705
- Gharehgozli AH, Yu Y, de Koster R, Udding JT (2014b) An exact method for scheduling a yard crane. *Eur J Oper Res* 235(2):431–447
- Grunow M, Günther H, Lehmann M (2005) Dispatching multi-load AGVs in highly automated seaport container terminals. In: Günther H, Kim K (eds) *Container terminals and automated transport systems*. Springer, Berlin, pp 231–258
- Haugen Consulting, 2015. What Is Demurrage? Retrieved from <http://www.haugenconsulting.com/resources/what-is-demurrage/>
- He J, Chang D, Mi W, Yan W (2010) A hybrid parallel genetic algorithm for yard crane scheduling. *Transp Res E* 46(1):136–155
- Heij, R., 2015. Opportunities for peak shaving electricity consumption at container terminals. Applying new rules of operation to achieve a more balanced electricity consumption. Master's thesis. Delft University of Technology, Delft
- Imai A, Sasaki K, Nishimura E, Papadimitriou S (2006) Multi-objective simultaneous stowage and load planning for a container ship with container rehandle in yard stacks. *Eur J Oper Res* 171(2):373–389
- Kim KP, Park YM (2004) A crane scheduling method for port container terminals. *Eur J Oper Res* 156(3):752–768
- Lau HYK, Zhao Y (2008) Integrated scheduling of handling equipment at automated container terminals. *Int J Prod Econ* 112(2):665–682
- Liang C, Huang Y, Yang Y (2009) A quay crane dynamic scheduling problem by hybrid evolutionary algorithm for berth allocation planning. *Comput Ind Eng* 56(3):1021–1028
- Lloyd's List, 2015. MSC Oscar becomes the world's largest boxship. Retrieved from <http://www.lloydslist.com/ll/news/article453843.ece>
- Maersk, 2006. Emma Maersk/Container vessel specifications. Retrieved from <http://www.emma-maersk.com/specification/>
- Meersmans PJM, Wagelmans APM (2001) Effective algorithms for integrated scheduling of handling equipment at automated container terminals, Technical report, econometric institute. Erasmus University Rotterdam, Rotterdam, The Netherlands
- Meier L, Schumann R (2007) Coordination of interdependent planning systems, a case study. In: Koschke R, Herzog O, Roediger K, Ronthaler M (eds) *Informatik, 2007*, volume P-109 of lecture notes in informatics (LNI). Gesellschaft für Informatik, Bremen, Germany, pp 389–396
- Meisel F (2009) *Seaside operations planning in container terminals*. Berlin. Physica-Verlag, Germany
- MSC Terminal Valencia. 2009. Energy consumption quay crane.
- Ng WG, Mak KL (2006) Yard crane scheduling in port container terminals. *Appl Math Model* 29(1):263–276
- Port of Rotterdam, 2015. Focus-on-Vessels-in-the-port-of-rotterdam.. Retrieved from <https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/Focus-on-Vessels-in-the-port-of-rotterdam.pdf> at 15 June 2016
- Seatrade Global, 2014. The economics of slow steaming. Retrieved from <http://www.seatrade-maritime.com/news/americas/the-economics-of-slow-steaming.html>
- Simio LLC., 2015. Simio Simulation Software. <http://www.anylogic.com/download-free-simulation-software-for-education/?gclid=COHpw6uCyMsCFaqe2wod82IJSa>

- Stahlbock, R., Voß, S., 2008. Operations research at container terminals: a literature update. *OR Spectrum* 30(1), 1–52
- Stedin, 2014. Electriciteit tarieven 2014 – aansluiting en transport voor grootverbruikers. Retrieved from <http://www.stedin.net/zakelijk/~media/files/stedin/tarieven/kv/stedin-voorbeeldnota-elektriciteit.pdf> [In Dutch].
- Steenken D, Voß S, Stahlbock R (2004) Container terminal operation and operations research. *OR*, vol 26. *Spectrum*, pp 3–49
- UNCTAD. secretariat, based on Clarksons Research, *Seaborne Trade Monitor*, 2(5), 2015
- Van der Voet, M., 2008. CO₂-emissie door containeroverslagprocessen in de Rotterdamse haven. Master's thesis. Delft University of Technology, Delft
- Van Duin R, Geerlings H (2011) Estimating CO₂-footprints of container terminal port-operations. *Int J Sustain Dev Plan* 6(4):459–473
- Weismann A (2010) Slow steaming – a viable long-term option? *Wärtsilä Tech J* 2:49–55 Retrieved from <http://www.wartsila.com/docs/default-source/Service-catalogue-files/Engine-Services-%2D-2-stroke/slow-steaming-a-viable-long-term-option.pdf?sfvrsn=0>
- Wilson I, Roach P (2000) Container stowage planning: a methodology for generating computerised solutions. *J Oper Res Soc* 51(11):1248–1255
- Wong, A., Kozan, E., 2006. An intergrated approach in optimising container process at seaport container terminals. *Proceedings of the second international intelligent logistics systems conference 2006*, 23.1-23-14
- Zhang H, Kim KH (2009) Maximizing the number of dual-cycle operations of quay cranes in container terminals. *Comput Ind Eng* 56(3):979–992

TRANSLATED VERSION: SPANISH

Below is a rough translation of the insights presented above. This was done to give a general understanding of the ideas presented in the paper. Please excuse any grammatical mistakes and do not hold the original authors responsible for these mistakes.

VERSION TRADUCIDA: ESPAÑOL

A continuación se muestra una traducción aproximada de las ideas presentadas anteriormente. Esto se hizo para dar una comprensión general de las ideas presentadas en el documento. Por favor, disculpe cualquier error gramatical y no responsabilite a los autores originales de estos errores.

INTRODUCCIÓN

Crecimiento in Transporte en contenedores

El rendimiento mundial de los contenedores está creciendo continuamente. El tamaño estandarizado de los contenedores (en unidades equivalentes de 20 pies y 40 pies) los convierte en un medio adecuado para transportar todo tipo de productos, desde materiales multimedia y de construcción hasta ropa y zapatos. Incluso los productos sensibles a la temperatura como flores, frutas y verduras pueden ser transportados fácilmente por contenedores con temperatura controlada, conocidos como refrigerados. La participación del transporte en contenedores en el comercio marítimo aumentó del 2,75 por ciento en 1980 al 15 por ciento en 2014 (UNCTAD 2015)), y el comercio marítimo total aumentó a 9842 millones de toneladas (UNCTAD 2015). El transporte anual mundial de contenedores aumentó de 28,7 millones de unidades equivalentes (TUE) de veinte pies en 1990 a 171 millones de TEU en 2014 (UNCTAD 2015) El porcentaje de crecimiento medio a 20 años del mercado de contenedores es un notable 7,8% (Clarksons 2015; Puerto de Rotterdam 2015).

Un desarrollo importante que facilita el creciente mercado de contenedores es el aumento de las capacidades de los buques portacontenedores. Mientras que el buque portacontenedores más grande en

1980 tenía una capacidad de 3000 TEU, los buques portacontenedores más grandes que operan en 2015 tienen una capacidad de casi 20.000 TEU (Lloyd's List 2015).

El creciente tamaño de los buques portacontenedores influye en las operaciones de la terminal de contenedores, ya que el número de contenedores por buque portacontenedores también ha aumentado como resultado de este desarrollo. Los transportistas de contenedores exigen que las terminales de contenedores manejen sus buques lo más rápido posible para continuar su viaje al siguiente puerto. Esta mayor productividad se logra mediante procesos terminales más automatizados (Grunow et al. 2005) y mediante el despliegue simultáneo de más equipos terminales. Sin embargo, con cada vez más grúas de barco a tierra (STS) que operan simultáneamente, la demanda de energía (kw/s) aumenta. Esto también aumenta la mayor demanda máxima observada, lo que conduce a una mayor factura de energía y, por lo tanto, a mayores costos de manipulación.

La demanda máxima de las terminales de contenedores es responsable de entre el 25 y el 30% de la factura energética mensual (Comunicación personal, ABB, un proveedor mundial de soluciones electrotécnicas para las industrias marítima, offshore y portuaria (ABB 2014; Stedin 2014). La razón principal es que la mayor demanda máxima observada se cobra por los próximos 12 meses. Para ilustrar esto: si el pico más alto en enero es de 12.000 kw, la terminal se cobra por 12.000 kw para el resto del año. Sin embargo, si el pico más alto en marzo es de 14.000 kw, la terminal se cobra por 14.000 kw hasta marzo del año siguiente. Una menor demanda máxima podría resultar en grandes ahorros anuales para las terminales de contenedores. Por lo tanto, es muy importante investigar las posibilidades de reducir esta demanda máxima.

La pregunta de la investigación

Por lo tanto, el objetivo de la investigación es investigar las posibilidades de afeitar el pico de la demanda de electricidad en las terminales de contenedores mediante la aplicación de nuevas normas de funcionamiento para los procesos terminales que consumen electricidad, al tiempo que se supervisan las consecuencias de la velocidad de manipulación de los buques portacontenedores. El afeitado máximo implica la reducción del pico más alto observado en la demanda de energía para reducir los costos relacionados con la energía. Esto permite a los terminales de contenedores reducir los costos de manipulación de los buques portacontenedores, lo que les da una mejor posición competitiva. Otra ventaja del afeitado máximo es que la demanda de energía de los terminales es más estable; esto es especialmente importante para los terminales de contenedores en países donde los operadores de redes no pueden preparar el sistema energético para picos de energía altos inesperados. El tiempo de manipulación de los buques portacontenedores debe ser monitoreado, porque el tiempo de manipulación adicional podría afectar a la posición competitiva de un terminal. La principal pregunta de investigación abordada en esta investigación es: ¿Cuáles son las posibilidades de reducir la demanda máxima de equipos terminales que consumen electricidad (afeitado máximo) con el fin de reducir los costos de energía relacionados con la electricidad? La hipótesis es que, mediante la implementación de diferentes normas de operación (es decir, mejoras de procesos), como limitar el número de grúas elevadoras o la energía máxima permitida, los terminales son capaces de reducir la altura de los picos y así reducir sus costos relacionados con la energía.

Este documento presenta los resultados de esta investigación discutiendo las operaciones terminales de las grúas STS y la volatilidad de su demanda de energía en la sección 2. Tanto la metodología aplicada como la relevancia del estudio se presentan también en esta sección. La Sección 3 presenta el modelo de consumo de energía, que constituye la base para el modelo de simulación desarrollado. El modelo de simulación se presenta en la sección 4, y los resultados del estudio de simulación se describen en la sección 5. Por último, las implicaciones de estos resultados y las conclusiones del estudio se examinan en las secciones 6 y 7.

CONCLUSIÓN

El objetivo de esta investigación fue investigar las oportunidades para reducir la demanda máxima de energía de las operaciones de grúa STS en terminales de contenedores. Si se intenta reducir la demanda máxima de energía de los terminales de contenedores mediante la implementación de nuevas normas de funcionamiento (es decir, reduciendo el número de grúas de elevación simultáneamente o limitando la

demanda máxima de energía), se muestra que el pico puede reducirse en un 50% mientras afecta al tiempo de manipulación inferior a medio minuto por hora. Una reducción de costes del 50% ahorra una terminal de contenedores con ocho grúas de muelle y un rendimiento de 1,6 millones de TEU hasta 275.000 euros al año.

Además del efecto positivo del ahorro de costes, la reducción de la demanda máxima de energía tiene consecuencias para el tiempo de manipulación. En la mayoría de los escenarios (dependiendo de cuánto el número de grúas de elevación simultánea y la demanda de energía por segundo es limitado), el tiempo de manejo adicional sería inferior a medio minuto por hora. La pregunta es si los transportistas de contenedores están dispuestos a aceptar tiempo de manipulación adicional. Los terminales de contenedores deben estar preparados para negociar con los transportistas de contenedores sobre algún tipo de compensación. Esto podría ser financiero, pero también podría referirse a un servicio adicional (por ejemplo, energía eléctrica gratuita para buques atracados) o acuerdos de sostenibilidad. Independientemente de cómo se asignen los costos, esta investigación ha demostrado que los terminales de contenedores pueden reducir sus costos de energía relacionados con los picos mediante la gestión de su consumo de energía de una manera más inteligente.

El siguiente paso de investigación consiste en estudiar la programación integrada de la zona del muelle, el área de transporte de muelles y el área de apilamiento para evaluar las consecuencias de la nueva programación de grúas para los ahorros de costes y los tiempos de manipulación de contenedores (Wong y Kozan 2006; Boer y Saanen 2014).

TRANSLATED VERSION: FRENCH

Below is a rough translation of the insights presented above. This was done to give a general understanding of the ideas presented in the paper. Please excuse any grammatical mistakes and do not hold the original authors responsible for these mistakes.

VERSION TRADUITE: FRANÇAIS

Voici une traduction approximative des idées présentées ci-dessus. Cela a été fait pour donner une compréhension générale des idées présentées dans le document. Veuillez excuser toutes les erreurs grammaticales et ne pas tenir les auteurs originaux responsables de ces erreurs.

INTRODUCTION

Croissance in Transport conteneurisé

Le débit mondial des conteneurs ne cesse de croître. La taille normalisée des conteneurs (en unités équivalentes de 20 pi et 40 pieds) en fait un moyen approprié pour le transport de toutes sortes de produits, allant du multimédia et des matériaux de construction aux vêtements et chaussures. Même les marchandises sensibles à la température comme les fleurs, les fruits et les légumes peuvent être transportées facilement par des contenants à température contrôlée, connus sous le nom de reefers. La part des transports conteneurisés dans le commerce maritime est passée de 2,75 % en 1980 à 15 % en 2014 (CNUCED 2015) et le commerce maritime total est passé à 9842 millions de tonnes (CNUCED 2015). Le transport mondial annuel de conteneurs est passé de 28,7 millions d'unités équivalentes de vingt pieds (TEU) en 1990 à 171 millions d'evp en 2014 (CNUCED 2015) Le pourcentage de croissance moyenne sur 20 ans du marché des conteneurs est remarquable de 7,8 % (Clarksons 2015; Port de Rotterdam 2015).

Un développement important qui facilite la croissance du marché des conteneurs est l'augmentation des capacités des porte-conteneurs. Alors que le plus grand porte-conteneurs en 1980 avait une capacité de 3000 EVP, les plus grands porte-conteneurs exploités en 2015 ont une capacité de près de 20 000 EVP (Lloyd's List 2015).

La taille croissante des porte-conteneurs influe sur l'exploitation des terminaux à conteneurs, car le nombre de conteneurs par porte-conteneurs a également augmenté à la suite de ce développement. Les

transporteurs de conteneurs exigent que les terminaux à conteneurs manipulent leurs navires aussi rapidement que possible pour poursuivre leur voyage jusqu'au port suivant. Cette productivité accrue est obtenue par des processus terminaux plus automatisés (Grunow et al., 2005) et par le déploiement simultané d'un plus grand nombre d'équipements terminaux. Toutefois, avec les grues sts (ship-to-shore) qui exploitent de plus en plus simultanément, la demande d'énergie (kw/s) augmente. Cela augmente également la demande maximale la plus élevée observée, ce qui entraîne une facture d'énergie plus élevée et donc des coûts de manutention plus élevés.

La demande maximale des terminaux à conteneurs est responsable d'environ 25 à 30 % de la facture énergétique mensuelle (Communication personnelle, ABB, un fournisseur mondial de solutions électrotechniques pour les industries maritime, offshore et portuaire (ABB 2014; Stedin 2014). La raison principale est que la demande maximale la plus élevée observée est facturée pour les 12 prochains mois. Pour illustrer ceci : si le pic le plus élevé en janvier est de 12 000 kw, le terminal est facturé pour 12 000 kw pour le reste de l'année. Toutefois, si le pic le plus élevé en mars est de 14 000 kw, le terminal est facturé pour 14 000 kw jusqu'en mars de l'année suivante. Une demande de pointe plus faible pourrait se traduire par d'importantes économies annuelles pour les terminaux à conteneurs. Il est donc très important d'étudier les possibilités de réduire cette demande de pointe.

La question de la recherche

L'objectif de recherche est donc d'étudier les possibilités de pointe de rasage de la demande d'électricité dans les terminaux à conteneurs en appliquant de nouvelles règles de fonctionnement pour les processus terminaux consommateurs d'électricité, tout en surveillant les conséquences de la vitesse de manutention des porte-conteneurs. Le rasage maximal implique l'abaissement du pic le plus élevé observé de la demande d'énergie pour réduire les coûts liés à l'énergie. Cela permet aux terminaux à conteneurs de réduire les coûts de manutention des porte-conteneurs, ce qui leur donne une meilleure position concurrentielle. Un autre avantage du rasage de pointe est que la demande d'énergie des terminaux est plus stable; cela est particulièrement important pour les terminaux à conteneurs dans les pays où les opérateurs de réseau ne peuvent pas préparer le système énergétique à des pics inattendus à haute énergie. Le temps de manutention des porte-conteneurs doit être surveillé, car un temps de manutention supplémentaire pourrait affecter la position concurrentielle d'un terminal. La principale question de recherche abordée dans cette recherche est la suivante : Quelles sont les possibilités de réduire la demande maximale d'équipements terminaux consommateurs d'électricité (rasage de pointe) afin de réduire les coûts énergétiques liés à l'électricité? L'hypothèse est qu'en mettant en œuvre différentes règles de fonctionnement (c'est-à-dire des améliorations des procédés), comme la limitation du nombre de grues de levage ou de l'énergie maximale autorisée, les terminaux sont en mesure de réduire la hauteur des pics et de réduire ainsi leurs coûts liés à l'énergie.

Ce document présente les résultats de cette recherche en discutant des opérations terminales des grues STS et de la volatilité de leur demande d'énergie à la section 2. La méthodologie appliquée et la pertinence de l'étude sont également présentées dans cette section. La section 3 présente le modèle de consommation d'énergie, qui constitue la base du modèle de simulation développé. Le modèle de simulation est présenté à la section 4, et les résultats de l'étude de simulation sont discutés à la section 5. Enfin, les implications de ces résultats et les conclusions de l'étude sont discutées aux sections 6 et 7.

CONCLUSION

L'objectif de cette recherche était d'étudier les possibilités de réduire la demande énergétique maximale des opérations de grue STS dans les terminaux à conteneurs. Si l'on tente de réduire la demande énergétique maximale des terminaux à conteneurs en mettant en œuvre de nouvelles règles de fonctionnement (c'est-à-dire en réduisant le nombre de grues de levage simultanée ou en limitant la demande maximale d'énergie), il est démontré que le pic peut être réduit de 50 % tout en ayant un impact sur le temps de manutention

inférieur à une demi-minute par heure. Une réduction des coûts de 50 % permet d'économiser un terminal à conteneurs avec huit grues de quai et un débit de 1,6 million d'evp jusqu'à 275 000 € par an.

Outre l'effet positif des économies de coûts, la réduction de la demande d'énergie maximale a des conséquences sur le temps de manutention. Dans la plupart des scénarios (selon le nombre de grues de levage simultanées et la demande d'énergie par seconde est limitée), le temps de manutention supplémentaire serait inférieur à une demi-minute par heure. La question est de savoir si les transporteurs de conteneurs sont prêts à accepter un temps de manutention supplémentaire. Les terminaux à conteneurs doivent être prêts à négocier avec les transporteurs de conteneurs au sujet d'une sorte de compensation. Cela pourrait être financier, mais pourrait aussi concerner le service supplémentaire (p. Ex. L'électricité gratuite pour les navires à quai) ou les accords de durabilité. Indépendamment de la façon dont les coûts sont alloués, cette recherche a montré que les terminaux à conteneurs peuvent réduire leurs coûts énergétiques liés au pic en gérant leur consommation d'énergie d'une manière plus intelligente.

La prochaine étape de recherche consiste à étudier l'horaire intégré de la zone du quai, de la zone de transport en bord de quai et de la zone d'empilage afin d'évaluer les conséquences de la nouvelle planification des grues pour les économies de coûts et les temps de manutention des conteneurs (Wong et Kozan, 2006; Boer et Saanen 2014).

TRANSLATED VERSION: GERMAN

Below is a rough translation of the insights presented above. This was done to give a general understanding of the ideas presented in the paper. Please excuse any grammatical mistakes and do not hold the original authors responsible for these mistakes.

ÜBERSETZTE VERSION: DEUTSCH

Hier ist eine ungefähre Übersetzung der oben vorgestellten Ideen. Dies wurde getan, um ein allgemeines Verständnis der in dem Dokument vorgestellten Ideen zu vermitteln. Bitte entschuldigen Sie alle grammatikalischen Fehler und machen Sie die ursprünglichen Autoren nicht für diese Fehler verantwortlich.

EINLEITUNG

Wachstum in Containerisierter Transport

Der weltweite Durchsatz von Containern wächst kontinuierlich. Die standardisierte Größe der Behälter (in 20 ft. Und 40 ft. Äquivalente Einheiten) macht sie zu einem geeigneten Mittel für den Transport aller Arten von Produkten, von Multimedia und Baumaterialien bis hin zu Kleidung und Schuhen. Auch temperaturempfindliche Güter wie Blumen, Früchte und Gemüse können einfach über temperaturgeregelte Behälter transportiert werden, die als Reefer bekannt sind. Der Anteil des Containertransports am Seeverkehr stieg von 2,75 % im Jahr 1980 auf 15 % im Jahr 2014 (UNCTAD 2015.), und der gesamte Seehandel stieg auf 9842 Millionen Tonnen (UNCTAD 2015). Der jährliche weltweite Transport von Containern stieg von 28,7 Millionen 20-Fuß-Äquivalenteinheiten (TEU) im Jahr 1990 auf 171 Millionen TEU im Jahr 2014 (UNCTAD 2015) Der durchschnittliche 20-Jahres-Wachstumsprozentsatz des Containermarktes beträgt bemerkenswerte 7,8 % (Clarksons 2015; Hafen Rotterdam 2015).

Eine wichtige Entwicklung, die den wachsenden Containermarkt erleichtert, sind die steigenden Kapazitäten von Containerschiffen. Während das größte Containerschiff 1980 eine Kapazität von 3000 TEU hatte, haben die größten Containerschiffe, die 2015 in Betrieb waren, eine Kapazität von fast 20.000 TEU (Lloyd es List 2015).

Die wachsende Größe von Containerschiffen beeinflusst den Containerterminalbetrieb, da die Anzahl der Container pro Containerschiff durch diese Entwicklung ebenfalls zugenommen hat. Containerfrachter verlangen, dass Containerterminals ihre Schiffe so schnell wie möglich abfertigen, um ihre Reise zum nächsten Hafen fortzusetzen. Diese höhere Produktivität wird durch automatisiertere Terminalprozesse

(Grunow et al. 2005) und den gleichzeitigen Einsatz von mehr Endgeräten erreicht. Mit immer mehr gleichzeitig betriebenen Schiffs-zu-Land-Kranen (STS) steigt jedoch der Energiebedarf (kw/s). Dies erhöht auch die höchste beobachtete Spitzennachfrage, was zu einer höheren Energierechnung und damit zu höheren Bearbeitungskosten führt.

Die Spitzennachfrage von Containerterminals ist für etwa 25–30% der monatlichen Energierechnung verantwortlich (Personal Communication, ABB, ein weltweiter Anbieter von elektrotechnischen Lösungen für die Schifffahrts-, Offshore- und Hafenindustrie (ABB 2014; Stedin 2014)). Der Hauptgrund dafür ist, dass die höchste beobachtete Spitzennachfrage für die nächsten 12 Monate berechnet wird. Zur Veranschaulichung: Liegt der höchste Höchstwert im Januar bei 12.000 kw, wird das Terminal für den Rest des Jahres mit 12.000 kw belastet. Liegt der höchste Höchstwert im März jedoch bei 14.000 kw, wird das Terminal bis März des Jahres darauf mit 14.000 kw belastet. Eine geringere Spitzennachfrage könnte zu hohen jährlichen Einsparungen bei Containerterminals führen. Daher ist es sehr wichtig, die Möglichkeiten zu untersuchen, diese Spitzennachfrage zu verringern.

Die Forschungsfrage

Das Forschungsziel besteht daher darin, die Möglichkeiten zur Spitzenverzasierung des Strombedarfs an Containerterminals zu untersuchen, indem neue Betriebsregeln für stromverbrauchende Terminalprozesse angewendet und gleichzeitig die Folgen für die Umschlaggeschwindigkeit von Containerschiffen überwacht werden. Peak Rasierung impliziert die Senkung der höchsten beobachteten Spitze des Energiebedarfs, um die energiebedingten Kosten zu reduzieren. Dadurch können Containerterminals die Umschlagskosten von Containerschiffen senken und ihnen eine bessere Wettbewerbsposition einfahren. Ein weiterer Vorteil der Spitzenrasur ist, dass der Energiebedarf der Terminals stabiler ist; Dies ist besonders wichtig für Containerterminals in Ländern, in denen Netzbetreiber das Energiesystem nicht auf unerwartete hohe Energiespitzen vorbereiten können. Die Umschlagszeit für Containerschiffe muss überwacht werden, da zusätzliche Bearbeitungszeit die Wettbewerbsposition eines Terminals beeinträchtigen kann. Die wichtigste Forschungsfrage, die in dieser Forschung angesprochen wird, lautet: Welche Möglichkeiten gibt es, den Spitzenbedarf an stromverbrauchenden Endgeräten (Spitzenrasur) zu senken, um die strombedingten Energiekosten zu senken? Die Hypothese ist, dass Die Terminals durch die Umsetzung unterschiedlicher Betriebsregeln (d. H. Prozessverbesserungen), wie z. B. Die Begrenzung der Anzahl der Hubkrane oder der maximal zulässigen Energie, in der Lage sind, die Höhe der Spitzen zu reduzieren und dadurch ihre energiebedingten Kosten zu senken.

In diesem Beitrag werden die Ergebnisse dieser Forschung in Abschnitt 2 über den Terminalbetrieb von STS-Kranen und die Volatilität ihres Energiebedarfs erörtert. Sowohl die angewandte Methodik als auch die Relevanz der Studie werden in diesem Abschnitt vorgestellt. In Abschnitt 3 wird das Energieverbrauchsmodell dargestellt, das die Grundlage für das entwickelte Simulationsmodell bildet. Das Simulationsmodell wird in Abschnitt 4 vorgestellt, und die Ergebnisse der Simulationsstudie werden in Abschnitt 5 erläutert. Schließlich werden die Auswirkungen dieser Ergebnisse und die Schlussfolgerungen der Studie in den Abschnitten 6 und 7 erörtert.

SCHLUSSFOLGERUNG

Ziel dieser Forschung war es, die Möglichkeiten zur Senkung des Spitzenenergiebedarfs des STS-Kranbetriebs an Containerterminals zu untersuchen. Wenn versucht wird, den Spitzenenergiebedarf von Containerterminals durch die Einführung neuer Betriebsregeln zu senken (d. H. Die Anzahl der gleichzeitig hebenden Krane zu reduzieren oder den maximalen Energiebedarf zu begrenzen), zeigt sich, dass die Spitze um 50 % reduziert werden kann, während die Bearbeitungszeit weniger als eine halbe Minute pro Stunde beeinflusst wird. Eine Kostensenkung von 50 % spart ein Containerterminal mit acht Kaikranen und einem Durchsatz von 1,6 Mio. TEU bis zu 275.000 € pro Jahr.

Neben dem positiven Effekt von Kosteneinsparungen hat die Reduzierung des Spitzenenergiebedarfs Auswirkungen auf die Bearbeitungszeit. In den meisten Szenarien (je nachdem, wie viel gleichzeitig

Hebkrane und Energiebedarf pro Sekunde begrenzt ist) würde die zusätzliche Bearbeitungszeit weniger als eine halbe Minute pro Stunde betragen. Die Frage ist, ob Containerfrachter bereit sind, zusätzliche Bearbeitungszeit in Kauf zu nehmen. Containerterminals müssen bereit sein, mit Containerfrachtern über eine Art Entschädigung zu verhandeln. Dies kann finanzieller Art sein, kann sich aber auch auf zusätzliche Dienstleistungen (z. B. Freie Stromversorgung für Schiffe während des Liegeplatzes) oder Nachhaltigkeitsvereinbarungen beziehen. Unabhängig davon, wie die Kosten aufgeteilt werden, hat diese Untersuchung gezeigt, dass Containerterminals ihre spitzenbedingten Energiekosten senken können, indem sie ihren Energieverbrauch intelligenter steuern.

Der nächste Forschungsschritt besteht darin, die integrierte Planung des Kaibereichs, des Kaitransportbereichs und des Stapelbereichs gemeinsam zu untersuchen, um die Folgen der neuen Kranplanung für die Kosteneinsparungen und Containerumschlagzeiten zu bewerten (Wong und Kozan 2006; Boer und Saanen 2014).

TRANSLATED VERSION: PORTUGUESE

Below is a rough translation of the insights presented above. This was done to give a general understanding of the ideas presented in the paper. Please excuse any grammatical mistakes and do not hold the original authors responsible for these mistakes.

VERSÃO TRADUZIDA: PORTUGUÊS

Aqui está uma tradução aproximada das ideias acima apresentadas. Isto foi feito para dar uma compreensão geral das ideias apresentadas no documento. Por favor, desculpe todos os erros gramaticais e não responsabilize os autores originais responsáveis por estes erros.

INTRODUÇÃO

Crescimento in Transporte Contêiner

A produção mundial de contêineres está crescendo continuamente. O tamanho padronizado dos contêineres (em unidades equivalentes de 20 pés e 40 pés) torna-os um meio adequado para o transporte de todos os tipos de produtos, desde multimídia e materiais de construção até roupas e sapatos. Mesmo bens sensíveis à temperatura, como flores, frutas e vegetais, podem ser transportados facilmente por recipientes controlados pela temperatura, conhecidos como reefers. A participação do transporte marítimo aumentou de 2,75% em 1980 para 15% em 2014 (UNCTAD 2015.), e o comércio marítimo total aumentou para 9.842 milhões de toneladas (UNCTAD 2015). O transporte mundial anual de contêineres aumentou de 28,7 milhões de unidades equivalentes de vinte pés (TEU) em 1990 para 171 milhões de TEU em 2014 (UNCTAD 2015) O percentual médio de crescimento de 20 anos do mercado de contêineres é notável de 7,8% (Clarksons 2015; Porto de Roterdã 2015).

Um importante desenvolvimento que facilita o crescimento do mercado de contêineres são as capacidades crescentes de contêineres. Enquanto o maior contêiner em 1980 tinha capacidade para 3000 TEU, os maiores contêineres operando em 2015 têm capacidade de quase 20.000 TEU (Lloyd's List 2015).

O tamanho crescente dos contêineres influencia as operações dos terminais de contêineres, uma vez que o número de contêineres por contêiner também aumentou como resultado desse desenvolvimento. Os transportadores de contêineres exigem que os terminais de contêineres manuseiem seus navios o mais rápido possível para continuar sua viagem até o próximo porto. Essa maior produtividade é alcançada por processos terminais mais automatizados (Grunow et al. 2005) e pela implantação de mais equipamentos terminais simultaneamente. No entanto, com cada vez mais operando simultaneamente guindastes ship-to-shore (STS), a demanda de energia (kw/s) aumenta. Isso também aumenta a maior demanda de pico observada, levando a uma maior conta de energia e, portanto, maior custos de manuseio.

O pico de demanda dos terminais de contêineres é responsável por cerca de 25 a 30% da conta mensal de energia (Comunicação pessoal, ABB, fornecedora mundial de soluções eletrotécnicas para as indústrias

de transporte, offshore e porto (ABB 2014; Stedin 2014). A principal razão é que o pico de maior demanda observado é cobrado pelos próximos 12 meses. Para ilustrar isso: se o pico mais alto em janeiro for de 12.000 kw, o terminal é cobrado por 12.000 kw para o resto do ano. No entanto, se o pico mais alto em março for de 14.000 kw, o terminal é cobrado por 14.000 kw até março do ano seguinte. Um pico de demanda menor pode resultar em grandes economias anuais para os terminais de contêineres. Por isso, é muito importante investigar as possibilidades de redução desse pico de demanda.

A questão da pesquisa

O objetivo da pesquisa é, portanto, investigar as possibilidades de pico da demanda de energia elétrica nos terminais de contêineres, aplicando novas regras de operação para processos terminais de consumo de energia elétrica, ao mesmo tempo em que monitora as consequências para a velocidade de manuseio dos contêineres. O pico de barbear implica a redução do pico mais alto observado na demanda de energia para reduzir os custos relacionados à energia. Isso permite que os terminais de contêineres reduzam os custos de manuseio dos contêineres, dando-lhes uma posição melhor competitiva. Outra vantagem do pico de barbear é que a demanda de energia dos terminais é mais estável; isso é especialmente importante para terminais de contêineres em países onde os operadores de rede não podem preparar o sistema de energia para picos inesperados de alta energia. O tempo de manuseio dos contêineres precisa ser monitorado, pois o tempo extra de manuseio pode afetar a posição competitiva de um terminal. A principal questão da pesquisa abordada nesta pesquisa é: Quais são as possibilidades de redução da demanda máxima de equipamentos terminais que consomem eletricidade (pico de barbear) a fim de reduzir os custos de energia relacionados à eletricidade? A hipótese é que, ao implementar diferentes regras de operação (ou seja, melhorias nos processos), como limitar o número de guindastes de elevação ou a energia máxima permitida, os terminais são capazes de reduzir a altura dos picos e, assim, reduzir seus custos relacionados à energia.

Este artigo apresenta os resultados desta pesquisa discutindo as operações terminais dos guindastes da STS e a volatilidade de sua demanda de energia na seção 2. Tanto a metodologia aplicada quanto a relevância do estudo também são apresentadas nesta seção. A seção 3 apresenta o modelo de consumo de energia, que forma a base para o modelo de simulação desenvolvido. O modelo de simulação é apresentado na seção 4, e os resultados do estudo de simulação são discutidos na seção 5. Por fim, as implicações desses resultados e as conclusões do estudo são discutidas nas seções 6 e 7.

CONCLUSÃO

O objetivo desta pesquisa foi investigar as oportunidades de redução da demanda de energia máxima das operações de guindastes da STS nos terminais de contêineres. Se for feita uma tentativa de reduzir o pico de demanda energética dos terminais de contêineres, implementando novas regras de operação (ou seja, reduzindo o número de guindastes simultaneamente levantados ou limitando a demanda máxima de energia), é demonstrado que o pico pode ser reduzido em 50% ao impactar o tempo de manuseio menos de meio minuto por hora. Uma redução de custos de 50% economiza um terminal de contêineres com oito guindastes de cais e um rendimento de 1,6 milhões de TEU até € 275.000 por ano.

Além do efeito positivo da redução de custos, a redução do pico da demanda de energia tem consequências para o tempo de manuseio. Na maioria dos cenários (dependendo do quanto o número de guindastes de elevação simultânea e a demanda de energia por segundo é limitado), o tempo extra de manuseio seria inferior a meio minuto por hora. A questão é se os transportadores de contêineres estão dispostos a aceitar tempo extra de manuseio. Os terminais de contêineres precisam estar preparados para negociar com os transportadores de contêineres sobre algum tipo de compensação. Isso pode ser financeiro, mas também pode estar relacionado a serviços extras (por exemplo, energia elétrica gratuita para navios enquanto atracam) ou acordos de sustentabilidade. Independentemente de como os custos são alocados, esta pesquisa mostrou que os terminais de contêineres podem reduzir seus custos de energia relacionados ao pico, gerenciando seu consumo de energia de forma mais inteligente.

O próximo passo da pesquisa é estudar o agendamento integrado da área do cais, da área de transporte do cais e da área de empilhamento, a fim de avaliar as consequências do novo agendamento de guindastes

para os custos de economia e tempos de movimentação de contêineres (Wong e Kozan 2006; Boer e Saanen 2014).