

KRYŽMINIO-DOKO SANDĖLIAVIMO REIKŠMĖ IR JO TOBULINIMAS LOGISTIKOS TERMINALUOSE

Styvenas STONYS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Bioekonomikos plėtros fakultetas, el. paštas: styvenas.stonys@vdu.lt

Santrauka

Šiuolaikinėse tiekimo grandinėse logistikos procesų efektyvumas tampa vienu svarbiausių veiksnių, lemiančių organizacijų konkurencingumą. Didėjant prekių srautams ir augant pristatymo greičio reikalavimams, logistikos terminaluose vis dažniau taikomi modernūs prekių paskirstymo metodai. Svarbią vietą tarp jų užima kryžminio-doko sandėliavimas. Ši sistema leidžia sumažinti tradicinio sandėliavimo poreikį, pagreitinti prekių judėjimą ir optimizuoti logistikos procesus. Tyrimo tikslas yra išanalizuoti kryžminio-doko sandėliavimo reikšmę ir jo tobulinimo galimybes logistikos terminaluose. Tyrimo metu buvo taikoma mokslinės literatūros analizė, leidusi išnagrinėti kryžminio-doko sandėliavimo organizavimo principus. Taip pat buvo nustatyti pagrindiniai veiksniai, turintys įtakos šios sistemos efektyvumui. Tyrimo rezultatai parodė, kad kryžminio-doko sandėliavimo efektyvumas priklauso nuo transporto srautų planavimo, informacijos koordinavimo tarp tiekimo grandinės dalyvių ir informacinių technologijų taikymo logistikos procesuose. Nustatyta, kad transporto ir sandėlio valdymo sistemos, realaus laiko transporto stebėjimo sprendimai ir terminalų infrastruktūros atnaujinimas leidžia efektyviau organizuoti logistikos operacijas. Apibendrinant galima teigti, kad kryžminio-doko sandėliavimas prisideda prie geresnio logistikos procesų valdymo ir didesnio tiekimo grandinės konkurencingumo.

Reikšminiai žodžiai: kryžminio-doko sandėliavimas, logistikos terminalai, tiekimo grandinė, logistikos procesų valdymas, transporto srautų planavimas.

Įvadas

Logistikos ir tiekimo grandinės valdymo efektyvumas šiuolaikinėje ekonomikoje tampa vienu svarbiausių veiksnių, lemiančių organizacijų konkurencingumą. Globalios prekybos plėtra, elektroninės komercijos augimas ir didėjantys vartotojų lūkesčiai dėl greito prekių pristatymo skatina logistikos įmones nuolat ieškoti efektyvesnių prekių paskirstymo ir sandėliavimo sprendimų. Dėl šių priežasčių vis daugiau dėmesio skiriama inovatyviems logistikos organizavimo metodams, leidžiantiems optimizuoti materialinių srautų judėjimą ir mažinti veiklos sąnaudas (Van Belle et al., 2012). Viena iš pažangių logistikos organizavimo priemonių yra kryžminio-doko (angl. cross-docking) sandėliavimo sistema. Ši sistema grindžiama principu, kad prekės, atvykusios į logistikos terminalą iš tiekėjų, yra iškraunamos, rūšiuojamos ir per trumpą laiką perkraunamos į kitą transporto priemonę tolimesniam transportavimui, išvengiant ilgalaikio jų sandėliavimo. Tokiu būdu siekiama sumažinti atsargų laikymo laiką, optimizuoti sandėliavimo operacijas ir pagreitinti prekių judėjimą tiekimo grandinėje (Boysen et al., 2010). Mokslinėje literatūroje pažymima, kad kryžminio-doko sandėliavimo taikymas gali reikšmingai prisidėti prie logistikos veiklos efektyvumo didinimo. Taikant šią sistemą mažinamos sandėliavimo sąnaudos, trumpinamas prekių pristatymo laikas ir gerinamas tiekimo grandinės dalyvių veiklos koordinavimas. Be to, kryžminio-doko modelis leidžia sumažinti atsargų lygį paskirstymo centruose ir efektyviau išnaudoti transportavimo bei sandėliavimo infrastruktūrą (Agustina et al., 2014). Nepaisant šių privalumų, kryžminio-doko sandėliavimo organizavimas logistikos terminaluose reikalauja aukšto lygio procesų koordinavimo ir planavimo. Efektyvus transporto srautų valdymas, dokų paskirstymas, transporto priemonių tvarkaraščių planavimas ir informacinių sistemų integracija yra esminiai veiksniai, užtikrinantys sklandų kryžminio-doko operacijų vykdymą. Netinkamai organizuoti procesai gali lemti transporto priemonių vėlavimus, didesnes operacines sąnaudas ir mažesnę terminalų veiklos efektyvumą (Monemia, Gelareh, 2023). Atsižvelgiant į kryžminio-doko sandėliavimo svarbą šiuolaikinėse tiekimo grandinėse, aktualu analizuoti šios sistemos taikymo galimybes bei jos tobulinimo kryptis logistikos terminaluose. Efektyvus kryžminio-doko procesų organizavimas gali prisidėti prie greitesnio prekių judėjimo, geresnio logistikos išteklių panaudojimo ir aukštesnės klientų aptarnavimo kokybės.

Tyrimo tikslas – išanalizuoti kryžminio-doko sandėliavimo reikšmę ir jo tobulinimo galimybes logistikos terminaluose.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Išanalizuoti kryžminio-doko sandėliavimo organizavimo principus logistikos terminaluose.
2. Nustatyti kryžminio-doko sandėliavimo tobulinimo galimybes logistikos terminaluose.

Siekiant įgyvendinti iškeltus tyrimo uždavinius, analizuojamos kryžminio-doko sandėliavimo taikymo tendencijos logistikos terminaluose. Mokslinėje literatūroje pažymima, kad kryžminio-doko operacijų organizavimas vis labiau grindžiamas pažangių logistikos planavimo metodų, sandėlių valdymo sistemų bei transporto srautų koordinavimo sprendimų taikymu (Van Belle et al., 2012)

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimo objektas – kryžminio-doko sandėliavimo reikšmė logistikos terminalų veikloje. Kryžminio-doko sandėliavimas yra svarbi tiekimo grandinės dalis, turinti tiesioginę įtaką logistikos procesų efektyvumui, prekių paskirstymo greičiui bei paslaugų kokybei.

Tyrimo metodologinis pagrindas grindžiamas sisteminiu požiūriu į logistikos procesų organizavimą, pagal kurį kryžminio-doko operacijos apima transporto srautų planavimo, krovinų paskirstymo, operacijų vykdymo ir procesų kontrolės funkcijas (Boysen et al., 2010; Van Belle et al., 2012).

Tyrimo metu taikyta mokslinės literatūros analizė, leidusi išnagrinėti kryžminio-doko sandėliavimo teorinius aspektus ir nustatyti pagrindinius veiksnius, lemiančius šios logistikos sistemos efektyvumą (Agustina et al., 2014). Analizuojant mokslinę literatūrą buvo siekiama įvertinti kryžminio-doko sandėliavimo reikšmę logistikos terminalų veikloje ir identifikuoti pagrindines šios sistemos tobulinimo kryptis.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Atlikta mokslinės literatūros analizė parodė, kad kryžminio-doko sandėliavimas yra viena iš svarbių šiuolaikinių logistikos sistemų dalių, turinti reikšmingą įtaką tiekimo grandinės veiklos efektyvumui. Kryžminio-doko sistema leidžia sumažinti tradicinio sandėliavimo poreikį, pagreitinti prekių judėjimą ir optimizuoti paskirstymo procesus logistikos terminaluose (Van Belle et al., 2012). Tokiu būdu užtikrinamas greitesnis prekių judėjimas tarp tiekimo grandinės dalyvių ir mažinamos logistikos operacijų sąnaudos. Literatūros analizė atskleidė, kad efektyvus kryžminio-doko sandėliavimo organizavimas grindžiamas nuosekliu procesų planavimu, operacijų koordinavimu, vykdymu ir kontrolės mechanizmų taikymu. N. Boysen ir kt. (2010) pabrėžia, kad transporto priemonių atvykimo ir išvykimo tvarkaraščių planavimas bei dokų paskirstymas yra vieni svarbiausių veiksnių, užtikrinančių sklandų kryžminio-doko terminalų darbą. Tinkamas šių procesų organizavimas leidžia sumažinti transporto priemonių laukimo laiką ir padidinti terminalo operacijų efektyvumą. Analizuojant mokslinius šaltinius nustatyta, kad vienas svarbiausių kryžminio-doko sistemos veikimo veiksnių yra efektyvus informacijos srautų koordinavimas tarp tiekėjų, logistikos terminalų ir transporto įmonių. Pasak J. Van Belle ir kt. (2012), sklandus informacijos perdavimas leidžia geriau planuoti transporto srautus, optimizuoti krovinų paskirstymą ir sumažinti operacijų trūkštį terminaluose.

Tyrimo rezultatai taip pat parodė, kad šiuolaikinėje logistikos veikloje vis didesnę reikšmę įgauna informacinių technologijų taikymas kryžminio-doko operacijose (žr. 1 lentelę). Sandėlio valdymo sistemos (WMS), transporto valdymo sistemos (TMS) ir realaus laiko duomenų analizės sprendimai leidžia efektyviau planuoti terminalų operacijas, koordinuoti transporto srautus ir stebėti krovinų judėjimą visoje tiekimo grandinėje (Agustina et al., 2014). Kita vertus, mokslinėje literatūroje pažymima, kad kryžminio-doko sistemos taikymas logistikos terminaluose susiduria su įvairiais organizaciniais ir technologiniais iššūkiais. R. N. Monemia ir S. Gelareh (2023) nurodo, kad dažniausiai pasitaikančios problemos yra netikslus transporto tvarkaraščių planavimas, ribota terminalų infrastruktūra ir nepakankamas informacinių sistemų integravimas. Šie veiksniai gali lemti transporto priemonių vėlavimus, didesnes operacijų sąnaudas ir mažesnę logistikos veiklos efektyvumą.

1 lentelė. Kryžminio-doko proceso valdymo priemonių pavyzdžiai.

Table 2. Examples of cross-docking process management tools.

Kryžminio-doko proceso etapai / Process stages of cross-docking	Valdymo priemonės / Management tools
1. Krovinio atvykimo planavimas / Inbound shipment planning	Transporto valdymo sistema (TMS) / Transportation Management System (TMS) Transporto tvarkaraščių planavimas / Transport scheduling Transporto registracijos sistemos / Vehicle check-in/registration systems
2. Krovinio priėmimas terminale / Receiving goods at the terminal	Sandėlio valdymo sistema (WMS) / Warehouse Management System (WMS) Automatizuotos identifikavimo technologijos (RFID, barkodai) / Automated identification technologies (RFID, barcodes)
3. Krovinio rūšiavimas / Sorting of goods	Automatizuotos rūšiavimo sistemos / Automated sorting systems Konvejeriai / Conveyor systems Skenavimo technologijos / Scanning technologies
4. Krovinio paskirstymas pagal maršrutus / Allocation of goods by routes	Informacinės logistikos sistemos / Logistics information systems Maršrutų planavimo programos / Route planning software
5. Krovinio perkrovimas į išvykstančias transporto priemones / Loading goods onto outbound vehicles	Krovos planavimo programos / Load planning software Dokų paskirstymo sistemos / Dock scheduling/allocation systems
6. Transportavimo proceso koordinavimas / Coordination of transportation process	GPS sekimo sistemos / GPS tracking systems Realaus laiko transporto stebėjimas / Real-time transport monitoring
7. Krovinio pristatymas ir informacijos atnaujinimas / Delivery of goods and information update	Skaitmeninės sekimo platformos / Digital tracking platforms Klientų informavimo sistemos / Customer notification systems

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal Van Belle, Valckenaers, Cattrysse (2012); Boysen, Fliedner, Scholl (2010); Agustina, Lee, Piplani (2014).

Apibendrinant 1 lentelėje pateiktą informaciją galima teigti, kad kryžminio-doko procesas logistikos terminaluose apima kelis tarpusavyje susijusius etapus – nuo krovinio atvykimo planavimo iki jo pristatymo galutiniam gavėjui. Kiekviename etape taikomos skirtingos valdymo priemonės, tokios kaip transporto ir sandėlio valdymo sistemos, automatizuotos identifikavimo technologijos ir transporto stebėjimo sprendimai. Šių priemonių taikymas leidžia efektyviau koordinuoti prekių srautus, optimizuoti terminalo operacijas ir užtikrinti sklandų kryžminio-doko proceso veikimą (žr. 2 lentelę).

2 lentelė. Kryžminio-doko sandėliavimo teorinių įžvalgų apibendrinimas.

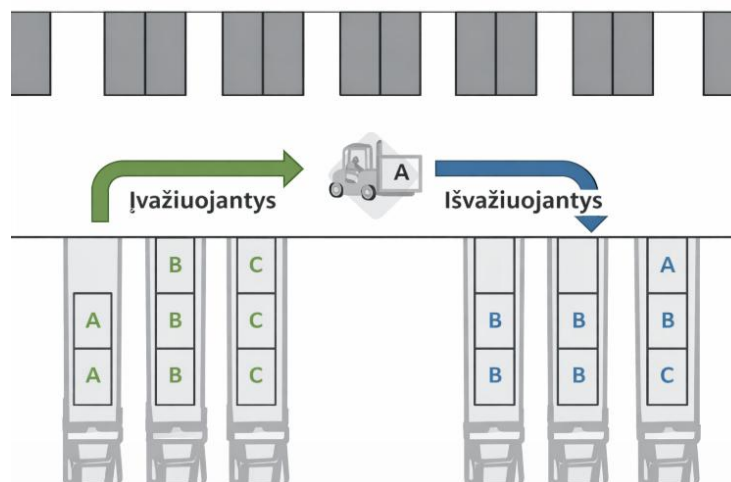
Table 2. Summary of theoretical insights on cross-docking warehousing.

Autorius / Author	Pagrindinė įžvalga / Main insights
Van Belle, Valckenaers, Cattrysse (2012)	Kryžminio-doko sistema leidžia sumažinti sandėliavimo laiką ir optimizuoti prekių srautus. / The cross-docking system allows reducing storage time and optimizing the flow of goods.
Boysen, Fliedner, Scholl (2010)	Efektvus dokų paskirstymas ir transporto tvarkaraščių planavimas yra pagrindiniai terminalų veiklos veiksniai. / Efficient dock allocation and transport scheduling are key factors in terminal operations.
Agustina, Lee, Piplani (2014)	Informacinių technologijų taikymas leidžia optimizuoti kryžminio-doko planavimo procesus. / The use of information technologies enables the optimization of cross-docking planning processes.
Monemia, Gelareh (2023)	Netikslus transporto planavimas ir infrastruktūros apribojimai gali mažinti kryžminio-doko efektyvumą. / Inaccurate transport planning and infrastructure limitations can reduce the efficiency of cross-docking.

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal Van Belle, Valckenaers, Cattrysse (2012); Boysen, Fliedner, Scholl (2010); Agustina, Lee, Piplani (2014); Monemia, Gelareh (2023).

Apibendrinant 2 lentelėje pateiktas teorines įžvalgas galima teigti, kad skirtingi autoriai akcentuoja įvairius kryžminio-doko sandėliavimo organizavimo aspektus. Vieni autoriai pabrėžia transporto srautų planavimo ir dokų paskirstymo svarbą, kiti išskiria informacijos srautų koordinavimo ir informacinių technologijų taikymo reikšmę logistikos procesuose. Šių veiksmų integravimas sudaro prielaidas efektyvesniam kryžminio-doko operacijų organizavimui ir didesniai logistikos terminalų veiklos efektyvumui.

Kryžminio-doko sandėliavimo efektyvumas glaudžiai susijęs su tiekimo grandinės dalyvių bendradarbiavimo lygiu. Sklandus tiekėjų, transporto įmonių ir logistikos terminalų tarpusavio koordinavimas (žr. 1 pav.) leidžia užtikrinti tikslų transporto priemonių atvykimo laiką, sumažinti vėlavimus ir išvengti operacinių trikdžių. Efektyvus informacijos keitimasis tarp visų proceso dalyvių sudaro prielaidas geresniam sprendimų priėmimui ir leidžia greičiau reaguoti į nenumatytus pokyčius tiekimo grandinėje. Taip pat svarbus aspektas yra žmogiškųjų išteklių valdymas kryžminio-doko terminaluose. Nors didelė dalis procesų gali būti automatizuota, darbuotojų kompetencija, gebėjimas dirbti su informacinėmis sistemomis ir operatyviai priimti sprendimus išlieka itin reikšmingi. Tinkamas darbuotojų mokymas ir kvalifikacijos kėlimas leidžia sumažinti klaidų tikimybę bei užtikrinti sklandų operacijų vykdymą. Taip pat pažymėtina, kad kryžminio-doko sistemos efektyvumas priklauso nuo terminalo infrastruktūros išvystymo lygio. Modernūs logistikos terminalai, turintys pakankamą dokų skaičių, automatizuotas rūšiavimo linijas ir pažangias informacines sistemas, gali efektyviau valdyti didelius prekių srautus. Tuo tarpu riboti infrastruktūros pajėgumai gali tapti pagrindiniu veiksniu, ribojančiu kryžminio-doko operacijų našumą. Atsižvelgiant į technologinę pažangą, vis didesnę reikšmę įgyja skaitmenizacijos sprendimai, tokie kaip dirbtinis intelektas, didžiųjų duomenų analizė ir daiktų interneto (IoT) technologijos. Šios technologijos leidžia tiksliau prognozuoti prekių srautus, optimizuoti transporto maršrutus ir realiu laiku stebėti logistikos procesus. Tai sudaro galimybes dar labiau didinti kryžminio-doko operacijų efektyvumą ir mažinti sąnaudas. Galiausiai, galima teigti, kad kryžminio-doko sandėliavimas turi didelį potencialą tolesnei plėtrai, ypač augant e. komercijos apimtims ir didėjant greito prekių pristatymo poreikiui. Ateityje tikėtina dar platesnė automatizacijos ir informacinių technologijų integracija, kuri leis dar labiau optimizuoti logistikos terminalų veiklą ir užtikrinti aukštesnę paslaugų kokybės lygį.



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal nagrinėta literatūrą ir pasitelkus Open AI paveikslų generavimo pagalbą)

Source: Compiled by the author based on the reviewed literature and with the assistance of OpenAI's image generation tool)

1 pav. Kryžminio doko veikimo principas.

Fig. 1 Principle of cross-docking operation.

Apibendrinant atliktos mokslinės literatūros analizės rezultatus galima teigti, kad kryžminio-doko sandėliavimas tampa vis svarbesne logistikos procesų organizavimo priemone šiuolaikinėse tiekimo grandinėse. Šios sistemos taikymas leidžia efektyviau koordinuoti prekių srautus, sumažinti sandėliavimo laiką bei optimizuoti transportavimo ir paskirstymo procesus logistikos terminaluose. Mokslinėje literatūroje pabrėžiama, kad kryžminio-doko operacijų efektyvumas priklauso nuo transporto srautų planavimo, informacijos koordinavimo tarp tiekimo grandinės dalyvių ir informacinių technologijų taikymo logistikos procesuose.

Išvados

1. Atlikta mokslinės literatūros analizė parodė, kad kryžminio-doko sandėliavimas yra vienas iš efektyviausių logistikos procesų organizavimo metodų, leidžiančių optimizuoti prekių paskirstymo veiklą tiekimo grandinėje. Šios sistemos taikymas leidžia sumažinti tradicinio sandėliavimo poreikį, sutrumpinti krovinį judėjimo laiką bei mažinti logistikos operacijų sąnaudas, todėl kryžminio-doko principo taikymas logistikos terminaluose turi reikšmingą poveikį tiekimo grandinės veiklos efektyvumui.

2. Tyrimo rezultatai parodė, kad kryžminio-doko sandėliavimo organizavimas grindžiamas integruotu logistikos procesų valdymu, apimančiu transporto srautų planavimą, krovinų rūšiavimo ir paskirstymo koordinavimą bei efektyvų informacijos srautų valdymą. Tinkamai organizuoti šie procesai leidžia optimizuoti krovybos operacijas, sumažinti transporto priemonių laukimo laiką logistikos terminaluose bei užtikrinti sklandų materialinių srautų judėjimą tiekimo grandinėje.

3. Nustatyta, kad kryžminio-doko sandėliavimo tobulinimas yra glaudžiai susijęs su informacinių technologijų taikymu, terminalų infrastruktūros modernizavimu ir logistikos procesų skaitmenizavimu. Sandėlio ir transporto valdymo sistemos, realaus laiko duomenų analizės sprendimai bei pažangios transporto planavimo priemonės sudaro prielaidas efektyvesniam logistikos operacijų koordinavimui, geresniam išteklių panaudojimui ir didesniam logistikos terminalų veiklos konkurencingumui.

Literatūra

1. Van Belle, J., Valckenaers, P., & Cattrysse, D. (2012). Cross-docking: State of the art. *Omega*, 40(6), 827–846. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2012.03.002>
2. Boysen, N., Fliedner, M., & Scholl, A. (2010). Scheduling inbound and outbound trucks at cross docking terminals. *OR Spectrum*, 32(1), 135–161. <https://doi.org/10.1007/s00291-009-0161-0>
3. Agustina, D., Lee, C. K. M., & Piplani, R. (2014). Vehicle scheduling and routing at a cross docking center for food supply chains. *International Journal of Production Economics*, 152, 29–41. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.12.004>
4. Monemi, R. N., & Gelareh, S. (2023). Dock assignment and truck scheduling problem; consideration of multiple scenarios with resource allocation constraints. *Computers & Operations Research*, 151, 106074. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2022.106074>
5. Kiani Mavi, R., Goh, M., Kiani Mavi, N., Jie, F., Brown, K., Biermann, S., & Khanfar, A. A. (2020). Cross-Docking: A systematic literature review. *Sustainability*, 12(11), 4789. <https://doi.org/10.3390/su12114789>
6. Seyedhoseini, S. M., Rashid, R., & Teimoury, E. (2015). Developing a cross-docking network design model under uncertain environment. *Journal of Industrial Engineering International*, 11, 225–236. <https://doi.org/10.1007/s40092-014-0088-0>
7. Ardakani, A. A., & Fei, J. (2020). A systematic literature review on uncertainties in cross-docking operations. *Modern Supply Chain Research and Applications*, 2(1), 2–22. <https://doi.org/10.1108/MS CRA-05-2019-0002>
8. Buijs, P., Vis, I. F. A., & Carlo, H. J. (2014). Synchronization in cross-docking networks: A research classification and framework. *European Journal of Operational Research*, 239(3), 593–608. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.06.044>
9. Oluwatosin T., O. T., Dulebenets, M. A., Pasha, J., Abioye, O. F., & Kavooosi, M. (2019). Truck scheduling at cross-docking terminals: A follow-up state-of-the-art review. *Sustainability*, 11(19), 5369. <https://doi.org/10.3390/su11195369>

THE IMPORTANCE OF CROSS-DOCKING WAREHOUSING AND ITS IMPROVEMENT IN LOGISTICS TERMINALS

Abstract

In modern supply chains, the efficiency of logistics processes has become one of the key factors determining organizational competitiveness. As the volume of goods flows increases and delivery time requirements grow, logistics terminals increasingly apply advanced distribution methods, among which cross-docking warehousing plays a significant role. This system allows companies to reduce the need for traditional warehousing, accelerate the movement of goods, and optimize logistics processes. The aim of the study is to analyze the importance of cross-docking warehousing and its improvement opportunities in logistics terminals. The research is based on a scientific literature analysis that allowed the examination of cross-docking organization principles and the identification of the main factors influencing the efficiency of this logistics system. The results of the study show that the efficiency of cross-docking operations depends on effective transport flow planning, coordination of information flows among supply chain participants, and the application of information technologies in logistics processes. Warehouse management systems, transportation management systems, real-time tracking solutions, and modernized terminal infrastructure contribute to more efficient coordination of logistics operations. In conclusion, cross-docking warehousing plays an important role in improving logistics process management and increasing the competitiveness of supply chains.

Keywords: cross-docking warehousing, logistics terminals, supply chain, logistics process management, transport flow planning.