

SANDĖLIO PROCESŲ VALDYMO TOBULINIMO GALIMYBĖS SIEKiant DIDINTI VEIKLOS EFEKTYVUMĄ

Agnius GRIGAITIS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademijos, Bioekonomikos plėtros fakultetas,
el. paštas: agnius.grigaitis@gmail.com

Santrauka

Straipsnyje nagrinėjamos sandėlio procesų valdymo tobulinimo galimybės, kurios tampa itin reikšmingos šiuolaikinėms tiekimo grandinėms, augant operaciniams iššūkiams ir didėjant skaitmenizacijos poveikiui logistikos infrastruktūrai. Tyrime analizuojama, kaip sandėlis iš tradicinės atsargų laikymo vietos transformuojasi į strateginį operacinį mazgą, kuriame susikerta materialieji srautai, informacijos mainai, technologinės sistemos ir darbuotojų veiklos organizavimas, o jų sąveika tiesiogiai lemia įmonės veiklos efektyvumą. Taikant sisteminę, teminę ir kritinę mokslinės literatūros analizę, identifikuojamos pagrindinės sandėlio procesų neefektyvumo priežastys, tokios kaip didelės sąnaudos užsakymų surinkimo procese, procedūrų kintamumas, ribotas duomenų prieinamumas ir technologinė fragmentacija. Analizė atskleidžia kelias teorines procesų tobulinimo kryptis: standartizuotos veiklos procedūros, leidžiančios sumažinti operacinį kintamumą ir užtikrinti stabilų procesų atkuriamumą, skaitmenizacijos ir technologinių sprendimų (WMS, IoT jutiklių, RFID, 5G ryšio, automatizuotų identifikavimo sistemų) plėtra, didinanti sandėlio veiklos matomumą ir tikslumą, darbuotojų kompetencijų ir organizacinės kultūros svarba, lemianti technologijų pritaikomumą bei tvarumo principų integravimas, vis labiau įtvirtinantis energijos taupymo ir atsakingo išteklių naudojimo prioritetus. Rezultatai rodo, kad sandėlio procesų valdymo efektyvumas priklauso ne nuo pavienių patobulinimų, bet nuo sisteminės, tarpusavyje derančios standartizavimo, technologijų ir organizacinės brandos visumos. Straipsnyje daroma išvada, kad šių veiksmų sinergija sudaro prielaidas mažinti operacines klaidas, didinti procesų skaidrumą ir pasiekti didesnę veiklos našumą, o teorinis vertinimas atskleidžia kryptis, kuriomis logistikos organizacijos gali kryptingai stiprinti sandėlio procesų valdymą, siekdamas konkurencinio pranašumo.

Reikšminiai žodžiai: sandėlio procesai, sandėlio valdymas, procesų standartizavimas, skaitmenizacija, logistikos efektyvumas, inovacijos.

Išvadas

Sandėlio procesų valdymas užima strateginę vietą šiuolaikinėje tiekimo grandinėje, nes būtent sandėlyje susikerta materialieji srautai, informacija, darbo jėga ir technologijos. Sandėlis šiandien nėra pasyvios atsargų saugojimo funkcijos vykdytojas – tai dinamiškas operacinis mazgas, tiesiogiai lemiantis įmonės veiklos efektyvumą, klientų aptarnavimo kokybę ir visos tiekimo grandinės konkurencingumą. Sandėlių procesai apima esmines operacijas, tokias kaip priėmimas, saugojimas, užsakymų surinkimas ir išsiuntimas, o ypač užsakymų surinkimas yra išskiriamas kaip didžiausių darbo ir laiko sąnaudų reikalaujantis procesas, kurio optimizavimas tiesiogiai didina organizacijos veiklos našumą. Skaitmenizacijos plėtra, „Pramonės 5.0“ principų taikymas, automatizavimo sprendimai, tokie kaip IoT jutikliai, RFID technologijos, autonominės transporto priemonės ir didžiųjų duomenų analizė, keičia sandėlių veikimo logiką, didina jų matomumą ir reagavimo greitį. Šios technologijos formuoja naujus standartus, kurie iš esmės transformuoja darbo organizavimą, procesų kontrolę ir sprendimų priėmimą. Skaitmeninės transformacijos mastas rodo, kad sandėlio procesų efektyvumas vis labiau priklauso nuo duomenų kokybės, informacinių sistemų integracijos ir organizacinės brandos, leidžiančios šiuos sprendimus veiksmingai įgyvendinti. Tyrimai atlikti analizuojant skaitmenines tiekimo grandinės sistemas leido padaryti išvagas į daugialypės technologijos pokytį, pabrėždamos, kaip šios technologijos leidžia tiksliau valdyti atsargas ir dinamiškai kontroliuoti procesus, o tai lemia reikšmingus veiklos tobulinimus (Panigrahi et al., 2025). Pasaulinės rinkos spaudimas, pvz., didėjanti infliacija, augančios elektroninės prekybos apimtys ir konkurencija dėl logistikos nekilnojamojo turto, didina sandėlių procesų neefektyvumo riziką bei skatina investuoti į sandėlių automatizaciją, skaitmenizavimą, duomenų analizės įrankius bei tvarias. Mokslinėje literatūroje atskleidžiami automatizavimo iššūkiai su kuriais susiduria praktikai, įskaitant technines ir organizacines spragas, kurios daro įtaką technologinio potencialo panaudojimui produktyvumo didinimui, ir pabrėžia, kad sandėlių procesų valdymas, kartu su technologijų įsigijimu, yra kritiškai svarbus sėkmei (Kembro et al., 2022). Šiuolaikiniai tyrimai sutelkia dėmesį į procesų pertvarkymą, žmogaus ir technologijų integraciją bei tvirtą veiklos poveikio vertinimą. Atsižvelgiant į šias aplinkybes, sandėlio procesų valdymo tyrimai tampa ypač aktualūs tiek mokslui, tiek praktikai, o teorinis šio straipsnio pagrindimas leidžia nuosekliai atskleisti galimas sandėlio procesų tobulinimo kryptis, būtinus pokyčius ir jų svarbą organizacijų veiklos efektyvumui.

Tyrimo tikslas – nustatyti sandėlio procesų valdymo tobulinimo galimybes siekiant didinti įmonės veiklos efektyvumą.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Atskleisti sandėlio procesų valdymo svarbą įmonės veiklos efektyvumui.
2. Įvertinti pažangių technologijų poveikį sandėlio procesų skaidrumui, tikslumui ir reagavimo greičiui.
3. Išanalizuoti teorines sandėlio procesų tobulinimo galimybes.

Tyrimų objektas ir metodai

Šiame straipsnyje tyrimų objektu laikomos sandėlio procesų valdymas. Dėmesys skiriamas procesams, kurie literatūroje identifikuojami kaip labiausiai lemiantys sandėlio našumą – prekių priėmimo, sandėliavimo, užsakymų surinkimo ir išsiuntimo veikloms – ir jų transformacijai šiuolaikinių technologijų kontekste. Analizuojama, kaip sandėlio procesų pertvarkymas prisideda prie įmonės veiklos efektyvumo didinimo platesnėje tiekimo grandinės sistemoje.

Taikomi teoriniai mokslinės analizės metodai, atliekama sisteminga literatūros analizė, apimanti naujausius tyrimus apie sandėlio procesų efektyvumą, skaitmenizacijos įtaką ir technologinių sprendimų diegimą. Ši analizė padeda identifikuoti pagrindines procesų tobulinimo tendencijas ir mokslinių diskusijų kryptis. Taikoma literatūros analizė, leidžianti išskirti atskiras sandėlio tobulinimo dimensijas – standartizavimą, technologijų naudojimą, duomenų analitiką, žmogiškųjų išteklių vaidmenį ir tvarumo principus. Be to, taikoma kritinė analizė, kuria vertinami esami autorių siūlymai ir diskutuojamos jų taikymo ribos praktikoje. Galiausiai pasitelkiamas apibendrinimo metodas, suteikiantis galimybę sujungti įvairių autorių įžvalgas į vientisą teorinį pagrindą, kuriuo grindžiamos straipsnio išvados apie sandėlio procesų valdymo tobulinimo galimybes.

Sandėlio procesų valdymo svarba

Šiuolaikinė logistikos ir tiekimo grandinių aplinka pasižymi itin sparčiais kintančiais rinkos poreikiais, augančia operacijų kompleksiskumu ir didėjančia konkurencine įtampa. Globalios tiekimo grandinės tampa vis labiau priklausomos nuo duomenimis grįstų sprendimų ir technologinės integracijos, todėl sandėlio procesų valdymo efektyvumo didinimas iškyla kaip viena esminių organizacijų strateginių kryptų. Efektyviai valdoma sandėliavimo funkcija daro tiesioginę įtaką visai tiekimo grandinei, jos lankstumui ir atsparumui netikėtumams. Pastaraisiais metais ypač reikšmingu veiksnium tampa operacijų matomumo didinimas, kurį organizacijos pasiekia taikydamos IoT jutiklius, realaus laiko monitoringą ir automatizuotus duomenų srautus. Moksliniai tyrimai rodo, kad tokios technologijos leidžia ženkliai padidinti atsargų apskaitos tikslumą ir sumažinti klaidų tikimybę (Santhi et al., 2022; Maksymikhin, 2025; Naseem et al., 2023). Augantis poreikis efektyviai valdyti atsargas, greičiau reaguoti į paklausos pokyčius ir užtikrinti tiekimo tęstinumą organizacijas skatina investuoti į pažangius sprendimus, kurie didina procesų skaidrumą ir padeda priimti informuotus operatyvinius sprendimus. Dar viena sandėlio efektyvumo aktualumo kryptis susijusi su didėjančia darbo jėgos kaita ir ribotais žmogiškaisiais ištekliais. Robotizacija, autonominiai mobilūs robotai (AMR) ir automatizuotos užsakymų surinkimo sistemos padeda didinti prekių surinkimo greitį ir mažinti fizinį darbuotojų krūvį (Ivanyi et al., 2025; Patkovskiy, 2025). Tuo pačiu automatizavimas suteikia galimybių sumažinti žmogiškųjų klaidų riziką, stabilizuoti sandėlio našumą pikiniu metu ir didinti saugą. Tokios tendencijos ypač aktualios sektoriuose, kuriuose darbuotojų trūkumas jau tapo struktūrine problema. Be to, sandėlio procesų efektyvumo didinimas įgyja ypatingą reikšmę dėl didėjančių rinkos neapibrėžtumų ir geopolitinių pokyčių, kurie skatina organizacijas kurti atsparias ir lanksčias tiekimo grandines. Dirbtinio intelekto ir didžiųjų duomenų analizės sprendimai suteikia galimybę prognozuoti paklausą, planuoti laiko tarpusius ir optimizuoti maršrutus (Suvorova et al., 2025; Naseem et al., 2023). Svarbu pabrėžti ir tvarumo aspektą, kuris šiandien tampa ne tik reguliavimo, bet ir vartotojų lūkesčių veiksnium. Sandėlio efektyvumo didinimas leidžia sumažinti energijos sąnaudas, optimizuoti transporto srautus ir mažinti emisijas, todėl darosi strategiškai reikšmingas (Tobar, 2025). Įmonės, kurios geba derinti technologinę pažangą su tvarumo principais, turi didesnes galimybes išlikti konkurencingomis bei atitikti tarptautinius standartus.

Sandėlio procesų valdymas yra viena iš kritinių logistikos ir tiekimo grandinės valdymo funkcijų, darančių tiesioginę įtaką įmonės veiklos efektyvumui, klientų aptarnavimo kokybei ir finansiniams rezultatams. Teorinėje literatūroje sandėlis suprantamas kaip centrinis operacinis mazgas, kuriame susikerta informacijos, materialinių srautų ir procesų koordinavimo veiksniai, todėl jo valdymo kokybė lemia visos tiekimo grandinės našumą. Tyrimai rodo (1 lentelė), kad sandėliavimo procesai organiškai jungia atsargų kontrolę, materialinių srautų judėjimą, darbo jėgos operacijas ir paskirstymo logistiką, o šių elementų tarpusavio priklausomybė didina būtinybę nuolat tobulinti procesų struktūrą, technologinį aprūpinimą ir valdymo sprendimų kokybę (Telha et al., 2025).

1 lentelė. Sandėliavimo ir sandėliavimo proceso sampratos

Table 1. Concepts of storage and warehousing process

Sąvoka	Aprašymas	Šaltinis
Sandėliavimas	Tai operacinių funkcijų rinkinys – priėmimas/padėjimas, saugojimas, užsakymų surinkimas, pakavimas ir išsiuntimas – kuris atlieka pagrindinę logistikos funkciją produktų tvarkymui ir srautui.	Que ir kt., 2022
Sandėliavimas	Tai fizinis įrenginys, kurio veiklą koordinuoja ir valdo sandėlių valdymo sistemos (WMS) ir skaitmeninės informacinės sistemos, kurios leidžia kontroliuoti procesus“	Du, 2021
Sandėliavimas	Tai strateginis mazgas, kuris leidžia agreguoti multimodalinių krovinių srautą ir užtikrinti paskirstymo efektyvumą, kad būtų patenkinti klientų ir transporto apribojimai	Kuranovič ir kt., 2023
Sandėliavimo procesai	Sandėliavimo procesai tai dinamiškas atsargų papildymas ir atsargų kontrolės veiklą, kuri koordinuoja tiekimo gavimą su paklausos tenkinimu ir gali būti pateikiama bei optimizuojama naudojant analitinius modelius	Pan ir kt., 2024
Sandėliavimo procesai	Sandėliavimo procesai tai WMS operacinių funkcijų, įrangos naudojimo ir žmogiškųjų išteklių veiklos rinkinys, per kurį įgyvendinami operaciniai tikslai.	Perkumienė ir kt., 2022
Sandėliavimo procesai	Tai atskiri, išmatuojami procesai, kurių našumas yra kiekybiškai įvertinamas pagal efektyvumo modelius ir KPI	Macienė ir kt., 2023

Sandėliavimo procesų valdymas	Tai tikslingas socialinio ir aplinkos tvarumo praktikų integravimas į WMS operacines funkcijas ir išteklių paskirstymą, siekiant suderinti sandėlio operacijas su tvarumo tikslais.	Minashkina, 2024.
Sandėliavimo procesų valdymas	Tai procesų rinkinys kuris apima vadybinius sprendimus – užsakomąsias paslaugas, nenumatytų atvejų planavimą, veiklos stebėjimą ir nuolatinį vertinimą – siekiant užtikrinti sandėlio veiklos lankstumą ir tęstinumą sutrikimų atveju.	Andaloussi, 2023
Sandėliavimo procesų valdymas	Tai duomenimis pagrįsta valdymo funkcija, kurioje MIS/duomenų saugyklų architektūra ir analizė teikia operatyvinę informaciją sprendimų priėmimui ir veiklos rezultatų gerinimui.	Imaan ir kt., 2024

Sandėlio veiklos sudėtingumas lemia, kad didžiausią procesų dalį sudaro priėmimas, išdėstymas, sandėliavimas, užsakymų surinkimas ir išsiuntimas, kurių kiekvienas turi savų rizikų ir galimybių didinti efektyvumą. Užsakymų surinkimas, kaip rodo empiriniai tyrimai, dažniausiai yra intensyviausias sąnaudų ir darbo jėgos požiūriu procesas, todėl jo optimizavimas išlieka viena svarbiausių logistikos tyrimų ir praktikos kryptimi (Kembro et al., 2022). Šiuolaikinėje verslo aplinkoje įtaką sandėlio procesams daro ir sparčiai auganti skaitmenizacija, kuri keičia tiek technines, tiek vadybines galimybes, leidžiančias diegti pažangias valdymo sistemas, analitinius sprendimus ir automatizuotas darbo eigos valdymo priemones (Zhang et al., 2024; Panigrahi et al., 2025). Šios tendencijos rodo, kad sandėlio procesų efektyvumas nebėgali būti vertinamas atskirai nuo informacinių technologijų, duomenų analizės, inovacijų diegimo ir standartizuotų veiklos modelių.

Pažangių technologijų poveikis sandėlio procesų skaidrumui

Sandėlio procesų valdymas – tai disciplinuotos sandėlio veiklos, kuriomis gaunami kroviniai paverčiami išsiunčiamais kroviniais, su nustatytomis paslaugų, sąnaudų ir kokybės sąlygomis, projektavimais, sekos nustatymais, vykdymu ir kontrole (Perkumienė et al., 2024). Iš esmės ši valdymo sritis apima keturis tarpusavyje susijusius lygmenis: procesų architektūrą (išdėstymą, sandėliavimo politiką, našumo seką), taktines taisykles (komplektavimo metodus, atsargų papildymo sąlygas, vietų paskirstymo politiką, informacines sistemas (WMS, skaitytuvus, brūkšninius kodus/RFID, IoT platformas ir žmogiškuosius bei organizacinius išteklius (darbo jėgos planavimą, mokymą, išorinius partnerystės ryšius). Sandėlio valdymo sistemos (WMS) ir susijusios skaitmeninės priemonės nuosekliai apibūdinamos kaip priemonės, kurios padeda įgyvendinti proceso taisykles, užtikrina realaus laiko matomumą ir leidžia vykdyti uždarąjį ciklą (Mulla, 2022), tačiau taip pat pabrėžiama, kad vien technologijos nesudaro proceso valdymo be atitinkamų fizinių išdėstymų, darbo metodų ir valdymo pokyčių (žr. 2 lentelę).

2 lentelė. Sandėlių valdymo sistemos

Table 2. Warehouse management systems

WMS tipas	Aprašymas	Pagrindiniai skirtumai / privalumai	Pavyzdžiai
On-premise WMS	Diegiama ir valdoma įmonės vidinėje IT infrastruktūroje.	Didelis pritaikomumas, duomenų kontrolė, didesnės pradinės investicijos, ilgesnis diegimo laikas.	SAP EWM; Oracle WMS; Manhattan Associates WMS;
Cloud-based WMS	Veikia debesijos pagrindu, pasiekama internetu.	Greitas diegimas, mažesnės pradinės sąnaudos, lankstumas, automatiniai atnaujinimai, ribotas pritaikomumas.	Infor CloudSuite WMS; Oracle Cloud WMS; NetSuite WMS;
Hybrid WMS	Kombinuoja vietinį ir debesijos sprendimą, leidžia naudoti abi aplinkas.	Lankstumas, galimybė palaikyti kritinius procesus vietoje, o kitus – debesyje.	Blue Yonder Luminate Platform;
SaaS WMS	Programinė įranga kaip paslauga, visiškai valdoma tiekėjo, apmokestinama pagal naudojimą.	Mažos diegimo sąnaudos, greitas paleidimas, ribotas individualizavimas, nuolatiniai atnaujinimai.	Fishbowl WMS; Zoho Inventory;
Best-of-Breed WMS	Specializuotos, siaurai orientuotos sistemos, skirtos konkrečioms funkcijoms.	Aukštas funkcionalumo lygis tam tikroje srityje, gali būti sunkiau integruoti su kitomis sistemomis.	HighJump, Körber WMS
Integrated WMS	Pilnai integruota su ERP ar kitomis verslo valdymo sistemomis.	Užtikrina duomenų vientisumą visoje įmonėje, paprastesnis procesų valdymas, gali būti brangesnė.	SAP EWM (su SAP ERP); Oracle SCM Cloud;

F. Alzandy ir kt. (2025) akcentuoja technologijomis grindžiamą, bet į procesus orientuotą požiūrį: RFID, brūkšninių kodų nuskaitymas, IoT jutikliai, automatinis duomenų surinkimas, robotika ir WMS veikia kaip priemonės, padedančios įgyvendinti procesų logiką, didinti duomenų tikslumą ir įgalinti pažangias funkcijas, pvz., dinamišką vietų paskirstymą ir darbo jėgos paskirstymą. Norint pasiekti sėkmingų veiklos rezultatų, reikia suderinti žmones, procesus ir technologijas, o įgyvendinimo sunkumai (integravimo sudėtingumas, duomenų kokybė, mokymo poreikiai) dažnai riboja pasiekiamus privalumus. WMS diegimas keičia užduočių pobūdį – klysti linkusių rankinę apskaitą keičia valdomos skaitmeninės sąveikos – ir todėl reikalauja darbuotojų perkvalifikavimo, darbo standartų peržiūrėjimo ir dėmesio organizacinei kultūrai, kad būtų išlaikyti procesų tobulinimai (Mulla, 2022). Lyginamieji tyrimai, kuriuose lyginami vidiniai ir išorės WMS sprendimai, taip pat rodo, kad valdymo pasirinkimai (vidinis, išorės, hibridiniai modeliai) daro įtaką kontrolei, lankstumui ir, galiausiai, gebėjimui įgyvendinti standartizuotus procesus ir vertinti veiklos rezultatus (Alamsah et al., 2025). Sandėlis yra funkcionaliai svarbus įmonės veiklos rezultatams, nes jo procesų efektyvumas turi įtakos atsargų laikymo sąnaudoms, užsakymų vykdymo ciklo trukmei, užsakymų vykdymo tikslumui ir reagavimui į paklausos svyravimus – kiekvienas iš šių veiksnių turi tiesioginės įtakos klientų aptarnavimui, pinigų srautams ir tiekimo grandinės sąnaudų struktūrai. Literatūros apžvalgos tyrimai rodo, kad sandėlio veiklos tobulinimas – per procesų pertvarkymą, WMS diegimą ir IoT pagrįstą stebėjimą – lemia matomą našumo padidėjimą, surinkimo klaidų sumažėjimą

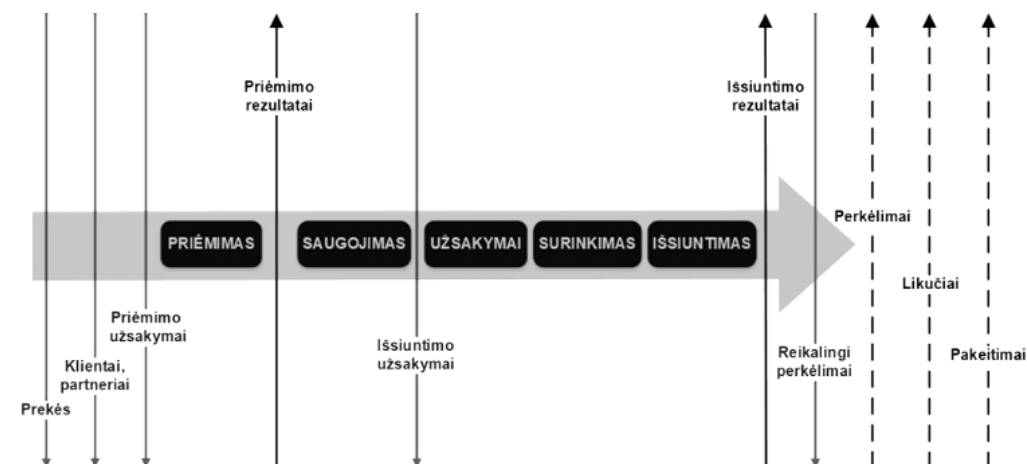
ir atsargų tikslumo pagerėjimą, taip prisidedant prie logistikos sąnaudų sumažėjimo ir paslaugų lygio padidėjimo įmonės lygmeniu (Shanmugamani et al., 2023). Moksliniai tyrimai atliekami sprendimų priėmimo srityje taip pat pabrėžia, kad daugialypės prekybos ir elektroninės komercijos kontekste operaciniai sprendimai, priimami sandėlyje (rinkėjų maršrutai, bangų planavimas, atsargų paskirstymas), turi neproporcingą poveikį užsakymų vykdymo laikui ir ekonomikai, sustiprindami sandėlio strateginę padėtį įmonės veikloje.

Vienas iš kertinių sandėlio procesų tobulinimo elementų teorijoje yra procesų standartizavimas. Jis apibrėžiamas kaip nuoseklus užduočių sekos, veiklos rezultatų tikslų, išimčių tvarkymo ir kontrolės mechanizmų formalizavimas, grįstas dokumentuotomis procedūromis ir IT užtikrinamais darbo srautais. Tokia struktūra leidžia sumažinti procesų kintamumą, klaidų tikimybę ir užtikrina stabilias bei atkuriamas darbo sąlygas (Deepali, 2024). Standartizuoti procesai sukuria pagrindą automatizuoti kontrolę, įskaitant WMS (Warehouse Management System) pranešimus, padedančius laikytis FEFO/FIFO principų, brūkšninių kodų nuskaitymo technologijas, užtikrinančias tikslią SKU judėjimo kontrolę, bei IoT aplinkos jautrių signalus, leidžiančius užtikrinti saugias sandėliavimo. Šių priemonių integracija lemia procesų atkuriamumą, jų tikslumą ir nepertraukiamumą, todėl sandėlio operacijos tampa labiau prognozuojamos, o rizikos — lengviau valdomos. Standartizavimas taip pat suteikia galimybę lengviau keisti veiklos mastą (*scale-up*), nes geriausios praktikos procesai gali būti pakartojami kituose padaliniuose. Tai ypač aktualu įmonėms, veikiančioms išskaidytoje logistinės infrastruktūros aplinkoje arba integruojančioms 3PL tiekėjus. Standartizuotos procedūros užtikrina vienodas operacines sąsajas tarp organizacijos ir išorinių partnerių, o tai yra būtina sklandžiam tiekimo grandinės valdymui ir tvarumo tikslams įgyvendinti.

Standartizavimas neatsiejamas nuo griežto veiklos rezultatų matavimo. KPI, tokie kaip užsakymų surinkimo tikslumas, užsakymų apdorojimo greitis, ciklo trukmė, atsargų tikslumas ir laikas nuo prekių pristatymo iki jų įtraukimo į atsargas, formuoja pagrindines grįžamojo ryšio grandines, būtinas nuolatiniam tobulinimui. Matavimo rezultatai siejami su WMS konfigūracijomis, SOP (Standard Operating Procedures), mokymų programomis ir tiekėjų sutartimis, užtikrinančiomis, kad procesų valdymas remtųsi empiriniais duomenimis.

Skaitmeniniai sprendimai šiandien yra esminis sandėlio procesų valdymo elementas. Skaitmeninimas suteikia galimybę integruoti realaus laiko duomenų analizę, automatizuotus sprendimus ir informacijos sklaidos mechanizmus, gerinančius darbo eigos efektyvumą, tikslumą ir koordinaciją. Šiuolaikinė literatūra pažymi, kad skaitmenizacija yra ne tik technologinis procesas, bet ir vadybinės transformacijos dalis – keičianti darbuotojų vaidmenis, sprendimų priėmimo struktūras ir operacinio planavimo modelius (Zhang et al., 2024).

WMS reikšmė procesų valdymui. WMS sistemos yra pagrindinis skaitmenizacijos įrankis sandėlio aplinkoje. Jos leidžia automatizuoti užsakymų apdorojimo, sandėliavimo, maršrutų parinkimo, atsargų kontrolės ir krovinių judėjimo procesus, o integracija su ERP ir transporto valdymo sistemomis užtikrina duomenų nuoseklumą visoje tiekimo grandinėje. Teorija akcentuoja, kad WMS diegimas reikalauja ne tik techninių resursų, bet ir didelės vadybinės brandos, nes duomenų rinkimas ir analizė yra tik prielaida efektyviems valdymo sprendimams (žr. 1 pav.). Tam būtina vadovų kompetencija ir gebėjimas paversti duomenis veiksmingomis korekcinėmis priemonėmis (Edirisinghe et al., 2022).



Šaltinis: sudaryta autoriaus (2026)
Source: according to the author (2026)

1 pav. Sandėlio valdymo sistema
Fig. 1. Warehouse management system

IoT, RFID ir 5G poveikis procesų matomumui. Kartu su WMS vis svarbesniu elementu tampa IoT jautrių tinklų, RFID sistemos ir 5G ryšys, leidžiantys užtikrinti:

1. nuolatinį aplinkos parametrų stebėjimą,
2. tikslią prekių buvimo vietos kontrolę,
3. realaus laiko reagavimą į procesų trikdžius.

Šios technologijos padidina sandėlio matomumą ir mažina atsakymo laiką į sutrikimus, todėl sandėlio procesai tampa efektyvesni, patikimesni ir labiau valdomi duomenimis. Skaitmeninės priemonės užtikrina, kad informacijos

srautas tarp sandėlio, transporto ir tiekimo planavimo funkcijų būtų nepertraukiamas ir tikslus, o tai tiesiogiai prisideda prie veiklos efektyvumo (Zhang et al., 2024).

Teoriniai šaltiniai pabrėžia, kad technologiniai sprendimai nėra efektyvūs be tinkamai parengtų darbuotojų ir aiškių darbo standartų. SOP dokumentai atlieka metodologinę funkciją – jie apibrėžia, kaip turi būti atliekamos užduotys, kokie proceso etapai yra kritiniai, kaip turi būti registruojami neatitikimai ir kaip organizacija valdo išimtis. SOP suteikia darbuotojams aiškias gaires, o organizacijai – galimybę užtikrinti procesų atkuriamumą ir kokybės kontrolę.

Darbuotojų mokymai yra dar viena būtinoji teorinė dedamoji, nes jie padidina gebėjimą naudotis technologijomis, laikytis standartizuotų veiklos modelių ir didina motyvą siekti didesnio darbo našumo. Procesų pokyčių sėkmė didele dalimi priklauso nuo organizacinės kultūros, darbuotojų įsitraukimo ir gebėjimo adaptuotis prie naujų technologinių sprendimų.

Sandėlio procesų tobulinimo kryptys

Teorinė sandėlio procesų valdymo analizė rodo, kad veiklos tobulinimas yra sudėtingas ir daugiasluoksnis procesas, apimantis organizacinius, technologinius, žmogiškuosius ir strateginius aspektus. Šiuolaikinė sandėliavimo aplinka pasižymi dideliu dinamizmu, todėl efektyvių procesų kūrimas nebėgi gali būti grindžiamas tradicinėmis, vien tik rankinėmis ar izoliuotomis metodikomis. Vietoje to įsigali holistinis požiūris, kuriame derinami standartizavimo principai, skaitmeniniai sprendimai, duomenų analitika ir tvarumo komponentai. Šiame kontekste sandėlio procesų tobulinimo kryptys išryškėja kaip prioritetinės tiek akademiniu, tiek praktiniu požiūriu.

Vienas iš kertinių teorinių ramsčių yra procesų standartizavimas. Standartizuotos procedūros leidžia sumažinti veiklos kintamumą, aiškiai nustatyti užduočių seką ir sukurti stabilias grįžamojo ryšio grandines. Toks nuoseklus procesų apibrėžimas sudaro sąlygas patikimam darbo rezultatų matavimui ir nuosekliam tobulinimui, o tai išskiriama kaip būtina efektyvios sandėlio veiklos prielaida. Standartizavimo reikšmę pabrėžia tyrėjai, teigdami, kad dokumentais pagrįstos procedūros ir IT kontroliuojami darbo srautai mažina klaidų tikimybę, užtikrina operacijų tikslumą bei leidžia išvengti nepageidaujamų procesų variacijų (Deepali, 2024). Kiti autoriai pažymi, kad standartizuoti procesai sudaro sąlygas automatizuotai kontrolei, tokiai kaip FEFO/FIFO laikymasis, brūkšninių kodų tikslus nuskaitymas ir IoT jutiklių išpėjimai apie aplinkos pokyčius, o visa tai padidina sandėlio saugumą, atsekamumą ir operacijų patikimumą. Standartizavimas taip pat prisideda prie mastelio didinimo galimybių ir tiekėjų bei 3PL integracijos supaprastinimo, nes sudaro bendrą operacinę bazę visoms susijusioms grandims.

Antroji svarbi tobulinimo kryptis yra skaitmenizacija ir technologijų diegimas sandėlio procesuose. Modernios sistemos ir įranga sandėlius leidžia paversti aukštos skaitmeninės brandos centrais, kuriuose procesai yra valdomi realiuoju laiku, pasitelkiant automatizuotas sprendimų priėmimo priemones. WMS (Warehouse Management Systems) sistemos yra vienas ryškiausių pavyzdžių, kaip skaitmeniniai įrankiai gali transformuoti procesų logiką. Šios sistemos suteikia galimybę tiksliai sekti prekių judėjimą, automatizuoti užsakymų apdorojimą, valdyti atsargas ir analizuoti sandėlio veiklos rodiklius. Tačiau literatūroje akcentuojama, kad net ir pažangiausios technologijos nėra veiksmingos, jeigu organizacijos vadovai nesugeba surinktų duomenų paversti veiksmingomis korekcinėmis priemonėmis (Edirisinghe et al., 2022). Šis pastebėjimas atskleidžia, kad technologijų diegimas yra tik pirmasis žingsnis, o tikroji vertė sukuriamą tada, kai duomenys tampa nuoseklaus procesų gerinimo pagrindu.

Skaitmenizaciją papildo pažangios technologijos, tokios kaip RFID sistemos, IoT jutikliai, autonominiai vežimėliai, 5G ryšių pagrįstos komunikacijos ir didžiųjų duomenų analizės sprendimai. Remiantis literatūra, šios technologijos iš esmės pagerina sandėlio matomumą, leidžia identifikuoti rizikas realiuoju laiku ir optimizuoti darbo srautus. Tyrimai rodo, kad skaitmenizacijos pažanga ir „Pramonės 5.0“ koncepcijų įsigalėjimas transformuoja tiek technines, tiek vadybines logistikos praktikas galimybes (Zhang et al., 2024; Panigrahi et al., 2025). Tai patvirtina, kad technologinis progresas tampa struktūriniu procesų tobulinimo elementu.

Trečioji tobulinimo kryptis – duomenų analitika ir pažangūs vertinimo modeliai. Sandėlio veiklos efektyvumą galima matuoti įvairiais rodikliais, tačiau šiuolaikinė teorija pabrėžia poreikį pereiti nuo paprastų operacinių metrikų prie pažangesnių analitinių metodų. Tokių metodų kaip DEA (Data Envelopment Analysis), Network-DEA ar dinaminės DEA versijos taikymas leidžia įvertinti atskirų procesų grandžių efektyvumą ir nustatyti ribines tobulinimo vietas. Tačiau literatūroje pažymima, kad šie modeliai reikalauja aukštos duomenų kokybės ir patikimų informacinių sistemų, o jų trūkumai gali iškreipti rezultatus, todėl įmonės turi investuoti į nuoseklias duomenų valdymo strategijas (Klumpp et al., 2021). Tuo pačiu analitinių modelių taikymas sudaro sąlygas priimti strategiškai pagrįstus sprendimus ir sukurti prognozuojamus veiklos scenarijus.

Ketvirtoji kryptis – žmogiškųjų išteklių ir organizacinės kultūros stiprinimas. Teorinė literatūra akcentuoja, kad technologijos ir standartizavimas negali pakeisti darbuotojų vaidmens sandėlio veikloje. Sėkminga procesų transformacija priklauso nuo sistemingų mokymų, kompetencijų ugdymo ir darbuotojų įsitraukimo. SOP (Standard Operating Procedures) tampa vadovu, kuris užtikrina, kad visi darbuotojai suvoktų procesų struktūrą, o organizacinė kultūra, pagrįsta atsakomybe ir nuolatiniu tobulėjimu, darbuotojams padeda adaptuotis prie pokyčių. Be to, literatūra pabrėžia, kad inovacijų diegimas reikalauja ne tik techninių žinių, bet ir motyvacinės aplinkos, leidžiančios darbuotojams priimti aktyvų vaidmenį procesų optimizavimo veikloje.

Penktoji kryptis – tvarumo integravimas į sandėlio procesus. Šiuolaikinės organizacijos turi derinti operacinį efektyvumą su aplinkosaugos reikalavimais, todėl sandėlių valdymo praktikos vis dažniau orientuotos į energijos taupymą, žiedinės ekonomikos principus, atliekų mažinimą ir ekologinių normų laikymąsi. Teoriniai šaltiniai pabrėžia, kad tvarumo praktikos glaudžiai susijusios su procesų standartizavimu ir skaitmenizacija, nes tik nuosekliai struktūrizuoti ir duomenimis grįsti procesai gali užtikrinti efektyvų išteklių naudojimą ir ilgalaikę aplinkosauginę naudą (Samsudin et al., 2023).

Galiausiai, integruotos tiekimo grandinės valdymo praktikos sudaro šeštąją tobulinimo kryptį. Sandėlis turi būti vertinamas kaip dalis platesnės sistemos, o ne izoliuotas operacijų centras. Todėl procesų tobulinimas turi būti suderintas su transporto planavimu, atsargų valdymo strategijomis ir gamybos ritmu, kad būtų užtikrintas nenutrūkstamas ir efektyvus materialijų bei informacinių srautų judėjimas visoje tiekimo grandinėje. Integracija su tiekėjais, 3PL partneriais ir klientais leidžia užtikrinti nuoseklias operacines sąsajas ir mažinti sisteminius trikdžius.

Išvados

Teorinė sandėlio procesų valdymo analizė atskleidė, kad šiuolaikiniai sandėliavimo procesai tampa vis labiau priklausomi nuo integruotų informacinių technologijų, standartizuotų procedūrų ir duomenimis grįstų valdymo sprendimų. Sandėlis šiandien funkcionuoja ne tik kaip fizinė atsargų saugojimo vieta, bet ir kaip dinamiškas operacinis mazgas, kuriame susikerta materialieji srautai, informacija, darbo jėga ir technologijos. Ši kompleksiška struktūra lemia, kad efektyvumo didinimas negali būti grindžiamas izoliuotais procesų pagerinimais – būtinas holistinis, visus procesų lygmenis apimantis požiūris.

Tyrimų analizė parodė, kad procesų standartizavimas yra fundamentinė sandėlio efektyvumo prielaida. Dokumentais ir IT sistemomis pagrįstos procedūros mažina operacinį kintamumą, didina tikslumą ir leidžia sukurti atkuriamus procesus, kurie tampa būtina sąlyga tiek automatizacijai, tiek skaitmeninių sprendimų integravimui. Standartizavimas taip pat suteikia organizacijai galimybę užtikrinti vienodą veiklos kultūrą, palengvina naujų darbuotojų adaptaciją, sudaro sąlygas mastelio didinimui ir formuoja stabilias grįžtamojo ryšio sistemas, kurios kritiškai reikalingos nuolatiniam tobulinimui.

Skaitmenizacijos analizė atskleidė, kad WMS, RFID, IoT ir realaus laiko duomenų valdymo sprendimai iš esmės keičia sandėlio procesų valdymo logiką. Technologijos ne tik automatizuoja operacijas, bet ir suteikia duomenų, reikalingų tikslesniam planavimui, darbo jėgos valdymui, sandėliavimo galimybių analizei ir sprendimų priėmimui. Tačiau technologijų diegimas nėra pakankamas pats savaime — tam būtina organizacinė branda ir vadovų kompetencija, leidžianti duomenis transformuoti į veiksmingas procesų korekcijas. Tai rodo, kad technologinis ir vadybinis pasirengimas turi būti laikomi lygiaverčiais modernios sandėliavimo sistemos elementais.

Analizė taip pat atskleidė, kad sandėlio procesų efektyvumo vertinimas negali apsiriboti vien operaciniais rodikliais. Tokie metodai kaip DEA ar daugiamatės analizės modeliai leidžia įvertinti procesų našumą išsamiau, tačiau jų taikymas reikalauja kokybiškų duomenų, kuriuos gali užtikrinti tik integruotos skaitmeninės sistemos. Tai parodo glaudų ryšį tarp matavimo instrumentų, duomenų architektūros ir procesų valdymo kokybės.

Apibendrinant galima teigti, kad sandėlio procesų valdymo tobulinimas remiasi trimis esminiais ramsčiais: standartizuotais procesais, duomenų analitika ir skaitmenizacija. Šių elementų sinergija sudaro prielaidas veiklos skaidrumui, procesų kontrolės stiprinimui, kaštų mažinimui, darbo našumo didinimui ir strateginiam sandėlio vaidmeniui visoje tiekimo grandinėje. Teorinė analizė leidžia daryti išvadą, kad efektyviausi sandėlio procesų tobulinimo sprendimai yra tie, kurie apjungia technologijas, organizacinę kultūrą ir nuosekliai vystomą darbuotojų kompetenciją. Taigi sandėlio efektyvumo didinimas yra kompleksinis, sisteminis procesas, reikalaujantis integruoto požiūrio, kai technologijos ir žmonės veikia kaip viena darni organizacinė sistema.

Literatūra

1. Alamsah, U., Muftiadi, A., Arifianti, R. (2025). Comparative analysis of outsourcing and in house warehouse management system to improve productivity and stock accuracy. *Jurnal Penelitian Pendidikan Indonesia*, 10(4), 908. <https://doi.org/10.29210/020244964>
2. Alamsah, U., & Muftiadi, A. (2024). Comparative analysis of outsourcing and in house warehouse management system to improve productivity and stock accuracy. *JPPI (Jurnal Penelitian Pendidikan Indonesia)*, 10(4), 908-919.
3. Alzandy, F., Septianto, M., Mulyeni, S. (2025). Optimalisasi wms (warehouse management system) dengan pemanfaatan internet of things (iot) di pt nutrition and special foods: studi kasus pada warehouse 4.0. *SABER Jurnal Teknik Informatika Sains dan Ilmu Komunikasi* 3(3), 96-106. <https://doi.org/10.59841/saber.v3i3.2922>
4. Deepali, C. (2024). Integrating barcode technology into warehouse management systems for enhanced efficiency and inventory accuracy. *JoCoSiR*, 2(1), 8-14. <https://doi.org/10.65126/jocosir.v2i1.34>
5. Edirisinghe, H. and Liyanage, H. (2022). Impact of extended warehouse management system implementation on warehouse operational performance: a case study of fast-moving consumer goods industry. *Proceedings of International Conference on Business Management*, 18. <https://doi.org/10.31357/icbm.v18.5892>
6. Klumpp, M. and Loske, D. (2021). Sustainability and resilience revisited: impact of information technology disruptions on empirical retail logistics efficiency. *Sustainability*, 13(10), 5650. <https://doi.org/10.3390/su13105650>
7. Ivanyi, J. and Chhaochharia, V. (2025). Three crucial steps to accelerating returns from your transportation management system spend. *JSCM*, 7(4), 350. <https://doi.org/10.69554/mbwp6397>
8. Kembro, J. and Norrman, A. (2022). The transformation from manual to smart warehousing: an exploratory study with swedish retailers. *The International Journal of Logistics Management*, 33(5), 107-135. <https://doi.org/10.1108/ijlm-11-2021-0525>

9. Maksymikhin, V. (2025). Development of innovative technologies in the activities of domestic enterprises. *Business Navigator*, (4), 81. <https://doi.org/10.32782/business-navigator.81-68>
10. Mulla, F. (2022). Challenges and strategic best practices for successful implementation of warehouse management systems (wms). *Journal of Mathematical & Computer Applications*, 1-4. [https://doi.org/10.47363/jmca/2022\(1\)e141](https://doi.org/10.47363/jmca/2022(1)e141)
11. Naseem, M., Yang, J., Zhang, T., & Alam, W. (2023). Utilizing fuzzy ahp in the evaluation of barriers to blockchain implementation in reverse logistics. *Sustainability*, 15(10), 7961. <https://doi.org/10.3390/su15107961>
12. Panigrahi, R., Shrivastava, A., Sarkar, B., Mathiyazhagan, K. (2025). Inventory knowledge, industry 5.0 and performances: review and future research agenda. *Business Strategy and the Environment*, 34(6), 7816-7836. <https://doi.org/10.1002/bse.70002>
13. Patkovskiy, S. (2025). Precision innovation: the new model for logistics partnerships. *JSCM*, 8(1), 90. <https://doi.org/10.69554/jcuy6879>
14. Perkumienė, D., Ratautaitė, K., Pranskūnienė, R. (2022). Innovative solutions and challenges for the improvement of storage processes. *Sustainability*, 14(17), 10616. <https://doi.org/10.3390/su141710616>
15. Santhi, A., Muthuswamy, P. (2022). Influence of blockchain technology in manufacturing supply chain and logistics. *Logistics*, 6(1), 15. <https://doi.org/10.3390/logistics6010015>
16. Shanmugamani, K., Mohamad, F. (2023). The implementation of warehouse management system (WMS) to improve warehouse performance in business to business (b2b). *International Journal of Industrial Management*, 17(4), 231-239. <https://doi.org/10.15282/ijim.17.4.2023.10091>
17. Suvorova, I., Glushchenko, S. (2025). Transformation of logistics under the influence of digitalization. *Black Sea Economic Studies*, (92). <https://doi.org/10.32782/bses.92-24>
18. Telha, C., González-Ramírez, R. (2025). A constraint-programming approach for the storage space allocation problem in a distribution center. *International Transactions in Operational Research*, 32(6), 3474-3496. <https://doi.org/10.1111/itor.70003>
19. Tobar, M. (2025). The accounting impact of iot technology on supporting innovation for supply chains and logistics in kingdom of saudi arabia: analytical theoretical study. *IJFAES*, 4(3), 422-481. <https://doi.org/10.59992/ijfaes.2025.v4n3p13>
20. Zhang, S., Yu, Q., Wan, S., Cao, H., Huang, Y. (2024). Digital supply chain: literature review of seven related technologies. *Manufacturing Review*, 11, 8. <https://doi.org/10.1051/mfreview/2024006>
21. Samsudin, A., Darmawan, B., Dwiyaniti, V., Mupita, J. (2023). Attributes and effect of implementation of warehouse management system (wms) for company sustainability. *Jurnal Teknologi Transportasi Dan Logistik*, 4(2), 199-212. <https://doi.org/10.52920/jttl.v4i2.202>

WAREHOUSE PROCESS MANAGEMENT IMPROVEMENT OPPORTUNITIES TO ENHANCE OPERATIONAL EFFICIENCY

Abstract

The article examines the possibilities of improving warehouse process management, which are becoming extremely significant for modern supply chains, as operational challenges grow and the impact of digitalization on logistics infrastructure increases. The study analyzes how a warehouse is transformed from a traditional storage location into a strategic operational hub, where material flows, information exchange, technological systems and employee activity organization intersect, and their interaction directly determines the efficiency of the company's operations. By applying systematic, thematic and critical analysis of scientific literature, the main reasons for the inefficiency of warehouse processes are identified, such as high costs in the order picking process, variability of procedures, limited data availability and technological fragmentation. The analysis reveals several theoretical directions for process improvement: standardized operational procedures that allow reducing operational variability and ensuring stable process reproducibility; development of digitalization and technological solutions (WMS, IoT sensors, RFID, 5G communication, automated identification systems), increasing the visibility and accuracy of warehouse operations; the importance of employee competencies and organizational culture, which determines the adaptability of technologies; and the integration of sustainability principles, which increasingly establishes the priorities of energy saving and responsible use of resources. The results show that the efficiency of warehouse process management depends not on individual improvements, but on a systematic, mutually compatible set of standardization, technologies and organizational maturity. The article concludes that the synergy of these factors creates the prerequisites for reducing operational errors, increasing process transparency and achieving higher operational efficiency, and the theoretical assessment reveals the directions in which logistics organizations can purposefully strengthen warehouse process management in order to achieve competitive advantage..

Keywords: warehouse processes; warehouse management; process standardization; digitalization; logistics efficiency; innovation.