

SANDĖLIAVIMO PROCESŲ TOBULINIMAS SKAITMENIZACIJOS SPRENDIMAIS

Lukas SPUDULIS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Bioekonomikos plėtros fakultetas,
el. paštas: lukas.spudulis@vdu.lt

Santrauka

Sandėliavimas yra esminė tiekimo grandinės dalis, daranti tiesioginę įtaką operacijų efektyvumui, greičiui ir sąnaudoms. Šiandien, kai prekių judėjimo apimtys sparčiai auga, o klientų lūkesčiai tampa vis ambicingesni, sandėliavimo procesus reikia modernizuoti. Taikant tradicinius metodus dažnai pasitaiko klaidų, prastai išnaudojama erdvė ir patiriamos didelės išlaidos, todėl vis dažniau pereinama prie pažangių skaitmeninių technologijų. Automatizuotos sandėlių valdymo sistemos (WMS), RFID technologija, daiktų internetas (IoT) ir dirbtinis intelektas leidžia tiksliau valdyti atsargas, sumažinti klaidų skaičių ir optimizuoti logistikos grandinę, kartu mažinant rankų darbo poreikį. Nepaisant šios pažangos, debesų kompiuterijos diegimas Lietuvoje vis dar atsilieka nuo ES vidurkio, todėl įmonės, norėdamos išlikti konkurencingomis, turi investuoti į inovatyvius sprendimus. Tyrime analizuojamas skaitmeninimo ir automatizavimo poveikis, lyginant Lietuvos įmonių padėtį su Europos vidurkiu, siekiant nustatyti būdus, kaip sumažinti sąnaudas ir padidinti veiklos efektyvumą. ES tikisi, kad iki 2030 m. įmonės plačiai naudosis debesų kompiuterijos ir dirbtinio intelekto sprendimais, kad sustiprintų savo konkurencinį pranašumą ir taip padidintų veiklos efektyvumą.

Reikšminiai žodžiai: skaitmenitizacija, automatizacija, sandėliavimas, sandėlio valdymo sistemos.

Įvadas

Pasak J. Kern (2021) ir I. Meidutės-Kavaliauskienės ir kt. (2024), sandėliavimas yra viena svarbiausių tiekimo grandinės dalių, daranti reikšmingą įtaką visos įmonės veiklos efektyvumui, operacijų spartai ir kaštams. Vis didėjant prekių judėjimo apimtims, augant klientų lūkesčiams dėl greitesnio ir tiksliau vykdomo pristatymo, sandėliavimo procesų optimizavimas tampa itin aktualus. Tradiciniai sandėliavimo metodai, grindžiami rankiniu darbu ir popierinėmis apskaitos sistemomis, neretai susiduria su klaidomis, neefektyviu sandėlio erdvės panaudojimu ir didelėmis darbo sąnaudomis. Remiantis N. Boysen ir R. D. Koster (2024), pastaraisiais metais skaitmenizacija vis plačiau taikoma siekiant tobulinti sandėliavimo procesus. Inovatyvūs technologiniai sprendimai, tokie kaip sandėlio valdymo sistemos (WMS), automatizuoti prekių srautai, daiktų interneto (IoT) įrankiai ir dirbtinio intelekto algoritmai, leidžia ne tik efektyviau valdyti sandėlio erdvę, bet ir sumažinti žmogiškųjų klaidų tikimybę ir darbo kaštus. Šie sprendimai suteikia galimybę realiuoju laiku stebėti prekių judėjimą, prognozuoti paklausos svyravimus ir optimizuoti logistikos procesus. Šiuolaikiniame pasaulyje technologinė pažanga vyksta sparčiai, todėl automatizacija ir skaitmenizacija tampa būtinybe siekiant išlikti konkurencingiems tiek vietinėje, tiek tarptautinėje rinkoje. Norint konkuruoti su didžiausiomis pasaulio įmonėmis, būtina diegti naujoviškus sprendimus, kurie padidintų veiklos efektyvumą ir sumažintų sąnaudas. Tyrimo aktualumą lemia sparti technologinė pažanga ir augantys verslo poreikiai, įmonės skatinantys ieškoti inovatyvių sandėliavimo procesų tobulinimo būdų.

Tyrimo tikslas: išanalizuoti, kaip skaitmenizavimo priemonės gali padėti tobulinti sandėliavimo procesus UAB „X“ įmonėje.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Išanalizuoti skaitmenizacijos ir automatizacijos reikšmę sandėliavimo procesuose.
2. Įvertinti Lietuvos įmonių situaciją skaitmenizacijos kontekste ir palyginti su ES vidurkiu ir lyderiaujančiomis šalimis.

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimo objektas: sandėliavimo procesų tobulinimo sprendimai, taikant skaitmenizavimo, automatizacijos priemones.

Atrankos kriterijai:

Raktiniai žodžiai: sandėliavimas, skaitmenizacija, automatizacija, logistika, sandėlio valdymo sistemos, IoT sandėliuose.

Šaltinio patikimumas: tik recenzuoti moksliniai straipsniai ir patikimų leidėjų publikacijos.

Temos aktualumas: šaltiniai, tiesiogiai susiję su skaitmenizacijos ir automatizacijos taikymu sandėliavimo procesuose.

Tyrimo metodas: šiame tyrime, siekiant įgyvendinti iškeltus uždavinius, taikyti keli mokslinio tyrimo metodai, užtikrinantys analizuojamos problematikos išsamumą ir objektyvumą. Siekiant išanalizuoti skaitmenizacijos ir automatizacijos reikšmę sandėliavimo procesuose, buvo pasitelktas mokslinės literatūros analizės metodas. Šis metodas leido sisteminti, lyginti ir kritiškai vertinti moksliniuose šaltiniuose pateikiamas teorines įžvalgas ir empirinius tyrimus, susijusius su logistikos procesų skaitmenizavimu ir automatizavimu. Literatūros šaltiniai buvo atrinkti naudojantis „Google Scholar“ ir „ScienceDirect“ akademinėmis paieškos sistemomis, užtikrinant analizuojamos informacijos

patikimumą, aktualumą ir mokslinį pagrįstumą. Siekiant įvertinti Lietuvos įmonių situaciją skaitmenizacijos kontekste ir palyginti ją su Europos Sąjungos (ES) vidurkiu ir lyderiaujančiomis šalimis, buvo taikomas lyginamosios analizės metodas. Šis metodas leido identifikuoti pagrindinius Lietuvos įmonių skaitmenizacijos lygio rodiklius, juos susisteminti ir lyginti su kitų ES valstybių duomenimis, siekiant nustatyti esamus atotrūkius ir vystymosi tendencijas. Empirinių duomenų analizei buvo pasitelktas Europos Komisijos Digital Economy and Society Index (DESI) 2022 m. vienas iš pagrindinių rodiklių, objektyviai vertinančių ES šalių pažangą skaitmenizacijos srityje. Šio indekso duomenys sudarė pagrindą Lietuvos skaitmenizacijos lygio vertinimui ir jo santykiniam palyginimui su ES vidurkiu ir aukščiausius rezultatus demonstruojančiomis šalimis.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Skaitmenizacijos ir automatizacijos svarba sandėliavimo procesuose inovatyvūs skaitmeniniai sprendimai tampa neatsiejama šiuolaikinės logistikos dalimi, o RFID technologija yra viena iš pagrindinių sandėliavimo procesų optimizavimo priemonių. Remiantis mokslininkų B. Unhelkar ir kt.(2022) ir M. van Geest ir kt. (2020) ir M. Bertolini ir kt.(2015) atliktais tyrimais, skaitmeninimas ir automatizavimas ne tik leidžia geriau valdyti atsargas, bet ir labai sumažina veiklos klaidų skaičių, kai kuriais atvejais net 80–90 proc. Tai ypač svarbu dideliuose sandėliuose, kur dėl rankinių klaidų gali būti prastai kontroliuojamas prekių judėjimas, netikslūs atsargų duomenys ir ilgesnis užsakymų vykdymo laikas (Unhelkar et al., 2022; van Geest et al., 2020). RFID veikia be tiesioginio kontakto, naudojant radijo dažnio identifikavimą, kuris leidžia realiuoju laiku sekti prekių judėjimą sandėlyje. Skaitmeniniai skaitytuvai automatiškai fiksuoja užrašų duomenis, todėl sumažėja rankinio įvedimo klaidų tikimybė. Remiantis B. Unhelkar ir kt., (2022) ir M. Bertolini ir kt. (2015) tyrimo duomenimis, įdiegus RFID sistemą, rankiniu būdu daromų klaidų galima sumažinti 90–95 proc. Remiantis N. Boysen ir R. D. Koster (2024), dėl šios priežasties vis daugiau verslų investuoja į pažangias sandėliavimo sistemas, kurios pasitelkia dirbtinį intelektą, daiktų internetą ir debesijos technologijas, taip sujungdamos fizinius ir skaitmeninius logistikos procesus į vieningą valdymo ekosistemą (žr. 1 lentelę). Tai leidžia realiuoju laiku stebėti prekių srautus, automatizuoti užsakymų vykdymą ir tiksliau prognozuoti paklausą. Remiantis M. Bourlakis, K. Bourlakis (2006) ir J. Oleskow-Szlapka, P. Lubiński (2017) tai ypač svarbu, nes gerai optimizuotas sandėlis ne tik didina operacijų efektyvumą, bet ir ženkliai prisideda prie klientų pasitenkinimo, mažindamas pristatymo vėlavimus ir atsargų trūkumą. Be to, automatizavimas leidžia efektyviau išnaudoti sandėlio erdvę, pasitelkiant tokias technologijas kaip RFID, brūkšninių kodų nuskaitymas, automatizuoti robotai ir automatinės pakavimo mašinos. M. Vlasov ir A. Lapteva (2023) ir F. Ahmed ir kt., (2024) ekonominiai skaičiavimai rodo, kad tokios investicijos dažniausiai atsiperka per 2–5 metus, o ilgainiui įmonėms suteikia įmonėms dirbti efektyviau ir mažinti priklausomybę nuo žmogiškųjų resursų.

1. Lentelė. Skaitmenizacijos sprendimų nauda ir poveikis sandėliavimo procesams

Table 1. Benefits and impact of digitisation solutions on warehousing processes

Skaitmenizacijos sprendimai <i>Digitisation solutions</i>	Nauda įmonei <i>Benefits for the company</i>	Poveikis sandėliavimo procesui <i>Impact on the warehousing process</i>	Įmonės kurios naudoja šias skaitmenizacijos sprendimus <i>Companies that use these digitisation solutions</i>
RFID technologija <i>RFID technology</i>	Prekių sekimas realiuoju laiku <i>Real-time tracking of goods</i>	Greitesnis inventoriaus patikrinimas, sumažėjęs rankinio darbo poreikis <i>Faster inventory checking, reduced manual labor</i>	Maxima“ Lietuvoje, „Zalando“ Vokietijoje
Brūkšninių kodų nuskaitymas <i>Barcode scanning</i>	Tikslus prekių identifikavimas <i>Accurate identification of goods</i>	Klaidų mažinimas, paprastesnė paieška <i>Reduction of errors, simpler search</i>	„IKEA“ Europoje, „Rimi“ sandėliai Lietuvoje
Automatiniai robotai <i>Automated robots</i>	Efektyvesnis prekių judėjimas sandėlyje <i>More efficient movement of goods in the warehouse</i>	Laiko sąnaudų mažinimas, greitesnis užsakymų apdorojimas <i>Reduction of time costs, faster order processing</i>	„Amazon“ Vokietijoje, „Vinted“ Lietuvoje“
Automatinės pakavimo mašinos <i>Automatic packaging machines</i>	Efektyvus prekių pakavimas <i>Efficient packing of goods</i>	Padidina prekių pakavimo tikslumą ir greitį, mažina rankinio darbo poreikį ir sumažina medžiagų sunaudojimą <i>Increases accuracy and speed of packing, reduces manual labour and material consumption</i>	„Lidl“ Europoje, „Lesta“ Lietuvoje“

Šaltiniai: Darbo autoriaus (2024) remiantis M. Bourlakis, K. Bourlakis (2006) ir J. Oleskow-Szlapka, P. Lubiński (2017)

Sources: By the author (2024) based on Bourlakis (2006) and J. Oleskow-Szlapka, P. Lubiński (2017)

Įmonės, kurios taiko šiuos skaitmenizacijos sprendimus, paprastai susiduria su mažesnėmis sąnaudomis dėl optimizuoto darbo laiko ir išteklių naudojimo.

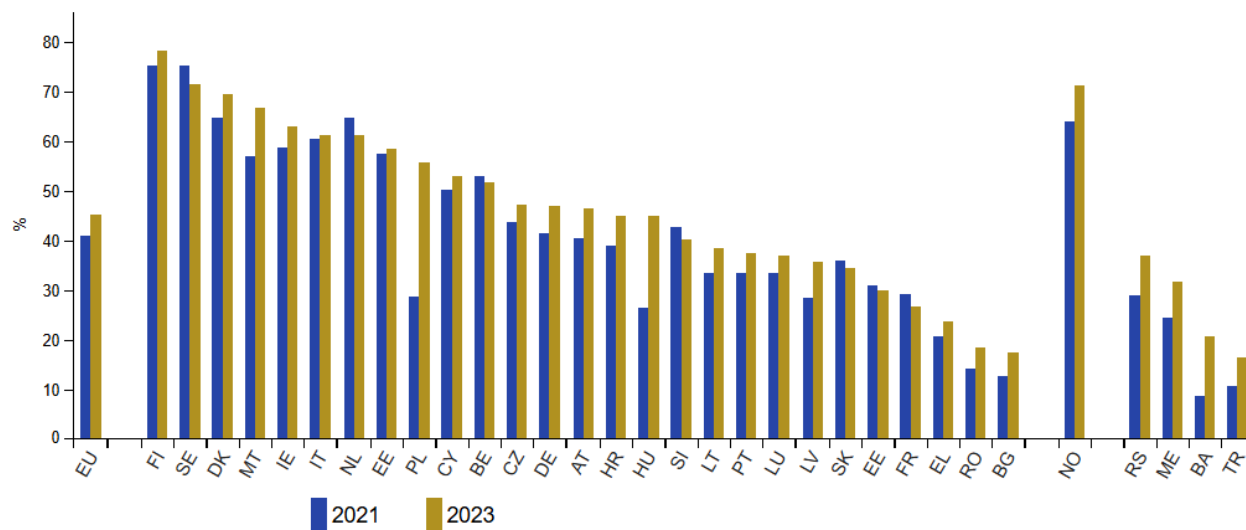
Pasak B. Unhelkar ir kt. (2022), RFID (radijo dažnio identifikavimas) yra vienas pažangiausių sandėliavimo procesų skaitmenizavimo sprendimų, kuris leidžia realiuoju laiku sekti prekių judėjimą, taip pat automatiškai registruoti inventoriaus būklės pokyčius ir prekių padėtį sandėlyje. Pavyzdžiui, „Maxima“ prekybos tinklas Lietuvoje įdiegė RFID sistemą tam, kad optimizuotų prekių sekimą savo sandėliuose, o tai leidžia greičiau patikrinti inventorių ir užtikrina, kad produktai visada būtų tinkamai pasiekiami. Kitas puikus pavyzdys – Vokietijos „Zalando“ sandėliai, kuriuose naudojama RFID technologija leidžia sumažinti žmoniškųjų klaidų tikimybę ir paspartinti visą prekių atrankos ir pristatymo procesą. RFID technologijos privalumas yra tai, kad tokie įrenginiai yra labai patikimi ir veikia per tam tikrą atstumą, todėl nereikia fiziškai nuskaityti kiekvienos prekės, kaip tai būtų su brūkšninio kodu, – tai ypač naudinga dideliuose sandėliuose, kuriuose prekės yra sandėliuojamos aukštosose lentynose.

Nors brūkšninių kodų nuskaitymas yra senesnė technologija nei RFID, ji vis dar yra plačiai naudojama dėl paprastumo ir mažų įdiegimo kaštų. Ši technologija leidžia tiksliai identifikuoti kiekvieną sandėlio prekę, o tai mažina klaidų skaičių ir leidžia efektyviai valdyti inventorių. Pavyzdžiui, „IKEA“ sandėliai visoje Europoje naudoja brūkšninių kodų sistemą, kuri leidžia greitai identifikuoti produktus ir optimizuoti prekių atrankos procesą. Lietuvoje šią technologiją taiko prekybos tinklas „Rimi“, kurio sandėliuose įdiegti brūkšninių kodų skaitytuvai darbuotojams padeda lengviau surinkti užsakymus, taip sumažindami klaidų skaičių ir padidindami užsakymų išdavimo greitį. Brūkšninių kodų technologija puikiai dera su kitais skaitmeniniais sprendimais, pavyzdžiui, automatizuotais robotais, nes užtikrina tikslų prekių identifikavimą ir gali būti integruota su kitomis sistemomis.

Automatizuoti robotai yra inovatyvus sprendimas, leidžiantis ženkliai sumažinti žmoniškųjų klaidų tikimybę ir padidinti sandėliavimo proceso greitį ir tikslumą. „Amazon“ Vokietijoje tapo vienu iš pirmųjų pavyzdžių, pradėjusių naudoti automatizuotus sandėliavimo robotus, kurie juda sandėlio erdvėse ir perveža prekes, reikiamas užsakymų paruošimui. Pasak S. Vivek ir kt. (2024), šis sprendimas leidžia „Amazon“ vykdyti užsakymus per itin trumpą laiką ir sumažinti rankinio darbo poreikį, o tai didina sandėlio našumą ir mažina veiklos sąnaudas. Lietuvoje internetinė drabužių prekybos platforma „Vinted“ taip pat pradeda investuoti į automatizuotus sandėlius, kur robotai padeda rūšiuoti prekes ir efektyviai paruošti siuntas. Ši technologija yra itin naudinga tais atvejais, kai reikia apdoroti didelius prekių kiekius per trumpą laiką, nes robotai veikia greičiau nei žmonės ir gali dirbti be pertraukų, kas ypač aktualu sezono piko metu.

Sąveika tarp efektyvumo rodiklių ir taikomų skaitmenizacijos ir automatizacijos sprendimų. Skaitmeninių technologijų, tokių kaip debesų kompiuterija, dirbtinis intelektas (DI) ir didžiųjų duomenų analizė, integracija įmonėse yra esminis veiksnys, lemiantis jų konkurencingumą ir našumą šiuolaikinėje ekonomikoje. Šios technologijos padeda optimizuoti verslo procesus, mažinti sąnaudas ir kurti inovatyvius verslo modelius, kurie leidžia įmonėms greičiau prisitaikyti prie kintančių rinkos sąlygų. Europos Sąjunga (ES) supranta šių technologijų svarbą ir, remiantis Europos Komisijos (2022) duomenimis, užsibrėžė ambicingą tikslą – iki 2030 m. pasiekti, kad daugiau nei 75 proc. ES įmonių naudotų šias technologijas. Šis tikslas, įtvirtintas „Skaitmeninio dešimtmečio kelio“ (angl. Path to the Digital Decade) programoje, grindžiamas tyrimais, kurie rodo, kad skaitmeninės technologijos reikšmingai prisideda prie įmonių efektyvumo ir konkurencinio pranašumo didinimo (Bourlakis, Bourlakis, 2006; Kern, 2021). Vis dėlto, nepaisant šių tikslų, skaitmeninės transformacijos pažanga ES vyksta lėtai, ypač tarp mažų ir vidutinių įmonių (MVĮ), kurios sudaro didžiąją dalį regiono verslo sektoriaus. Skaitmeninės technologijos keičia įmonių veiklos principus, suteikdamos galimybę efektyviau valdyti išteklius ir geriau aptarnauti klientus. Pasak N. Bezrukova ir kt. (2022), debesų kompiuterija įmonėms leidžia atsisakyti brangios fizinės IT infrastruktūros ir naudotis paslaugomis pagal poreikį, taip sumažindama pradinės investicijas. Dirbtinis intelektas automatizuoja rutinines užduotis, o didžiųjų duomenų analizė padeda priimti tikslesnius, duomenimis pagrįstus sprendimus. Šios galimybės ypač svarbios konkurencingoje globalioje rinkoje, kur greitis ir lankstumas dažnai lemia sėkmę. ES tikslas, kad 75 proc. įmonių naudotų šias technologijas, siejamas su siekiu stiprinti regiono ekonomiką, didinti darbo našumą ir užtikrinti atsparumą ateities iššūkiams, tokiems kaip technologijų plėtra ar geopolitiniai pokyčiai. Jeigu šis tikslas nebus pasiektas, ES rizikuoja atsilikti nuo kitų regionų, tokių kaip JAV ar Azija, kur skaitmeninės technologijos diegiamos sparčiau. 2021 m. duomenys rodo, kad debesų kompiuterijos paslaugas naudojo tik 34 proc. ES įmonių. Šis rodiklis skiriasi, priklausomai nuo įmonės dydžio: didelės įmonės pasiekė 60 proc. naudojimo lygį, o MVĮ – vos 33 proc. (Europos Komisija, 2022). Šie skaičiai, surinkti Eurostato apklausos „ICT naudojimas ir e-komercija įmonėse“ metu, apima daugiau nei 150 000 įmonių ir atspindi bent vienos debesų kompiuterijos paslaugos, pavyzdžiui, duomenų saugyklos ar programinės įrangos kaip paslaugos, naudojimą. Skirtumas tarp didelių įmonių ir MVĮ atskleidžia struktūrines problemas: didelės įmonės turi daugiau finansinių išteklių ir kvalifikuotų specialistų, leidžiančių lengviau diegti naujas technologijas. Tuo tarpu MVĮ dažnai susiduria su ribotais biudžetais, IT žinių stoka ir kitomis kliūtimis, kurios trukdo skaitmeninei transformacijai (Van Geest et al., 2021). 2023 m. situacija pagerėjo – 45,2 proc. ES įmonių investavo į debesų kompiuterijos paslaugas, o tai reiškia 4,2 procentinio punkto augimą per dvejus metus. Ši tendencija rodo, kad skaitmeninė transformacija įgauna pagreitį, tačiau MVĮ atsilikimas išlieka problema. Populiariausios debesų paslaugos Europoje yra el. pašto sistemos (82,7 proc.), failų saugojimo sprendimai (68 proc.) ir biuro programinė įranga (66,3 proc.). Šios paslaugos užtikrina efektyvų komunikavimą, duomenų valdymą ir kasdienės veiklos organizavimą – tai pagrindiniai šiuolaikinio verslo elementai. Debesų kompiuterijos populiarumas auga dėl jos prieinamumo ir funkcionalumo. El. pašto sistemos yra plačiai naudojamos, nes jos leidžia užtikrinti nepertraukiamą bendravimą tarp darbuotojų ir klientų, nepriklausomai nuo jų vietos. Failų saugojimo sprendimai palengvina bendradarbiavimą realiuoju laiku, o biuro programinė įranga suteikia lankstumo dirbti nuotoliniu būdu. Be šių pagrindinių paslaugų, vis dažniau naudojama saugumo programinė įranga (61 proc.), finansų ir apskaitos sprendimai (51,6 proc.) ir duomenų bazių talpinimas (43 proc.), kurie įmonėms padeda apsaugoti duomenis, automatizuoti procesus ir valdyti

didelius informacijos kiekius (Kern, 2021). Pavyzdžiui, Švedijoje ir Danijoje debesų technologijų naudojimas pasiekė aukštą lygį dėl stiprios valstybės paramos ir gausios IT specialistų bazės (Boysen ir Koster, 2024). Šios šalys investuoja į subsidijas MVĮ ir švietimo programas, kurios užtikrina kvalifikuotą darbo jėgą.

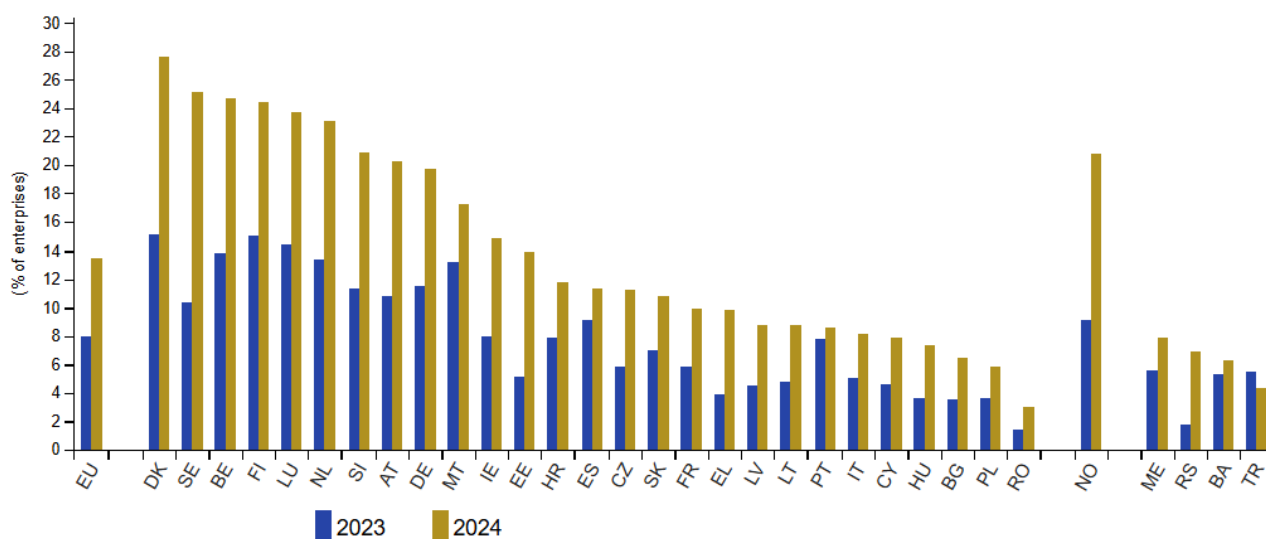


Šaltinis: Eurostat
Source: Eurostat.

1. pav. Debesų kompiuterijos paslaugų naudojimas pagal šalis (% įmonių), 2021–2023 m.

Fig. 1. Use of cloud computing services by country (% of enterprises), 2021-2023

Lietuvos kontekste debesų paslaugų naudojimas 2023 m. siekė 38 proc. įmonių, o tai žymi reikšmingą augimo tendenciją nuo 23 proc. rodiklio 2018 m. Nors Lietuvos rodikliai yra žemesni už ES vidurkį (45,2 proc.) tačiau rodo teigiamą tendenciją, ypač lyginant su ankstesniais metais. Šie pokyčiai liudija apie nuolatinį ir teigiamą skaitmeninimo procesą, kai vis daugiau įmonių supranta technologijų svarbą konkurencingumui ir efektyvumui. Įdomūs skirtumai išryškėja lyginant skirtingų šalių ir skirtingo dydžio įmonių veiklos rezultatus. Pavyzdžiui, didesnės įmonės (78,0 proc.) gerokai dažniau investuoja į debesijos sprendimus nei MVĮ (44 proc.). Šalių lygmeniu didžiausias debesų kompiuterijos diegimas pastebimas Suomijoje (78,3 proc.), Švedijoje (71,6 proc.), Danijoje (69,5 proc.) ir Maltoje (66,7 proc.), palyginti su Graikija (23,6 proc.), Rumunija (18,4 proc.) ir Bulgarija (17,5 proc.). Šie skirtumai rodo, kad debesijos technologijų diegimas priklauso nuo ekonominių ir technologinių investicijų prieinamumo, įmonių dydžio ir šalių skaitmeninės infrastruktūros brandos. Nepaisant augimo, Lietuvos įmonių naudojimas debesijos paslaugomis vis dar atsilieka nuo tokių šalių kaip Suomija ar Švedija. To priežastys gali būti siejamos su mažesniu technologijų pritaikymu mažose ir vidutinėse įmonėse.



Šaltinis: Eurostat
Source: Eurostat

2. pav. AI technologijų naudojimas pagal šalis (% įmonių), 2023–2024 m.

Fig. 2. Use of AI technologies by country (% of enterprises), 2023-2024 m.

Tyrimai rodo, kad ES įmonės sparčiai diegia DI technologijas, o tai rodo, kad ES sparčiai auga skaitmeninės transformacijos tendencija. 2023 m. DI integracija įmonėse siekė 8 proc., o 2024 m. išaugo iki 13,48 proc. – tai aiškiai rodo, kad vis daugiau įmonių supranta dirbtinio interneto potencialą ir jo teikiamas galimybes. Tai rodo, kaip įmonėms svarbu prisitaikyti prie sparčiai besikeičiančios technologinės aplinkos, kad išliktų konkurencingos ir veiksmingos rinkoje. Lietuvos kontekste DI diegimo lygis 2023 m. buvo šiek tiek aukštesnis už ES vidurkį ir siekė 8,67 proc., o Europos vidurkis tuo pačiu laikotarpiu buvo 8 proc.. Tai reiškia, kad mūsų šalies įmonės jau pradėjo diegti modernius technologinius sprendimus, galinčius padidinti jų veiklos efektyvumą, automatizuoti pasikartojančias užduotis ir pagerinti duomenų analizės galimybes. Tačiau 2024 m. Lietuvos rodiklis sulėtėjo iki 11,07 proc., palyginti su bendru ES vidurkiu – 13,48 proc. Šį skirtumą galima paaiškinti tuo, kad Lietuvoje yra daugiau mažųjų ir vidutinių įmonių (MVI), kurioms diegti DI gali būti sunkiau dėl ribotų finansinių ir technologinių išteklių. Skirtingose šalyse DI diegimo lygis skiriasi, o tai rodo ne tik technologinę pažangą, bet ir ekonomikos struktūrą ir investicijų į inovacijas lygį. Pavyzdžiui, kai kuriose Rytų Europos šalyse, pavyzdžiui, Lenkijoje ir Bulgarijoje, daiktų interneto integracijos lygis 2024 m. buvo mažesnis – atitinkamai 5,9 proc. ir 6,5 proc. Tai gali būti susiję su mažesnėmis investicijomis į inovacijas arba skaitmeninių technologijų infrastruktūros trūkumu. Tuo tarpu Skandinavijos šalyse, pavyzdžiui, Danijoje ir Švedijoje, DI diegimo rodikliai labai aukšti – siekia 27,6 proc. ir 25,1 proc. Tai rodo, kad aukštos kvalifikacijos darbo jėga, stipri inovacijų ekosistema ir didelės investicijos į technologijų plėtrą, padedančios šalims pasiekti geresnių rezultatų daiktų interneto srityje. Šie skirtumai rodo, kad daiktų interneto diegimas labai priklauso nuo ekonomikos struktūros, įmonių dydžio ir investicijų į technologijas. Siekiant sumažinti atotrūkį tarp skirtingų regionų, svarbu sutelkti dėmesį ne tik į technologijų įsigijimą, bet ir į darbuotojų mokymą, inovacijų skatinimą, viešojo sektoriaus ir privačių įmonių bendradarbiavimą. Tik taip galima užtikrinti, kad daiktų interneto technologijų nauda būtų plačiai paplitusi ir pasiektų kuo daugiau sektorių ir darbo rinkos dalyvių. Ateityje DI diegimas gali tapti vienu pagrindinių veiksnių, lemiančių ekonomikos augimą ir konkurencingumą, todėl svarbu stebėti šiuos rodiklius ir imtis tinkamų strateginių žingsnių, siekiant skatinti inovacijas ir užtikrinti technologinį pažangumą visoje Europos Sąjungoje.

Išvados

1. Skaitmenizavimo priemonės, tokios kaip RFID technologija, įmonėms suteikia galimybę realiuoju laiku stebėti prekių judėjimą ir automatiškai atnaujinti inventoriaus duomenis. Toks sprendimas leidžia sumažinti rankinio darbo metu daromų klaidų skaičių net iki 80–90 proc., o tai ypač svarbu dideliuose sandėliuose, kur netikslūs duomenys gali lemti neteisingus užsakymus, vėlavimus ir prastą prekių paskirstymą. Automatizuota prekių stebėseną ne tik padeda išvengti klaidų, bet ir žymiai paspartina operacijas ir sumažina darbo jėgos poreikį. Be to, tokios technologijos prisideda prie visos logistikos grandinės efektyvumo, leidžiančio sklandžiai organizuoti tiekimo procesus ir prisitaikyti prie nuolat besikeičiančių rinkos poreikių. Iš esmės, pažangių skaitmeninių sprendimų diegimas tampa esmine sąlyga, siekiant optimizuoti sandėliavimo procesus ir užtikrinti įmonių konkurencingumą nuolat kintančioje verslo aplinkoje.

2. Remiantis Europos Komisijos duomenimis, Lietuvoje debesų kompiuterijos paslaugų naudojimas įmonėse siekia apie 30 proc., o tai yra šiek tiek žemesnis nei ES vidurkis, kurio lygis yra 34 proc. Šis rodiklis rodo, kad nors šalyje skaitmenizacijos diegimas dar nėra optimalus, matomi teigiami pokyčiai. Didžiosios įmonės ir startuoliai demonstruoja aukštesnį skaitmenizacijos lygį, rodant spartesnę naujovių įsisavinimą ir technologijų integravimą į kasdienes verslo procesus. Nepaisant ribotų išteklių, mažosios ir vidutinės įmonės vis dažniau pradeda įgyvendinti skaitmeninius sprendimus, kurie leidžia optimizuoti operacijas, mažinti sąnaudas ir gerinti klientų aptarnavimą. Tokie žingsniai atitinka ES skaitmenizacijos politikos tikslus, siekiant sukurti modernią, inovatyvią ir konkurencingą verslo aplinką. Šie duomenys liudija apie nuolatinį technologijų plėtros poreikį, kuris tampa esmine sąlyga siekiant išlaikyti konkurencingumą globalioje rinkoje. Įmonės, investuodamos į skaitmeninius sprendimus, gerina operacinius rezultatus ir kuria tvirtą verslo strategiją, prisitaikydamos prie besikeičiančių rinkos tendencijų ir užtikrindamos ilgalaikį augimą.

Literatūra

1. Ahmed, F., Ur Rahman, M., Rehman, H. M., Imran, M., Dunay, A., & Hossain, M. B. (2024). Corporate capital structure effects on corporate performance pursuing a strategy of innovation in manufacturing companies. *Heliyon*, 10(8), e28708. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28708>
2. Bezrukova, N., Huk, L., Chmil, H., Verbivska, L., Komchatnykh, O., & Kozlovskiy, Y. (2022). Digitalization as a trend of modern development of the world economy. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 18, 120–129. <https://doi.org/10.37394/232015.2022.18.13>
3. Bertolini, M., Bottani, E., Romagnoli, G., & Vignali, G. (2015). The impact of RFID technologies on inventory accuracy in the apparel retailing: Evidence from the field. *International Journal of RF Technologies: Research and Applications*, 6(4), 225–246. <https://doi.org/10.3233/RFT-150069>
4. Bourlakis, M., & Bourlakis, C. (2006). Integrating logistics and information technology strategies for sustainable competitive advantage. *Journal of Enterprise Information Management*, 19(4), 389–402. <https://doi.org/10.1108/17410390610678313>
5. Boysen, N., & Koster, R. D. (2024). 50 years of warehousing research—An operations research perspective. *European Journal of Operational Research*, 320(3), 449–464. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2024.02.026>
6. Europos Komisija. (2022). Digital Economy and Society Index (DESI) 2022.

7. Eurostat (2023) Cloud computing - statistics on the use by enterprises. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Cloud_computing_-_statistics_on_the_use_by_enterprises&oldid=306183
8. Eurostat (2025) Cloud computing - statistics on the use by enterprises. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Cloud_computing_-_statistics_on_the_use_by_enterprises&oldid=306183
9. Gafforov, M., & Gulomov, F. (2021). Warehouse problems in logistics systems and their digital solutions. *Bulletin of Science and Practice*. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/65/33>
10. Kern, J. (2021). *The digital transformation of logistics: A review about technologies and their implementation status*. In M. Sullivan & J. Kern (Eds.), *The Digital Transformation of Logistics: Demystifying Impacts of the Fourth Industrial Revolution* (pp. 361-403). IEEE Press. <https://doi.org/10.1002/9781119646495.ch25>
11. Kavaliauskienė, I. M., Antanaitytė, U., & Činčikaitė, R. (2024). *Digitalization of the logistics sector: The case of Lithuania*. In O. Prentkovskis, I. Yatskiv (Jackiva), P. Skačkauskas, M. Karpenko, & M. Stosiak (Eds.), *TRANSBALTICA XIV: Transportation Science and Technology. Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-52652-7_26
12. Lee, M.-K., & Elsayed, E. (2005). Optimization of warehouse storage capacity under a dedicated storage policy. *International Journal of Production Research*, 43(9), 1785–1805. <https://doi.org/10.1080/00207540412331322935>
1. Oleskow-Szlapka J., Lubiński P. (2016). New Technology Trends and Solutions in logistics and Their Impact on Processes. *3rd International Conference on Social Science*, 408-413.
13. Unhelkar, B., Joshi, S. D., Sharma, M., & Prasad, M. (2022). Enhancing supply chain performance using RFID technology and decision support systems in the industry 4.0—A systematic literature review. *International Journal of Information Management Data Insights*, 2(1), 100084. <https://doi.org/10.1016/j.jjime.2022.100084>
14. Van Geest, M., Tekinerdogan, B., & Catal, C. (2020). Design of a reference architecture for developing smart warehouses in industry 4.0. *Computers in Industry*, 124, 103343. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103343>
15. Van Geest, M., Tekinerdogan, B., & Catal, C. (2021). Smart warehouses: Rationale, challenges and solution directions. *Applied Sciences*, 12(1), 219. <https://doi.org/10.3390/app12010219>
16. Vivek, S., Vivek, V., & Vidani, J. (2024). E-commerce supply chain efficiency: A case study of Amazon ecommerce company. *International Journal of Business and Management Practices (IJBMP)*, 2(2), 233–262. <https://doi.org/10.59890/ijbmv2i2.1243>
17. Vlasov, M., & Lapteva, A. (2023). *Methods for evaluating the cost-effectiveness of using AI for production automation*. In V. Kumar, G. L. Kyriakopoulos, V. Akberdina, & E. Kuzmin (Eds.), *Digital transformation in industry* (pp. 285–296) ResearchGate. https://doi.org/10.1007/978-3-031-30351-7_22

IMPROVEMENT OF WAREHOUSE PROCESSES WITH DIGITAL SOLUTIONS

Summary

Warehousing is an essential part of the supply chain, having a direct impact on companies' efficiency, operational speed, and costs. As the scale of goods movement and customer expectations grow, the optimization of warehousing processes becomes inevitable. Traditional methods often face errors, inefficient space usage, and high costs, so there is an increasing shift towards digital technologies. Automated Warehouse Management Systems (WMS), RFID, Internet of Things (IoT), and artificial intelligence allow for more accurate inventory management, reducing the probability of errors, optimizing logistics processes, and minimizing the need for manual labor. However, in Lithuania, the use of cloud computing is still lagging behind the EU average. To remain competitive, companies must invest in innovative warehousing solutions. This study analyzes the impact of digitization and automation on warehousing, comparing the situation of Lithuanian companies with the EU average. Based on the analysis of scientific literature, it is found that digital solutions help companies reduce costs, optimize operations, and increase competitiveness. The EU aims that by 2030, cloud computing and artificial intelligence will be more widely used in companies.

Keywords: Digitization, automation, warehousing, warehouse management systems