

APRŪPINIMO LOGISTIKOS VALDYMO SPRENDIMAI INTEGRUOJANT LEAN IR DI

Egidijus RIMKUS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Bioekonomikos plėtros fakultetas, el. paštas: egidijus.rimkus@vdu.lt

Santrauka

Aprūpinimo logistikos procesai šiandien pasižymi dideliu informacijos srautų tankiu ir sistemų įvairove: sprendimai priimami remiantis įmonės išteklių planavimo sistemos (angl. Enterprise Resource Planning, ERP) duomenimis, papildomomis „Excel“ lentelėmis ir nuolatine komunikacija elektroniniu paštu. Tokioje aplinkoje švaistymai (laukimas, pertekliniai tikrinimai, rankinis duomenų suvedimas, klaidų taisymas) gali tapti „nematomi“, o jų mažinimas – fragmentiškas. Straipsnyje pateikiamas teorinis modelis, kuriame aprūpinimo logistikos valdymas grindžiamas LEAN įrankiais, visų pirma, vertės srauto žemėlapiu (VSM), identifikuojant vertės nekuriančias veiklas, o vėliau šios išvalgos paverčiamos duomenimis grįstu sprendimų pagrindu taikant procesų gavybą (angl. process mining), paremtą įvykių žurnalais (angl. event logs). Toks duomenimis grįstas VSM (angl. data-driven VSM) leidžia objektyviai prioritetizuoti automatizavimui tinkamas veiklas. Antroje modelio grandyje siūloma taikyti robotizuotą procesų automatizavimą (RPA) – „Power Automate“ debesijos sprendinius (angl. Power Automate Cloud) ir darbalaukio sprendinius (angl. Power Automate Desktop), kai aktualu – papildant „Python“, siekiant automatizuoti taisyklėmis grįstas vertės nekuriančias veiklas, mažinti klaidų riziką ir trumpinti ciklo laiką. Straipsnis konceptualiai parodo, kad LEAN ir DI sprendiniai nėra alternatyvos, o komplementarūs: LEAN suteikia problemos struktūrą, o duomenimis grįstas skaidrumas ir RPA – įgyvendinimo mechanizmą.

Reikšminiai žodžiai: aprūpinimo logistika, LEAN, VSM, procesų gavyba (process mining), įvykių žurnalai (event logs), RPA, Power Automate, automatizavimas, skaitmenizacija.

Įvadas

Aprūpinimo logistika – tai procesų visuma, užtikrinanti, kad organizacija laiku gautų reikalingas žaliavas, komponentus ar paslaugas, o informacija apie užsakymus, terminus ir dokumentus sklandžiai judėtų tarp vidinių funkcijų ir tiekėjų. Praktikoje šiuos procesus dažnai palaiko keli lygiagretūs informacijos sluoksniai: ERP sistemose registruojami užsakymų ir judėjimo duomenys, „Excel“ failuose tvarkomi papildomi planavimo ar kontrolės sąrašai, o elektroniniu paštu vyksta patikslinimai, derinimai ir priminimai. Tokia mišri ekosistema didina procesų variantiškumą ir apsunkina „vieno tiesos šaltinio“ sukūrimą, todėl švaistymai gali tapti sisteminiai ir kartotis ilgą laiką nepastebėti.

LEAN filosofija siūlo nuoseklią šios problemos sprendimo logiką: visų pirma, identifikuojama vertė, tuomet išskleidžiamas nuo pradžios iki pabaigos vertės srautas ir atskiriamos vertę kuriančios bei vertės nekuriančios veiklos. Vertės srauto žemėlapis naudojamas kaip metodas „padaryti švaistymą matomu“ ir sukurti dabarties būsenos (angl. current state) bei ateities būsenos (angl. future state) proceso viziją. Vis dėlto tradicinis VSM dažnai yra rankinis, reikalaujantis didelių laiko sąnaudų ir pateikiantis tik „momentinę nuotrauką“, todėl dinamiškose aplinkose jis greitai pasensta. Dėl to literatūroje vis dažniau akcentuojamas VSM skaitmeninimas, pasitelkiant procesų gavybą (angl. process mining).

Robotizuotas procesų automatizavimas laikomas praktine skaitmeninės transformacijos priemone, kai automatizuojamos jau skaitmeninės, bet rankiniu būdu vykdomos užduotys. Vis dėlto automatizavimo sėkmė priklauso nuo to, ar parenkamos stabilios, taisyklėmis grįstos veiklos; netinkamai pasirinkus automatizavimo objektą, nesėkmių rizika išauga. Todėl straipsnyje siūlomas integruotas modelis, kuriame LEAN (VSM) ir DI priemonės – procesų gavyba bei RPA – sujungiamos į vieną grandinę: nuo švaistymo identifikavimo iki įgyvendinimo.

Tyrimo tikslas – suformuoti ir teoriškai argumentuoti aprūpinimo logistikos valdymo sprendimų modelį, kuriame LEAN įrankiais identifikuojami švaistymai, o duomenimis grįstomis DI priemonėmis (procesų gavyba ir RPA) kuriamas pagrindas jų sisteminiam mažinimui ir automatizavimui, remiantis ERP, „Excel“ ir elektroninio pašto duomenų šaltiniais.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Atskleisti vertės srauto žemėlapio (VSM) taikymo galimybes aprūpinimo logistikos švaistymų identifikavimui, remiantis LEAN metodologija.
2. Išnagrinėti, kaip procesų gavyba (angl. process mining), paremta įvykių žurnalais, sudaro prielaidas duomenimis grįstam vertės srauto žemėlapiui (angl. data-driven VSM).
3. Argumentuoti RPA (angl. Power Automate Cloud ir Power Automate Desktop) vaidmenį kaip identifikuotų taisyklėmis grįstų NVA veiklų įgyvendinimo ir automatizavimo mechanizmą.

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimų objektas – teorinis aprūpinimo logistikos valdymo modelis, integruojantis LEAN (VSM) ir DI priemonės (angl. process mining ir RPA) švaistymų identifikavimui bei mažinimui organizacijoje, kur duomenys generuojami ir kaupiami ERP sistemose, Excel failuose ir el. pašto komunikacijoje.

Straipsnis yra teorinis, todėl taikomi šie metodai: (1) mokslinės literatūros analizė, remiantis atviro priejimo šaltiniais, kurie apibrėžia VSM metodiką, procesų gavybos principus, VSM + procesų gavybos integraciją ir RPA įgyvendinimo karkasus; (2) konceptualaus modelio konstravimas, kai teorinės įžvalgos sujungiamos į vientisą priežastinę grandinę (LEAN → duomenimis grįstas skaidrumas → automatizavimas), nurodant prielaidas ir tikėtiną poveikį pagrindiniams veiklos rodikliams (pvz., ciklo laikui, laukimo laikui, pakartotinio darbo daliai, rankinių veiksmų apimčiai).

Modelis remiasi prielaida, kad procesų gavybos taikymui būtini įvykių žurnalai, kuriuose kiekvienas įvykis yra susietas su konkrečiu atveju, vykdoma veikla ir laiko žyma. Tokie duomenys gali būti išgaunami iš ERP sistemų, CSV ar „Excel“ rinkinių bei kitų skaitmeninių pėdsakų. Elektroninio pašto duomenys traktuojami kaip informacijos srauto dalis, kuri, taikant struktūrizavimo priemones, gali būti integruojama siekiant išlaikyti visuminį proceso vaizdą nuo pradžios iki pabaigos.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Pateikiamas teorinis modelis remiasi LEAN metodologijos klasikinėmis VSM taikymo nuostatomis (MIT OpenCourseWare, 2012; Razali, Ab Rahman, 2020), VSM ir procesų gavybos integracijos tyrimais (Mertens et al., 2020; Nawcki et al., 2021; Teriete et al., 2026), fundamentalia procesų gavybos teorija ir įvykių žurnalų samprata (van der Aalst, n.d.; van der Aalst, Carmona (Eds.), 2022) bei RPA diegimo gairėmis ir įgyvendinimo karkasais (Federal RPA Community of Practice, 2020; Herm et al., 2022).

Modelis grindžiamas keturiomis nuosekliomis grandimis. Pirmą, VSM suteikia struktūrą vertės srautui aprašyti, atskiriant vertę kuriančias ir nekuriančias veiklas bei formuojant dabarties ir ateities būsenų logiką. Antra, procesų gavyba leidžia remtis faktiniais įvykių žurnalais ir objektyviai atkurti realią proceso eigą, įskaitant dažniausius maršrutus, trukmes ir laukimo zonas. Trečia, VSM ir procesų gavybos integracija leidžia palyginti „numanomą“ ir „faktinį“ procesą, identifikuojant pasikartojančias kilpas, perdavimus ir informacijos srauto trūkumus, kurie sudaro prioritetizuotą vertės nekuriančių (NVA) veiklų sąrašą. Ketvirta, RPA veikia kaip įgyvendinimo mechanizmas: Power Automate Cloud tinka integracijoms su elektroniniu paštu ir paslaugomis, o Power Automate Desktop – sąveikai su lokaliomis aplikacijomis ar sistemomis be patogių API; prireikūs sprendiniai stiprinami „Python“ skriptais, kai būtinas sudėtingesnis duomenų apdorojimas.

VSM taikymo aprūpinimo logistikoje ypatumai ir VACA logika. Aprūpinimo logistikoje vertės srautas yra „dviaukštis“: tuo pačiu metu juda materialūs srautai (prekės, siuntos, pakuotės, priėmimo ir išdavimo operacijos) ir informaciniai srautai (užsakymo inicijavimas, patvirtinimai, tiekimo terminų derinimas, transporto dokumentų valdymas, sąskaitų sutikrinimas). Dėl šios priežasties VSM, nors ir kilęs iš gamybos aplinkos, aprūpinimo logistikoje tampa ne tik fizinio judėjimo schema, bet visų pirma – sprendimų priėmimo ir informacijos perdavimo žemėlapis.

Metodinėje VSM logikoje dabarties būsenos žemėlapis rengiamas „pririšant“ analizę prie konkretaus produkto ar paslaugos ir sistemingai suvedant laiko duomenis (apdorojimo, laukimo ir ciklo laikus), kokybės aspektus, atsargų lygius bei perėjimų skaičių tarp funkcijų (MIT OpenCourseWare, 2012; Razali, Ab Rahman, 2020). Tokia struktūra ypač svarbi aprūpinimo logistikoje, nes didžiausi nuostoliai dažnai susiformuoja ne pavienėse užduotyse, o tarp jų – dėl laukimo, perdavimo vėlavimų, neaiškių atsakomybių ir „pakibusių“ procesų būsenų.

VSM taikymas aprūpinimo logistikoje reikalauja aiškiai apibrėžti, kas laikoma verte. Skirtingai nuo gamybos, kur vertė dažnai tiesiogiai siejama su fizine produkto transformacija, aprūpinimo logistikos vertė dažniausiai apibrėžia laiko ir patikimumo kriterijai: laiku patvirtintas užsakymas, laiku gauta siunta, teisingai sutvarkyti dokumentai, sumažintas išimčių ir klaidų skaičius. Todėl vertės analizė remiasi VA / NNVA / NVA klasifikacija.

Vertę kuriančios veiklos (VA, angl. Value-Adding) apima procesus, kurie tiesiogiai prisideda prie užsakymo įvykdymo taip, kaip tai vertina „vidinis klientas“ (pavyzdžiui, užsakymo suformavimas pagal realų poreikį, prekių priėmimo registravimas, kokybės patikra). Vertės nekuriančios, tačiau būtinos veiklos (NNVA, angl. Necessary Non-Value-Adding) formaliai vertės neprideda, bet yra būtinos dėl reguliavimo, kontrolės, saugos ar atsekamumo reikalavimų (pavyzdžiui, privalomi dokumentų patikrinimai ar atitikties procedūros). Vertės nekuriančios ir nebūtinos veiklos (NVA, angl. Non-Value-Adding) laikomos švaistymu – tai, pavyzdžiui, pakartotinis duomenų perrašymas iš elektroninio pašto į „Excel“ skaičiuoklės ir vėliau į įmonės išteklių planavimo (ERP, angl. Enterprise Resource Planning) sistemą, to paties statuso tikrinimas skirtingose informacinėse sistemose ar dubliuojama komunikacija (Bestari et al., 2020; Razali, Ab Rahman, 2020).

Ši klasifikacija praktikoje atitinka **VACA logiką (angl. Value-Added / Cost-Added)**, kurioje pagrindinis klausimas yra ne tai, ar veikla vyksta, bet kokią funkciją ji atlieka vertės sraute ir ar turi alternatyvų, leidžiančių sumažinti sąnaudas arba laiką.

Teoriniame modelyje VSM tampa „filtru“, per kurį pereina automatizavimo idėjos. NVA veiklos šalinamos arba automatizuojamos, NNVA veiklos standartizuojamos ir spartinamos, siekiant sumažinti klaidų tikimybę, o VA veiklos apsaugomos nuo trikdžių ir perteklinių kontrolės ciklų. Tokiu būdu LEAN metodologija ne tik identifikuoja švaistymą, bet ir sukuria logines taisykles, kurios vėliau tampa atrankos kriterijais sprendimams, pagrįstiems duomenimis ir dirbtinio intelekto (DI, angl. Artificial Intelligence) metodais.

VSM literatūroje pabrėžiama, kad ateities būsenos (future state, angl.) kūrimas turi remtis realiais duomenimis ir aiškiu veiksmų planu (MIT OpenCourseWare, 2012; Razali, Ab Rahman, 2020). Aprūpinimo logistikos kontekste tai tiesiogiai iškelia klausimą: kaip surinkti duomenis taip, kad VSM nebūtų vienkartinis analizės įrankis, bet taptų nuolat

atnaujinama valdymo priemone? Būtent čia atsiranda **duomenimis grindžiamo VSM** prielaida, kurią toliau pagrindžia įvykių žurnalai ir procesų gavybos (angl. process mining) metodologija.

Įvykių žurnalų inžinerija: kaip iš ERP, „Excel“ ir el. pašto suformuojamas analizės pagrindas. Teoriniam modeliui kritiška įvykių žurnalų inžinerijos prielaida: procesų gavyba (angl. process mining) veikia tik tada, kai procesas palieka pakankamai nuoseklius skaitmeninius pėdsakus. Klasikinis minimalus įvykio aprašas apima atvejo identifikatorių (atvejis, angl. case id), veiklos pavadinimą (veikla, angl. activity) ir laiko žymą (angl. timestamp). Papildomi laukai, tokie kaip resursas, vaidmuo, naudojama sistema, susiję objektai ar sąnaudos, reikšmingai praplečia analizės galimybes (van der Aalst, n.d.; van der Aalst, Carmona (red.), 2022).

Aprūpinimo logistikoje atvejis dažniausiai gali būti pirkimo užsakymo numeris (PO, angl. Purchase Order), siuntos numeris, tiekėjo patvirtinimo identifikatorius arba jų kombinacija (pavyzdžiui, PO + tiekėjas + pristatymo partija). Esminė sąlyga – identifikatoriaus stabilumas per visą vertės srautą, nes būtent jis leidžia susieti įvykius iš skirtingų duomenų šaltinių į vieną nuoseklų procesą.

Šioje koncepcijoje svarbu parodyti, kad įmonės išteklių planavimo ERP sistema, „Excel“ skaičiuoklės ir elektroninis paštas gali būti traktuojami kaip skirtingos įvykių duomenų generavimo terpės. ERP sistemos paprastai generuoja transakcinius įvykius: užsakymo sukūrimą, patvirtinimą, siuntos registravimą, prekių priėmimo įrašus ar sąskaitų apdorojimą. „Excel“ dažnai tampa valdymo ir stebėsenos įrankiu, kuriame fiksuojami planavimo, išimčių ir kontrolės įvykiai, pavyzdžiui, numatomo atvykimo laiko (ETA, angl. Estimated Time of Arrival) korekcijos, tiekėjo pažymėjimai ar trūkstančių dokumentų būsenos. Elektroninis paštas atspindi informacijos srautą, kuris neretai lieka „nematomas“ ERP įrašuose: priminimus, patikslinimus, ginčus dėl kiekių ar dokumentų persiuntimus.

Procesų gavybos literatūroje akcentuojama, kad įvykių duomenys gali būti išgaunami ne tik iš specializuotų informacinių sistemų, bet ir iš CSV ar „Excel“ failų bei kitų šaltinių, jei tik įmanoma atkurti pagrindinę „atvejis–veikla–laikas“ struktūrą (van der Aalst, n.d.; van der Aalst, Carmona (red.), 2022). Tai suteikia teorinį pagrindą teigti, kad net ir „hibridiniame“ procese, kuriame veikia kelios technologinės terpės, galima sukonstruoti analizei pakankamą įvykių įrašų rinkinį.

Kitas svarbus teorinis aspektas – įvykių semantika. Aprūpinimo logistikoje tie patys veiklų pavadinimai gali reikšti skirtingas situacijas (pavyzdžiui, „patvirtinta“ gali reikšti tiek „užsakymas patvirtintas“, tiek „tiekėjas patvirtino terminą“). Todėl teoriniame modelyje būtina numatyti normalizavimo principą – veiklų žodyną (angl. activity taxonomy), kuris suvienodina pavadinimus ir leidžia atskirti proceso žingsnius nuo komunikacinių ar kontrolės veiklų. Toks žodynas yra būtinas tiek vertės srauto žemėlapiui, tiek procesų gavybai, nes abu metodai remiasi aiškiai apibrėžta ir nuoseklia veiklų seka.

Procesų gavybos metodiniuose vadovuose pabrėžiama, kad duomenų paruošimas ir įvykių įrašų sukonstravimas dažnai yra sudėtingiausia projekto dalis, todėl organizacijos turi investuoti į duomenų kokybę, struktūrizavimą ir prieinamumą (van der Aalst, Carmona (red.), 2022; Teriete et al., 2026).

Galiausiai, įvykių žurnalų inžinerija turi apimti ir laiko logiką. Aprūpinimo logistikoje svarbu fiksuoti ne tik įvykio datą, bet ir tikslų laiką, nes reikšminga dalis švaistymo susiformuoja ties „darbo valandų“ ir „ne darbo valandų“ sandūromis (pavyzdžiui, kai patvirtinimas gaunamas 16:50, o realus apdorojimas prasideda tik kitą darbo dieną). Veiklos našumo analizė, apimanti laukimo laiką (angl. waiting time) ir pralaidumo laiką (angl. throughput time), reikalauja aukšto laiko duomenų tikslumo. Todėl teoriniame modelyje rekomenduojama laiko žymas registruoti sekundžių tikslumu, jei tai leidžia duomenų šaltiniai (van der Aalst, n.d.; van der Aalst, Carmona (red.), 2022). Tokia prielaida leidžia pagrįsti teiginį, kad procesų gavyba ne tik „nupiešia“ procesą, bet ir kiekybiškai identifikuoja, kur ir koku mastu kaupiasi laukimas.

Process mining analizės rezultatai kaip „data-driven VSM“ ir automatizavimo sąrašas. Kai įvykių žurnalas yra suformuotas, procesų gavyba suteikia tris klasikines analizės ašis: proceso atradimą (angl. discovery), atitikties tikrinimą (angl. conformance) ir našumo vertinimą (angl. performance). Šios ašys leidžia vertės srauto žemėlapi perkelti iš aprašomojo į matuojamąjį lygmenį. Proceso atradimas leidžia atkurti realų proceso modelį iš duomenų pėdsakų; atitikties tikrinimas – palyginti faktinį proceso elgesį su pageidaujamu modeliu ir identifiuoti nukrypimus; našumo analizė – išmatuoti trukmes, laukimo laikus ir resursų apkrovas (van der Aalst, Carmona (red.), 2022; Teriete et al., 2026). Teoriniame modelyje tai reiškia, kad „dabartinės būsenos“ VSM gali būti atnaujinamas periodiškai ir grindžiamas faktine vykdymo dinamika, o ne vienkartinė stebėseną ar apklausą.

VSM ir procesų gavybos integracijos literatūroje pažymima, kad tradicinis VSM dažnai atspindi tai, „kaip organizacijos dalyviai mano, kad procesas vyksta“, o procesų gavyba parodo, „kaip procesas vyksta iš tikrųjų“ (Mertens et al., 2020; Nawrocki et al., 2021). Aprūpinimo logistikoje šis skirtumas yra ypač ryškus, nes didelė veiklų dalis vyksta tarp sistemų ir tarp žmonių: informacija perduodama elektroniniu paštu, vėliau perrašoma į „Excel“, o tik tada registruojama ERP sistemoje. Tradicinis VSM gali vizualizuoti tokį srautą, tačiau sunkiai pamatuoja, kiek laiko informacija praleidžia tarpiniuose kanaluose ir kiek kartų ji „cirkuliuoja“ tarp tų pačių dalyvių. Procesų gavyba, įtraukus komunikacijos įvykius, leidžia atskleisti, kad realus procesas turi daugiau variantų nei numatyta formaliame procese, o būtent variantiškumas dažnai tampa pagrindiniu švaistymo šaltiniu.

Svarbi sąvoka šiame kontekste yra „karštieji taškai“. Veiklos našumo analizė leidžia nustatyti, kuriose veiklose ar perėjimuose kaupiasi didžiausia laukimo laiko dalis, pasireiškia didžiausia trukmių sklaida arba susidaro didžiausia išimčių koncentracija. VSM literatūroje butelio kakleliai ir srauto trikdžiai laikomi pagrindiniu tobulinimo objektu, tačiau jų identifikavimas tradiciškai reikalauja daug rankinio darbo ir subjektyvaus vertinimo (MIT OpenCourseWare, 2012; Razali, Ab Rahman, 2020). Procesų gavyba šį subjektyvumą sumažina, nes butelio kakleliai identifiuojami remiantis faktiniais laiko duomenimis. Teoriniame modelyje karštieji taškai tampa pagrindiniu mechanizmu, leidžiančiu pereiti nuo analizės prie konkuruojančių sprendimų identifikavimo.

Šioje logikoje būtina aiškiai parodyti, kaip karštieji taškai transformuojami į automatizavimo užduočių sąrašą. Logika yra tokia: jeigu karštasis taškas atitinka NVA veiklą (pavyzdžiui, dubliuotą statuso tikrinimą), sprendimas gali būti veiklos eliminavimas arba automatizavimas; jei karštasis taškas atitinka NNVA veiklą (pavyzdžiui, privalomą dokumentų kontrolę), sprendimu dažniausiai tampa automatizavimas su aiškiai apibrėžtomis kontrolės taisyklėmis, siekiant sutrumpinti trukmę ir sumažinti klaidų tikimybę; jei karštasis taškas yra VA veikla, sprendimas orientuojamas į srauto apsaugą, užtikrinant, kad vertę kurianti veikla nebūtų stabdoma perteklinėmis NVA ar NNVA kilpomis. Tokia transformacija atitinka VSM ateities būsenos logiką, tačiau vietoje abstraktaus „būsimo proceso“ vaizdinio sukuriamas prioritetizuotas darbų sąrašas, kuris gali būti įgyvendinamas iteratyviai (Mertens et al., 2020; Teriete et al., 2026).

Galiausiai, integruotas VSM ir procesų gavybos požiūris leidžia pereiti nuo vienkartinį LEAN iniciatyvų prie nuolatinės procesų stebėsenos ir tobulinimo. Naujausioje literatūroje pabrėžiama, kad VSM skaitmeninimas per procesų gavybą sudaro prielaidas realaus laiko arba periodinei analizei, o tai ypač svarbu siekiant didesnio efektyvumo dinamiškoje ir kintančioje aprūpinimo aplinkoje (Horsthofer-Rauch et al., 2024; Teriete et al., 2026). Teoriniame modelyje tai įtvirtina sampratą, kad duomenimis grįstas VSM yra nuolatinis valdymo instrumentas, o ne vienkartinis analizės artefaktas.

RPA kandidatų atranka: kriterijai, siejantys LEAN analizę su „Power Automate“ sprendiniais. Jeigu duomenimis grįstas VSM suformuoja automatizavimo kandidatų sąrašą, tolesniam sprendimų priėmimui būtina aiški ir struktūruota atrankos logika, leidžianti RPA taikyti ten, kur ji iš tiesų kuria vertę. RPA literatūroje pabrėžiama, kad viena pagrindinių automatizavimo iniciatyvų nesėkmių priežasčių yra netinkamai pasirinkti procesai ir pernelyg optimistiškai įvertintas automatizavimo potencialas, ypač tais atvejais, kai procesai yra nestabilūs, dažnai keičiami arba remiasi neapibrėžta žmogaus interpretacija (Herm et al., 2022; Federal RPA Community of Practice, 2020).

Todėl teoriniame modelyje siūloma automatizavimo kandidatų atranką grįsti dviejų dimensijų sankirta. LEAN dimensija atsako į klausimą, „kiek veikla yra švaistanti“, vertinant NVA dalį ir jos poveikį vertės srautui, o automatizavimo dimensija – „kiek veikla yra automatizuojama“, atsižvelgiant į jos deterministiškumą, stabilumą ir prieigą prie informacinių sistemų.

LEAN dimensijoje svarbiausi indikatoriai kyla iš VSM ir procesų gavybos analizės: veiklos dažnis, laukimo laikas, perėjimų skaičius, variantiškumas bei klaidų ir perdarymų rodikliai. Jei veikla dažnai kartojasi ir sudaro reikšmingą laukimo laiko dalį, ji tampa rimtu automatizavimo kandidatu. Priešingai, jei veikla pasitaiko retai arba yra vienkartinio pobūdžio, automatizavimo investicijų grąža (ROI) mažėja, net jei pati veikla suvokiama kaip „skausminga“ organizacijai. Procesų gavybos pagrįsta našumo analizė leidžia šiuos kriterijus formalizuoti, identifikuojant, pavyzdžiui, veiklas, sudarančias 60–80 proc. bendro laukimo laiko, ir fokusuojantis į jas kaip į „kritinę mažumą“ (van der Aalst, Carmona (red.), 2022; Teriete et al., 2026). Šis argumentas teoriniame straipsnyje yra esminis, nes parodo, kad siūlomas modelis remiasi matavimo, o ne subjektyvaus vertinimo logika.

Automatizavimo dimensijoje pirmiausia vertinamas veiklos išimčių nebuvimas: ar ją galima aprašyti aiškiais ir stabiliai galiojančiomis taisyklėmis? Klasikiniais RPA kandidatais laikomos tokios veiklos kaip duomenų perkėlimas, statusų tikrinimas, priminimų siuntimas, dokumentų generavimas ar sutikrinimai pagal iš anksto apibrėžtus kriterijus. Kadangi RPA veikia per vartotojo sąsajos sluoksnį, ji yra ypač tinkama tais atvejais, kai organizacinės sistemos jau turi skaitmenines sąsajas ir loginę veiksmų seką, kurią žmogus nuolat kartoja (Herm et al., 2022; Macha, 2019). Ši savybė ypač aktuali aprūpinimo logistikoje, kur dalis veiklų yra daugiakanalės: užsakymo būseną tikrinama ERP sistemoje, papildoma informacija gaunama iš „Excel“ ar elektroninio pašto, o galutinis rezultatas vėl registruojamas ERP aplinkoje.

Kitas žingsnis – automatizavimo platformų parinkimas. Teoriniame modelyje „Power Automate Cloud“ pozicionuojama kaip koordinavimo ir integracijų sluoksnis, tinkamas pranešimų siuntimui, užduočių kūrimui ir duomenų atnaujinimui per standartines jungtis (pavyzdžiui, elektroninį pašta, „Teams“ ar „SharePoint“), kai siekiama sutrumpinti informacijos perdavimo laiką ir išvengti ciklinio „užklausk–atsakymų“ ping-pongo. Tuo tarpu „Power Automate Desktop“ vertinama kaip vartotojo sąsajos automatizavimo priemonė, taikoma tais atvejais, kai reikia sąveikauti su lokaliomis ar internetinėmis sistemomis, neturinčiomis patogių API, arba kai procesas apima kelias tarpusavyje nesusijungtas aplikacijas. Tokia platformų dichotomija dera su RPA samprata kaip lengvosios automatizacijos forma, galinčia greitai sukurti vertę, jei procesas yra pakankamai aiškiai apibrėžtas (Federal RPA Community of Practice, 2020; Macha, 2019).

Python įtraukimas į šį etapą atlieka aiškią teorinę funkciją. Nors mažo kodo priemonės (angl. low-code) RPA įrankiai yra efektyvūs automatizuojant pasikartojančias ir struktūriškai paprastas, vadinamąsias „mechanines“ užduotis, sudėtingesni duomenų apdorojimo scenarijai – tokie kaip kelių „Excel“ ar CSV rinkinių sujungimas, duomenų patikra, struktūruotos informacijos išgavimas iš PDF dokumentų ar sudėtingų taisyklių rinkinių taikymas – dažnai yra efektyviau įgyvendinami naudojant skriptines programavimo kalbas. Todėl teoriniame modelyje Python naudojimas „Power Automate Desktop“ aplinkoje konceptualizuojamas kaip analitinė įterptis, leidžianti automatizavimo sprendimus padaryti patikimesnius, mažiau trapius ir geriau prisitaikančius prie duomenų struktūros bei apimties variacijų. Nors šis argumentas yra teorinis, jis dera su platesniu RPA ir dirbtinio intelekto konvergencijos diskursu, kuriame RPA sprendimai papildomi analitinėmis ir sprendimų priėmimo funkcijomis, taip pereinant nuo paprasto veiksmų automatizavimo prie išmanesnio, duomenimis grįsto automatizavimo (Macha, 2019; Herm et al., 2022).

Valdymas ir tvarumas: kaip teorinis modelis mažina RPA nesėkmių riziką. Valdymo ir tvarumo dimensija teoriniame modelyje yra būtina, nes automatizavimo iniciatyvos, neturinčios aiškos valdymo struktūros, dažnai ne pašalina problemą, o ją perkelia į kitą proceso vietą. Robotizuotos procesų automatizacijos (RPA) diegimo karkasuose pabrėžiama, kad automatizavimo projektai turi būti valdomi etapiniu principu – nuo inicijavimo ir sprendimo projektavimo iki įgyvendinimo bei mastelio didinimo, o kiekviename etape turi būti numatyti kontrolės taškai, apimantys procesų atranką, rizikų vertinimą, testavimą, veikimo priežiūrą ir žinių valdymą (Herm et al., 2022; Federal RPA Community of Practice,

2020). Teorinis modelis šią logiką integruoja į ankstesnes priežastines grandis: automatizavimo sprendimai formuojami ne remiantis subjektyvia nuojauta, bet duomenimis grįstais karštaisiais taškais, todėl inicijavimo etapas įgyja objektyvų, matavimais pagrįstą sprendimų atrankos pagrindą.

Pirmasis tvarumo mechanizmas yra „uždaras ciklas“ (angl. closed loop). Procesų gavybos literatūroje pabrėžiama, kad įvykių duomenys leidžia ne tik atrasti procesą, bet ir jį nuolat tobulinti per veiklos našumo ir atitikties analizę (van der Aalst, Carmona (Eds.), 2022; Teriete et al., 2026). Tai reiškia, kad po RPA diegimo tas pats įvykių žurnalai gali būti panaudojami patikrinti, ar laukimo laikas sumažėjo, ar sumažėjo variantų skaičius, ar sumažėjo nukrypimų. Jei automatizacija sukuria naujų nukrypimų (pvz., robotas sustoja dėl netikėto UI pakeitimo), tai atsispindi įrašuose kaip nauji „stovėjimo“ taškai. Taip teoriniame modelyje atsiranda valdymo grįžtamasis ryšys, kuris atitinka LEAN „tobulumo siekimo“ idėją – nuolatinį tobulinimą, bet su duomeniniu pagrindu.

Antrasis tvarumo mechanizmas – standartizacija. LEAN požiūriu, procesų standartizavimas yra būtina sąlyga stabiliai kokybei. RPA požiūriu, standartizacija yra būtina sąlyga automatizacijai, nes robotas negali patikimai veikti, jei procesas kaskart vyksta skirtingai. VSM + procesų gavybos integracija leidžia identifikuoti, kur standartizacija reikalinga labiausiai: ten, kur variantiškumas didžiausias ir kur jis sukuria didžiausią laukimo kainą (Mertens et al., 2020; Teriete et al., 2026). Teoriškai tai reiškia, kad prieš automatizuojant gali būti būtina „sutrumpinti“ procesą iki kelių pagrindinių variantų, o tik tada automatizuoti dažniausią variantą. Tokia seka mažina riziką, kad RPA taps „pleistru“ ant netvarkingo proceso.

Trečiasis mechanizmas – valdymo ir atsakomybės. RPA programų gairėse pabrėžiama, kad organizacijos turi aiškiai apibrėžti roles, prioritetizavimo principus ir palaikymo modelį: kas prižiūri robotus, kas valdo pakeitimus, kas sprendžia incidentus, kaip matuojama nauda (Federal RPA Community of Practice, 2020; Herm et al., 2022). Teoriniame straipsnyje tai galima suformuluoti kaip modelio prielaidą: DI/RPA integracija veiks tik tada, jei bus užtikrinta minimali procesų ir automatizacijų valdymo disciplina. Ši disciplina apima ir „pakeitimų valdymą“ – pavyzdžiui, jeigu ERP ekrane pasikeičia laukas, RPA srautas turi būti atnaujintas. Be valdymo, automatizacija taps trapus sprendimas.

Ketvirtasis tvarumo elementas – „etinis ir organizacinis priėmimas“. Nors straipsnis neanalizuoja žmogiškųjų išteklių giliai, RPA literatūroje dažnai akcentuojama, kad automatizacija turi tikslą perkelti darbuotojų laiką į didesnės vertės veiklas, o ne tiesiog „pašalinti darbą“ (Federal RPA Community of Practice, 2020; Macha, 2019). Aprūpinimo logistikoje tai svarbu, nes darbuotojų kompetencija dažnai reikalinga sprendžiant išimtis ir derybas, todėl automatizacija turėtų mažinti rutiną, paliekant žmogui sprendimus, kurie reikalauja konteksto. Teoriniame modelyje ši idėja įtvirtinama per NNVA ir išimčių valdymą: automatizuojamas standartas, žmogui paliekama išimtis, o procesų gavyba padeda identifikuoti, kur išimtys dažniausios.

Tikėtinas poveikis KPI: kaip įrodyti naudą teoriniame lygmenyje. Kad teorinis modelis būtų įtikinamas, jis turi būti susietas su matavimo sistema. LEAN tradiciškai remiasi laiko, kokybės ir atsargų rodikliais; procesų gavyba praplečia šią sistemą, nes iš įvykių žurnalų galima automatiškai apskaičiuoti pralaidumo laikas, laukimo time, variantų skaičių, nukrypimų dažnį ir resursų apkrovą (van der Aalst, Carmona (Eds.), 2022; van der Aalst, n.d.). Teoriniame modelyje KPI yra ne „priedas“, o mechanizmas, leidžiantis pagrįsti, kad integracija duos apčiuopiamą rezultatą.

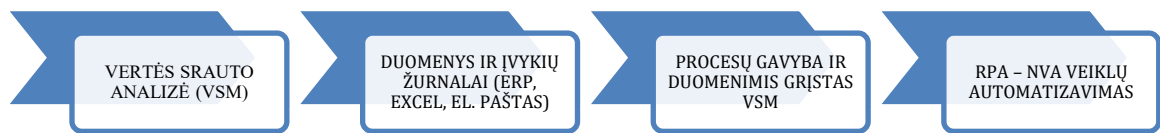
Pirmoji KPI grupė – laiko rodikliai. Aprūpinimo logistikoje svarbiausias rodiklis dažnai yra bendras proceso trukmės laikas nuo užsakymo inicijavimo iki priėmimo/įvykdymo. Tačiau vien proceso trukmės laiko vidurkis dažnai slepia problemą, todėl rekomenduojama vertinti ir sklaidos rodiklius bei laukimo laiko dalį. VSM metodika skatina fiksuoti apdorojimo ir laukimo laikus kiekviename žingsnyje, o procesų gavyba leidžia tą padaryti sistemingai ir periodiškai (MIT OpenCourseWare, 2012; van der Aalst, Carmona (Eds.), 2022). RPA teorinis poveikis čia pasireiškia per „prisilietimo laiko“ (angl. touch time) sumažinimą: kai robotas automatiškai suveda duomenis ar siunčia priminimus, laikas tarp įvykių mažėja, o procesas tampa labiau prognozuojamas.

Antroji KPI grupė – kokybės rodikliai. Aprūpinime kokybė dažnai reiškia „teisingi duomenys“ ir „mažiau perdarymų“. Klaidų šaltiniai dažnai yra rankinis perrašymas, neteisingi statusai, praleisti patvirtinimai, neteisingi dokumentai. VSM logika leidžia identifikuoti, kuriose vietose klaidos kyla, o procesų gavybos atitikties analizė leidžia identifikuoti nukrypimus (pavyzdžiui, veiklos atliekamos ne ta seka, praleidžiami žingsniai) (Razali, Ab Rahman, 2020; van der Aalst, Carmona (Eds.), 2022). RPA poveikis kokybei teoriškai siejamas su mažesniu žmogiškų klaidų skaičiumi taisykliškose veiklose, tačiau kartu atsiranda „automatizacijos klaidų“ rizika, todėl valdymo ciklas tampa būtinas.

Trečioji KPI grupė – darbo ir apkrovos rodikliai. Pagrindinės RPA gairės pabrėžia, kad viena iš RPA naudos formų yra darbo krūvio eliminavimas ir perorientavimas į aukštesnės vertės veiklas (Federal RPA Community of Practice, 2020; Herm et al., 2022). Aprūpinimo logistikoje tai galima operacionalizuoti per rankinių žingsnių skaičių (angl. touch points), užduočių trukmę, per dieną atliekamų rutininių veiklų skaičių. Procesų gavybos resursų analizė leidžia pamatyti, kur susidaro didžiausios apkrovos ir kur automatizacija gali būti labiausiai „išlaisvinanti“.

Ketvirtoji KPI grupė – tiekimo patikimumo rodikliai. Nors modelis nėra prognozavimo modelis, jis tiesiogiai siejasi su tiekimo patikimumu per procesų stabilumą: jei patvirtinimo laikas sumažėja, jei išimčių skaičius mažėja, jei komunikacijos „tarpai“ sutrumpėja, tuomet didėja pristatymo terminų laikymasis. VSM + procesų gavybos integracijos literatūroje pabrėžiama, kad didesnis informacijos srauto skaidrumas yra prielaida geresniems sprendimams ir mažesniai vėlavimų variantiškumui (Mertens et al., 2020; Teriete et al., 2026). Praktikoje tai gali reikšti, kad tiekėjų priminimai siunčiami automatiškai, o „vėluojantys atvejai“ identifikuojami greičiau.

Galiausiai, verta įtraukti „prieš–po“ matavimo principą kaip modelio dalį. Net jei empirinis tyrimas neatliekamas, galima parodyti, kokie KPI būtų matuojami ir kokios krypties pokyčių tikimasi. Tai sustiprina modelio pritaikomumą ir parodo, kad integracija nėra abstrakti. VSM metodika kaip tik ir remiasi tuo, kad „ateities būseną“ (future state) turi būti susiejama su konkrečiais veiksmais ir matavimais (MIT OpenCourseWare, 2012; Razali, Ab Rahman, 2020). Integruotas LEAN, procesų gavybos ir RPA ryšys aprūpinimo logistikos valdyme apibendrintas 1 paveiksle.



Šaltinis: sudaryta pagal MIT OpenCourseWare (2012), Mertens et al. (2020), van der Aalst (2022), Herm et al. (2022).
Source: according to MIT OpenCourseWare (2012), Mertens et al. (2020), van der Aalst (2022), Herm et al. (2022).

1 pav. Teorinis modelis: LEAN–DI integracija aprūpinimo logistikos valdymui

Fig. 1. Theoretical model: integrating Lean and AI for inbound logistics management

1 paveiksle pateikta grandinė parodo, kad LEAN įrankiai (VSM/VACA) pirmiausia struktūruoja vertės srautą ir leidžia aiškiai įvardyti VA, NNVA ir NVA veiklas. Toliau modelis numato duomenų surinkimą iš ERP, „Excel“ ir el. pašto į vieningą įvykių žurnalą, kuris yra būtina sąlyga procesų gavybai. Procesų gavybos rezultatai (variantai, trukmės, laukimo zonos) paverčiami „data-driven VSM“, todėl automatizavimo kandidatai parenkami ne intuicija, o matavimais pagrįstais „karštaisiais taškais“. Galiausiai RPA (Power Automate Cloud/Desktop, prirėikus – Python) įgyvendina prioretizuotas intervencijas taisyklėmis grįstose NVA veiklose, o tas pats įvykių žurnalas leidžia po diegimo įvertinti poveikį KPI ir užtikrinti uždara tobulinimo ciklą. Taigi schema apjungia analizę ir įgyvendinimą į vieną nuoseklų valdymo mechanizmą, pritaikomą hibridinėje informacinių šaltinių aplinkoje

Išvados

1. VSM kaip LEAN metodas sudaro teorinį pagrindą aprūpinimo logistikos švaistymų identifikavimui ir VA/NVA struktūravimui, leidžiant suformuoti „dabartinė būsena“ ir „ateities būsena“ logiką.
2. Procesų gavyba, remiantis įvykių žurnalais, suteikia VSM duomenimi pagrindą, leidžiantį objektyviai atkurti realius procesų maršrutus ir matuoti trukmes; tai aktualu aplinkose, kur duomenys pasiskirstę tarp ERP, Excel ir el. pašto srautų.
3. VSM ir procesų gavybos integracija pagrindžia perėjimą nuo švaistymo „matavimo“ prie prioretizuotų intervencijų, o RPA šiame modelyje veikia kaip praktinis įgyvendinimo mechanizmas taisyklėmis grįstoms NVA veikloms automatizuoti.
4. RPA įgyvendinimo karkasai rodo, kad automatizavimo sėkmę didina sisteminis procesų atrankos ir etapinio diegimo požiūris; todėl LEAN ir duomenimis grįstos analizės įtraukimas prieš RPA diegimą mažina nesėkmių riziką ir kuria sąlygas tvariam procesų stabilizavimui.

Literatūra

1. Bestari, M. I., Arasy, N., Fadly, M., & Adhani, M. R. N. (2020). *Waste identification and elimination using lean methods in receiving process: A case study at PT IPC Container Terminal*. International Journal of Operations and Quantitative Management, 26(3), 183–193. <https://doi.org/10.46970/2020.26.3.2>
2. Federal RPA Community of Practice. (2020). *RPA program playbook* (Version 1.1). U.S. General Services Administration. Priega per internet: <https://digital-gov-drupal-prod.app.cloud.gov/s3/files/m-files/rpa-playbook.pdf>
3. Herm, L.-V., Janiesch, C., Helm, A., Imgrund, F., Hofmann, A., & Winkelmann, A. (2022). A framework for implementing robotic process automation projects. *Information Systems and e-Business Management*, 21, 1–35. <https://doi.org/10.1007/s10257-022-00553-8>
4. Horsthofer-Rauch, J., Guesken, S. R., Weich, J., Rauch, A., Bittner, M., Schulz, J., & Zaeh, M. F. (2024). Sustainability-integrated value stream mapping with process mining. *Production & Manufacturing Research*, 12(1), Article 2334294. <https://doi.org/10.1080/21693277.2024.2334294>
5. Macha, K. B. (2019). Robotic process automation: Implementation. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 4(2), 154–170. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2019.4.2.0131>
6. Mertens, K., Bernerstätter, R., & Biedermann, H. (2020). *Value stream mapping and process mining: A lean method supported by data analytics*. In *Proceedings of the 1st Conference on Production Systems and Logistics (CPSL 2020)*. <https://doi.org/10.15488/9653>
7. MIT OpenCourseWare. (2012). *Value stream mapping basics* (16.660 Lecture 1–6). Massachusetts Institute of Technology. https://ocw.mit.edu/courses/16-660j-introduction-to-lean-six-sigma-methods-january-iap-2012/fc7d9eb5df9c5fcc98d0dbccfb0ce4e7_Ba8ZyAmffAM.pdf
8. Nawcki, M. L., Zanon, G. N., Santos, L. C. de P., Santos, E. A. P., Szejka, A. L., & de Lima, E. P. (2021). Process mining and value stream mapping: An incremental approach. In *International Conference of Production Research – Americas 2020* (pp. 171–183). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-76310-7_14
9. Razali, N. M., & Ab Rahman, M. N. (2020). Value stream mapping: A tool to detect and reduce waste for a lean manufacturing system. In *iMEC-APCOMS 2019* (pp. 266–271). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0950-6_41

10. Teriete, T., Erlach, K., Bauernhansl, T., & van der Aalst, W. M. P. (2026). Combining value stream mapping and process mining in production: A systematic literature review. *Discover Applied Sciences*, 8, Article 285. <https://doi.org/10.1007/s42452-026-08446-y>
11. Van der Aalst, W. M. P. (n.d.). *Event logs: The input for process mining*. https://www.processmining.org/old-version/files/event_logs_the_input_for_process_mining.pdf
12. van der Aalst, W. M. P., & Carmona, J. (Eds.). (2022). *Process mining handbook*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-08848-3>

SUPPLY LOGISTICS MANAGEMENT SOLUTIONS INTEGRATING LEAN AND AI

Abstract

Supply logistics processes increasingly rely on heterogeneous information sources such as ERP systems, Excel workbooks and e-mail communication, which increases process variability and makes waste harder to observe. This theoretical paper proposes an integrated model where Lean tools—particularly Value Stream Mapping (VSM)—are used to identify non-value-added activities, while process mining (based on event logs) enables a data-driven VSM that objectively measures flow times and variants. The resulting transparency supports prioritisation of automation candidates. In the second part of the model, Robotic Process Automation (RPA) is positioned as an implementation mechanism, using Power Automate Cloud and Power Automate Desktop (optionally with Python) to automate rule-based non-value-added work, reduce error rates and shorten cycle time. The paper argues that Lean and AI/RPA are complementary: Lean structures the problem, whereas AI-enabled process transparency and RPA provide scalable execution.

Keywords: supply logistics, Lean, value stream mapping, process mining, event logs, RPA, Power Automate, automation.