



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

STATYBOS FAKULTETAS

STATYBOS TECHNOLOGIJOS IR VADYBOS KATEDRA

Andrius Usevičius

**PREKIŲ ATSARGŲ VALDYMAS STATYBOS PREKYBINĖJE ĮMONĖJE,
UŽTIKRINANT NENUTRŪKSTAMĄ TIEKIMĄ**

**MANAGEMENT OF RESERVES OF GOODS IN A CONSTRUCTION
PRODUCTS SALES COMPANY, ENSURING CONTINUOUS PRODUCT
SUPPLY**

Baigiamasis magistro darbas

Statybos technologijų ir valdymo studijų programa, valstybinis kodas 621J80003

Statybos technologijos ir vadybos specializacija

Statybos inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2013

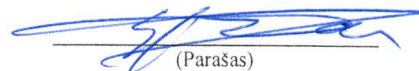
VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

STATYBOS FAKULTETAS

STATYBOS TECHNOLOGIJOS IR VADYBOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

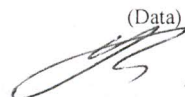


(Parašas)

E. K. Zavadskas

(Vardas, pavardė)

Andrius Usevičius



**PREKIŲ ATSARGŲ VALDYMAS STATYBOS PREKYBINĖJE ĮMONĖJE,
UŽTIKRINANT NENUTRŪKSTAMĄ TIEKIMĄ**

**MANAGEMENT OF RESERVES OF GOODS IN A CONSTRUCTION
PRODUCTS SALES COMPANY, ENSURING CONTINUOUS PRODUCT
SUPPLY**

Baigiamasis magistro darbas

Statybos technologijų ir valdymo studijų programa, valstybinis kodas 621J80003

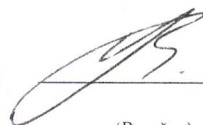
Statybos technologijos ir vadybos specializacija

Statybos inžinerijos studijų kryptis

Vadovas

prof. habil.dr. Leonas Ustinovičius

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

 2013-06-03

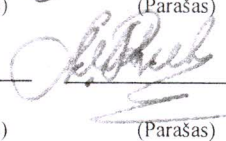
(Parašas)

(Data)

Konsultantas

lekt. Lina Rutkienė

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

 2013-05-23

(Parašas)

(Data)

Vilnius, 2013

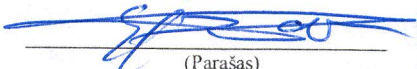
VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS
STATYBOS TECHNOLOGIJOS IR VADYBOS KATEDRA

Statybos inžinerijos studijų kryptis

Statybos technologijų ir valdymo studijų programa studijų programa, valstybinis
kodas 621J80003

Statybos technologijos ir vadybos specializacija

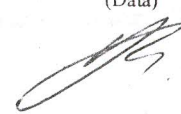
TVIRTINU
Katedros vedėjas


(Parašas)

E. K. Zavadskas

(Vardas, pavardė)

(Data)



**BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO
UŽDUOTIS**

.....Nr.

Vilnius

Studentui (ei) Andriui Usevičiui
(Vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema: Prekių atsargų valdymas statybos prekybinėje įmonėje, užtikrinant nenutrūkstamą
tiekimą

patvirtinta 2012 m. spalio 23 d. dekanų potvarkiu Nr. 516st

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2013 m. birželio 4 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

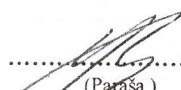
Ištirti mokslinėje literatūroje aprašomus bendruosius atsargų valdymo principus, išanalizuoti fundamentaliąsias atsargų valdymo sistemas, modelius ir metodiką. Atsižvelgiant į egzistuojančią atsargų valdymo metodiką, pasiūlyti patobulintą atsargų valdymo modelį. Remiantis realios statybos sektoriaus įmonės veiklos duomenimis, nustatyti siūlomo modelio efektyvumą. Aprašyti praktinį modelio taikymą realiomis sąlygomis.

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai:

lekt. Lina Rutkienė

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

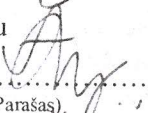
Vadovas


(Parašas)

prof. habil.dr. Leonas Ustinovičius

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Užduotį gavau


(Parašas)

Andrius Usevičius

(Vardas, pavardė)

2012 m. spalio 24 d.

(Data)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Statybos fakultetas
Statybos technologijos ir vadybos katedra

ISBN ISSN
Egz. sk.
Data-.....-.....

Antrosios pakopos studijų **Statybos technologijų ir valdymo** programos baigiamasis darbas

Pavadinimas **Prekių atsargų valdymas statybos prekybinėje įmonėje, užtikrinant nenutrūkstamą tiekimą**

Autorius **Andrius Usevičius**

Vadovas **prof. habil. dr. Leonas Ustinovičius**

Kalba: lietuvių

Anotacija

Atsargos yra neišvengiamos prekybos įmonėms, tačiau būtina pagrįsti jų kiekį, tinkamai įvertinus būsimą paklausą ir taip sumažinant bendrąsias išlaidas, kurias sudaro dėl atsargų trūkumo negautas pelnas (nepatenkinta paklausa) bei sandėliavimo išlaidos. Dėl nepakankamo atsargų lygio įmonė negauna pajamų, taip pat rizikuoja prarasti klientus, tačiau nepagrįstai didelis atsargų lygis reiškia įšaldytas įmonės apyvartines lėšas, kurios gali būti panaudotos įmonės plėtrai įvairiomis kryptimis.

Vienas sudėtingiausių etapų, nustatant racionalų atsargų lygį – paklausos prognozavimas. Prekybos įmonės dažniausiai susiduria su tikimybinio pobūdžio paklausa, kurios neįmanoma aprašyti jokių dėsniais, todėl jos įvertinimui tenka pasitelkti matematinės statistikos metodus.

Darbe siūlomas atsargų valdymo modelis, susiejantis atsargų klasifikavimą, atsižvelgiant į jų svarbą įmonės veiklai bei atsargų lygio nustatymą, atsižvelgiant į pasirinktą klientų poreikio tenkinimo lygį.

Atsargos klasifikuojamos, taikant COPRAS daugiakriterio vertinimo metodą, o klientų poreikio tenkinimo lygis ir jį atitinkantis atsargų lygis nustatomas, atsižvelgiant į bendrąsias išlaidas, kurias sudaro dėl nepatenkintos vartotojų paklausos prarastas pelnas, atsargų įsigijimo, sandėliavimo išlaidos.

Modelis patikrintas, remiantis realios statybos sektoriaus prekybos įmonės veiklos rezultatais ir pardavimų duomenimis.

Prasminiai žodžiai: Atsargų valdymas, prekybos įmonė, paklausa, atsargų lygio nustatymas, atsargų klasifikavimas, COPRAS, vartotojų poreikių tenkinimo lygis, bendrosios išlaidos.

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Civil Engineering
Department of Construction Technology and Management

ISBN _____ ISSN _____
Copies No.
Date-.....-.....

Master Degree Studies **Construction Technologies and Management** study programme Final Work

Title **Management of reserves of goods in a construction products sales company, ensuring continuous product supply**
Author **Andrius Usevičius**
Academic supervisor **Prof Dr Habil Leonas Ustinovičius**

Thesis language:
Lithuanian

Annotation

Inventory is inevitable for any sales company, however it is essential to determine the reasonable inventory level by properly forecasting the upcoming customer demand, thus decreasing total costs, that consist of lost profit caused by unsatisfied customer demand and inventory holding costs. By keeping a low inventory level a sales company is at risk of losing its customers as well as potential profits, on the other hand, an unreasonably high inventory level leads to company's financial assets frozen for a long period of time in the form of inventory items.

One of the most complicated steps when determining an appropriate inventory level is demand forecasting. Sales companies often face stochastic demand, which can be evaluated by using methods of mathematical statistics.

The Master's thesis suggests an inventory control model, that involves inventory classification, according to their importance for the company as well as determination of inventory level according to the selected customer demand satisfaction level.

The inventory classification is performed by using COPRAS multi-criteria evaluation method, while the determination of customer demand satisfaction level is determined according to the total expenses, consisting of lost profits, inventory purchase and storage costs.

The proposed model has been tested by using activity and sales data of an actual construction industry sales company.

Keywords: Inventory management, sales company, demand, determination of inventory level, inventory classification, COPRAS, customer demand satisfaction level, total costs.

Vilniaus Gedimino technikos universiteto egzaminų,
sesijų ir baigiamųjų darbų rengimo bei gynimo
organizavimo tvarkos aprašo 2011-2012 m. m.

1 priedas

(Baigiamojo darbo sąžiningumo deklaracijos forma)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Andrius Usevičius, 20074772

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Statybos fakultetas

(Fakultetas)

Statybos technologijos ir valdymas, STVfm-11

(Studijų programa, akademinė grupė)

**BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO)
SĄŽININGUMO DEKLARACIJA**

2013 m. gegužės 5 d.

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas tema „Prekių atsargų valdymas statybos prekybinėje įmonėje, užtikrinant nenutrūkstamą tiekimą“ patvirtintas 2012 m. spalio 23 d. dekanų potvarkiu Nr. 516st, yra savarankiškai parašytas. Šiame darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Mano darbo vadovas prof. habil. dr. Leonas Ustinovičius.

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą nėra. Jokių įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs (-usi).



(Parasas)

Andrius Usevičius

(Vardas ir pavardė)

TURINYS

TURINYS.....	6
Paveikslų sąrašas	7
Lentelių sąrašas.....	9
IVADAS	10
1. BENDRIEJI ATSARGŲ VALDYMO PRINCIPAI	12
1.1. Tiekimo grandinė ir jos valdymas	12
1.2. Logistika ir logistikos funkcijos	14
1.3. Vartotojų poreikių tenkinimas	16
1.4. Klientų poreikių prognozavimas	17
1.5. Atsargos ir jų būtinumą lemiantys veiksniai	18
1.6. Atsargų valdymas ir jo tikslai.....	19
1.7. Atsargų valdymo sistemos.....	20
2. ATSARGŲ VALDYMO METODIKŲ ANALIZĖ	23
2.1. Klasikinių atsargų valdymo metodikų analizė.....	23
2.2. Naujausių atsargų valdymo metodikų analizė	33
3. ATSARGŲ VALDYMO MODELIO KŪRIMAS BEI TAIKYMAS REALIOJE ĮMONĖJE.....	54
3.1. Pagrindiniai įmonės veiklos rodikliai	54
3.2. Atsargų valdymo modelio sudarymas	54
3.3. Atsargų valdymo modelio įgyvendinimas	55
3.3.1. Pradinių duomenų atranka	55
3.3.2. Atrinktų duomenų klasifikavimas, taikant COPRAS daugiakriterės analizės metodą....	56
3.3.2.1. Rodiklių parinkimas	56
3.3.2.2. Rodiklių reikšmingumų nustatymas ekspertinių įverčių metodu	57
3.3.2.3. Atsargų vienetų klasifikavimas, taikant COPRAS daugiakriterio vertinimo metodą	59
3.4. Racionalaus aptarnavimo lygio nustatymas	68
4. UŽSAKYMŲ FORMAVIMAS, TAIKANT SIŪLOMĄ ATSARGŲ VALDYMO MODELĮ ...	77
IŠVADOS IR PASIŪLYMAI	87
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	88
PRIEDAI	92

Paveikslų sąrašas

1.1 pav. Tiekimo grandinių klasifikavimo schema (Jepersen, Skjott – Larsen 2005)	13
1.2 pav. Materialaus srauto prekybos įmonėje schema (Minalga 2008).....	15
1.3 pav. Pardavimo lygio išsidėstymo nustatytose ribose tikimybė (Christopher 2007)	17
1.4 pav. Atsargų ir paklausos balansavimas (pagal Christopher 2007)	17
1.5 pav. (R, Q) valdymo sistema, esant pastoviai paklausai ir periodinei peržiūrai (Axsäter 2006) 20	
1.6 pav. (s, S) atsargų valdymo sistema, esant pastoviai paklausai ir periodinei peržiūrai (Axsäter 2006).....	21
1.7 pav. Optimali užsakymo siunta (Minalga 2008)	22
2.1 pav. Atsargų lygio q kitimas laiko (t) atžvilgiu (Гринглаз, Копытов 2002)	25
2.2 pav. Atsargų lygio kitimo $q = f(t)$ vieno ciklo metu grafikas (Гринглаз, Копытов 2002).....	26
2.3 pav. Užsakymo, sandėliavimo ir bendrųjų išlaidų grafikas (Гринглаз, Копытов 2002).....	28
2.4 pav. Išskirstyto pristatymo metodo atsargų lygio kitimo laiko atžvilgiu grafikas (Гринглаз, Копытов 2002).....	29
2.5 pav. Modelio su galimu prekių trūkumu (deficitu) atsargų lygio kitimo laiko atžvilgiu grafikas (Гринглаз, Копытов 2002).....	30
2.6 pav. Bendrųjų išlaidų grafikai esant skirtingoms prekių kainoms ir užsakomiems kiekiams (Гринглаз, Копытов 2002).....	31
2.7 pav. Metodo taikymo sąlygų schema (Ameli <i>et al.</i> 2011)	34
2.8 pav. Užsakymų vykdymo schema (Kiesmüller <i>et al.</i> 2010)	36
2.9 pav. Užsakymų formavimo schema (Maiti <i>et al.</i> 2006).....	36
2.10 pav. PF strategijos taikymo schema (Zhu 2009).....	41
2.11 pav. Bendrųjų išlaidų priklausomybės nuo atidėto mokėjimo termino grafikai (Liao, Chen 2003).....	43
2.12 pav. Atsargų pildymo schema, kai papildymas vykdomas joms pilnai neišsekus (Taleizadeh <i>et al.</i> 2008).....	44
2.13 pav. Atsargų pildymo schema, kai papildymas vykdomas, atsargoms išsekus (Taleizadeh <i>et al.</i> 2008).....	45
2.14 pav. Atsargų lygio kitimas (Kopytov <i>et al.</i> 2005).....	46
2.15 pav. Tiekimo grandinės schema (Kopytov <i>et al.</i> 2005)	46
3.1 pav. Siūlomo atsargų valdymo modelio įgyvendinimo schema.....	55
3.2 pav. Rodiklių reikšmingumo nustatymo ekspertinių įverčių metodu algoritmas (pagal Zavadskas <i>et al.</i> 2010).....	57
3.3 pav. Daugiakriterio vertinimo metodo COPRAS taikymo algoritmas (pagal Kaklauskas <i>et al.</i> 2004).....	60
3.4 pav. Atsargų atnaujinimo ciklo principinė schema	69

3.5 pav. Atsargų vieneto M.1 tikimybinio tankio funkcija	69
3.6 pav. Atsargų vieneto M.1 paklausos svyravimas 2011 – 2012 m.....	70
3.7 pav. Bendrųjų išlaidų priklausomybės nuo aptarnavimo lygio grafikas S grupės prekėms.....	72
3.8 pav. Bendrųjų išlaidų priklausomybės nuo aptarnavimo lygio grafikas M grupės prekėms	72
3.9 pav. Bendrųjų išlaidų priklausomybės nuo aptarnavimo lygio grafikas L grupės prekėms	72
3.10 pav. Bendri atrinktų atsargų vienetų tyrimo rezultatai.....	74
3.11 pav. Bendrųjų išlaidų priklausomybės nuo aptarnavimo lygio grafikas S grupės prekėms	75
(2013 m. sausio – kovo mėnesio duomenys).....	75
3.12 pav. Bendrųjų išlaidų priklausomybės nuo aptarnavimo lygio grafikas M grupės prekėms (2013 m. sausio – kovo mėnesio duomenys).....	75
3.13 pav. Bendrųjų išlaidų priklausomybės nuo aptarnavimo lygio grafikas L grupės prekėms (2013 m. sausio – kovo mėnesio duomenys).....	76
4.1 pav. Užsakymų vykdymo schema.....	81
4.2 pav. Siūlomo modelio algoritmas	86

Lentelių sąrašas

2.1 lentelė. Skirtingų autorių siūlomas atsargų skirstymas į klases	47
3.1 lentelė. Pagrindiniai įmonės veiklą ir jos atsargų valdymo sistemą charakterizuojantys rodikliai	54
3.2 lentelė. Rodikliai prekių ABC analizei atlikti	56
3.3 lentelė. Ekspertų apklausos rezultatai ir rodiklių reikšmingumų nustatymo eiga.....	58
3.4 lentelė. Atsargų klasifikavimo rezultatai.....	61
3.5 lentelė. Pradinių duomenų matrica.....	62
3.6 lentelė. Daugiakriterės analizės, taikant COPRAS metodą, sprendimo eiga ir rezultatai.....	65
3.7 lentelė. Aptarnavimo lygio ribos atskiroms atsargų klasėms	71
3.8 lentelė. Pradiniai skaičiavimo duomenys	71
3.9 lentelė. Racionalūs aptarnavimo lygiai S grupės atsargoms	73
3.10 lentelė. Racionalūs aptarnavimo lygiai M grupės atsargoms.....	73
3.11 lentelė. Racionalūs aptarnavimo lygiai L grupės atsargoms	74
4.1 lentelė. Racionalūs S grupės atsargų kiekiai	77
4.2 lentelė. Racionalūs M grupės atsargų kiekiai.....	78
4.3 lentelė. Racionalūs L grupės atsargų kiekiai.....	79
4.4 lentelė. Užsakymų formavimas S grupės atsargų vienetams	82
4.5 lentelė. Užsakymų formavimas M grupės atsargų vienetams.....	83
4.5 lentelė. Užsakymų formavimas L grupės atsargų vienetams	84

IVADAS

Šiuolaikinėje rinkoje egzistuoja įvairaus pobūdžio įmonės, vystančios pačias įvairiausias veiklas, tačiau pagrindiniai jų tipai: gamyba ir prekyba užsiimančios bei paslaugas teikiančios įmonės. Visų tipų įmonės susiduria su žmogiškųjų išteklių bei infrastruktūros poreikiu, tačiau tiek gamybos, tiek prekybos įmonės susiduria dar ir su materialųjų išteklių poreikiu.

Šių išteklių srautas įmonių veikloje privalo būti nenutrūkstamas, siekiant užtikrinti įmonių veiklos tęstinumą. Šiuo metu ypač populiarios tampa „lieknos“ veiklos idėjos, kurios bent teoriškai turėtų padėti įmonėms didinti veiklos efektyvumą, šalinant nereikalingas darbo sąnaudas. Pažangiausios pasaulyje gamybos įmonės, tokios kaip „Toyota“, „Dell“, „Harley-Davidson“, yra įdiegusios strategiją, vadinamą „tiesiog laiku“, kurios esmė – gamybai reikalingi ištekliai yra pristatomi ten kur reikia ir tada, kai jų reikia. Žinoma, toks gamybos principas, nors ir didinantis veiklos efektyvumą, turi ir tam tikrų trūkumų: jį pritaikiusios įmonės tampa pažeidžiamos dėl galimo išteklių vėlavimo, taip pat, jei tiekimo grandinė nėra idealiai suderinta, visos papildomos sąnaudos yra perkeliamos tokių įmonių tiekėjams.

Prekybos įmonių veiklą, taikant „tiesiog laiku“ koncepciją, įsivaizduoti yra išties sunku, ypač rinkose, kuriose tokios koncepcijos nerizikuoja taikyti net ir didžiausios gamybos įmonės. Prekybos įmonės, dirbančios su daugybe klientų, susiduria su neprognozuojama paklausa ir klientų „nekantrumu“ – negavę reikiamų prekių jie gali tiesiog pasirinkti kitą prekybos įmonę, užuot laukę, kol šios prekės bus jiems pristatytos.

Siekdamos kuo geriau patenkinti klientų poreikius, įmonės privalo turėti tam tikrą kiekį atsargų, kuris apsaugotų nuo paklausos svyravimų, tačiau tuo pat metu ir nebūtų nepagrįstai didelis, nes atsargos – tai įmonės finansiniai ištekliai, įsigytų iš tiekėjų prekių pavidalu. Visada egzistuoja rizika, kad šios prekės nebus parduotos ar bus parduotos per itin ilgą laiką.

Darbo aktualumas. Atsargos yra neišvengiamos prekybos įmonėms, tačiau būtina pagrįsti jų kiekį, tinkamai įvertinus būsimą paklausą ir taip sumažinant bendrąsias išlaidas, kurias sudaro dėl atsargų trūkumo negautas pelnas (nepatenkinta paklausa) bei sandėliavimo išlaidos. Dėl nepakankamo atsargų lygio įmonė negauna pajamų, taip pat rizikuoja prarasti klientus, tačiau nepagrįstai didelis atsargų lygis reiškia įšaldytas įmonės apyvartinės lėšas, kurios gali būti panaudotos įmonės plėtrai įvairiomis kryptimis.

Darbo tikslas - parengti atsargų valdymo modelį, kurį taikant būtų galima nustatyti racionalų atsargų lygį, patikrinti šį modelį, naudojant realios statybos sektoriaus prekybos įmonės pardavimų statistiką.

Darbo uždaviniai:

- 1) Išsiaiškinti bendruosius atsargų valdymo principus, analizuojant literatūroje pateiktą bendrąją informaciją apie šią mokslo sritį.
- 2) Išanalizuoti fundamentaliąsias atsargų valdymo sistemas ir metodiką.
- 3) Nustatyti naujausias atsargų valdymo srities raidos tendencijas, analizuojant mokslinėse duomenų bazėse pateiktus šaltinius.
- 4) Atsižvelgiant į egzistuojančią atsargų valdymo metodiką, pasiūlyti patobulintą atsargų valdymo modelį.
- 5) Įvertinti pasiūlyto atsargų valdymo modelio efektyvumą, remiantis realios statybos sektoriaus įmonės veiklos rodikliais.

Tyrimo metodai. Aprašant teorinę dalį, buvo atliekama įvairių literatūros šaltinių, taip pat mokslinių duomenų bazių analizė. Tiriamojoje dalyje, atsargų klasifikavimui buvo taikomas COPRAS daugiakriterės analizės metodas.

1. BENDRIEJI ATSARGŲ VALDYMO PRINCIPAI

1.1. Tiekimo grandinė ir jos valdymas

Tiekimo grandinės valdymas, įmonių logistikos optimizavimas ir atsargų valdymas yra vienos iš aktualiausių temų pastaruoju metu, kai įmonės ieško įvairių būdų sumažinti savo veiklos sąnaudas. Įmonei aprūpinimas gamybos ar prekybai reikalingais ištekliais yra gyvybiškai svarbus, o jam sutrikus įmonė atsidurtų kritinėje padėtyje bei iškiltų grėsmė jos tikslų įgyvendinimui.

Literatūroje tiekimo grandinė apibūdinama kaip tiekėjų bei vartotojų tinklas, kuris gali apimti daugelį tiekėjų bei vartotojų lygmenų (tiekėjai turi savo tiekėjus, taigi gali būti įvardijami ir kaip pirkėjai, o pirkėjai, perparduodantys gautas prekes, tampa tiekėjais savo klientams ir t.t.), o tiekimo grandinės valdymas – kaip ryšių su tiekėjais ir klientais valdymas abiem kryptimis, sukuriant didesnę vartotojo vertę, esant mažesnėms visos tiekimo grandinės sąnaudoms (Christopher 2007).

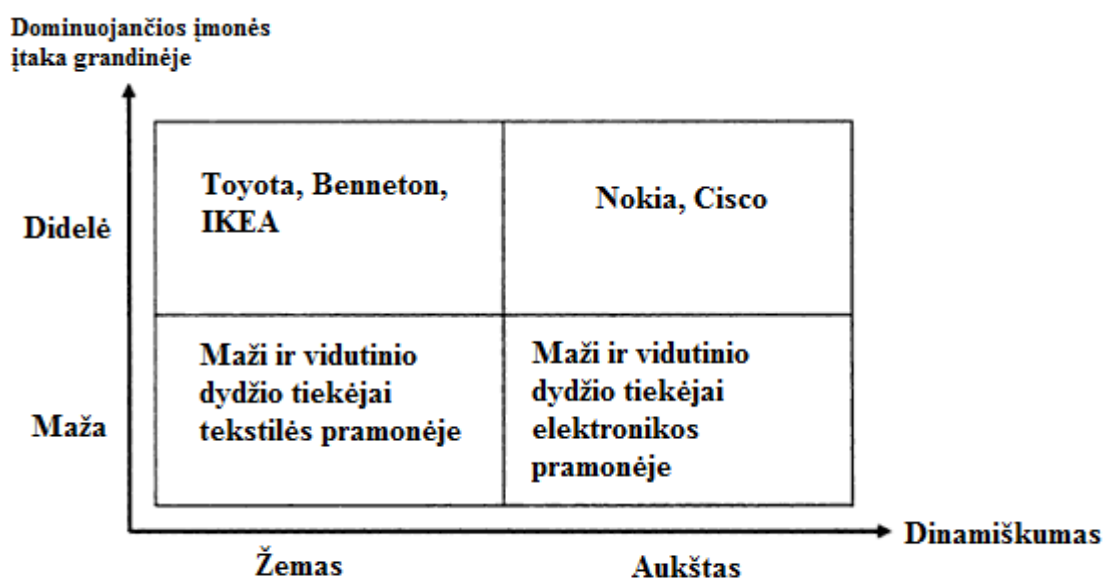
Nors yra daugybė tiekimo grandinių tipų, jas galima skirstyti į 4 kategorijas, atsižvelgiant į joms būdingas charakteristikas ir tiekimo grandinės dalyvių bendradarbiavimo lygį (Jespersen; Skjott – Larsen 2005):

- 1) Dinamiška, maža dominuojančios įmonės įtaka grandinėje: šio tipo grandinės funkcionuoja dinamiškomis sąlygomis, o dominuojančios įmonės įtaka kitiems tiekimo grandinės dalyviams yra maža. Dinamiškoms sąlygoms būdingi dažni vidinių procesų pokyčiai, kylantys dėl plataus prekių pasirinkimo ar sąlygos išorinėje rinkoje, kur gausu konkurentų, dažnai atsiranda naujų produktų. Žemas dominuojančios įmonės įtakos lygis grandinėje gali būti paaiškinamas tuo, kad įmonė tiekimo grandinėje neišsiskiria iš kitų grandinės dalyvių tiekiamos ar perkamos produkcijos apimtimis, nesiūlo inovatyvių produktų ar procesų. Šiuo atveju rekomenduojamas integruotas bendradarbiavimas, siekiant pasidalinti pelną ir riziką proporcingomis dalimis.
- 2) Dinamiška, didelė dominuojančios įmonės įtaka grandinėje: nagrinėjama įmonė daro didelę įtaką kitiems grandinės dalyviams dėl itin aukštos perkamosios galios ar plačios inovacijų pasiūlos. Tokios įmonės tampa norimais daugelio tiekėjų klientais, nes įmonės trokšta būti garsių kompanijų pagrindiniais tiekėjais (pvz., Nokia, IKEA). Esant tokiam tiekimo grandinės tipui, dominuojanti įmonė gali rinktis partnerius, su kuriais jai palankiausia bendradarbiauti, remdamasi tam tikrais kriterijais arba nurodo konkrečius reikalavimus, kuriuos jie turi atitikti.
- 3) Statiška, maža dominuojančios įmonės įtaka grandinėje: sąlygos šioje grandinėje yra stabilios, atsižvelgiant tiek į vidinius, tiek į išorinius veiksnius, pagrindinis konkurencinį

pranašumą lemiantis veiksnys yra sąnaudų efektyvumas, logistikos, kitų procesų tobulinimas, integruotų informacinių sistemų kūrimas, atsargų kiekio mažinimas bei efektyvus jų naudojimas. Tokioje tiekimo grandinėje, siekiant motyvuoti partnerius, rekomenduojama pasidalinti dalimi pasiektų sutaupymų, proporcingai kiekvieno partnerio prisiimamai rizikai. Tokių grandinių galima aptikti, pavyzdžiui, tekstilės pramonėje.

- 4) Statiška, didelė dominuojančios įmonės įtaka grandinėje: dominuojanti įmonė gali pasirinkti partnerius, atsižvelgdama į tiekimo grandinės struktūrą, taip pat didinti jos veikimo efektyvumą. Tipiškas tokioje grandinėje dalyvaujančios kompanijos pavyzdys – IKEA, kurios gaminamos produkcijos asortimentas ilgą laiką išlieka pastovus.

Tiekimo grandinių klasifikacijos pagal dominuojančios įmonės įtakos grandinėje lygį ir grandinės (rinkos) dinamiškumą schema matoma 1.1 pav..



1.1 pav. Tiekimo grandinių klasifikavimo schema (Jepersen, Skjott – Larsen 2005)

Tiekimo grandines galima analizuoti, taikant du kriterijus (Croom *et al.* 2000):

- 1) Analizės gylis:

- dipolinis lygmuo - ryšių tarp tiekėjo ir gamintojo ar gamintojo ir prekybos įmonės analizė;
- grandinės lygmuo – dipolinių ryšių sistemos, kurią sudaro tiekėjai, tiekėjų tiekėjai bei klientai ir klientų klientai, analizė;
- tinklo lygmuo – tinklo, kurį sudaro daugybė dalyvių ir operacijų tarp jų (tiek prieš srovę, tiek pasroviui), analizė.

2) Mainų objektas – objekto formos (materialūs, finansinis turtas, žmogiškieji, technologiniai ištekliai, informacija, žinios) ir jo perdavimo kitam tiekimo grandinės nariui būdo analizė.

Šiame darbe bus analizuojama tiekimo grandinė, kurią sudaro tiekėjai, prekybos įmonė ir klientai, kuriuos sieja grandine judantys materialieji, finansiniai ir informacijos srautai.

1.2. Logistika ir logistikos funkcijos

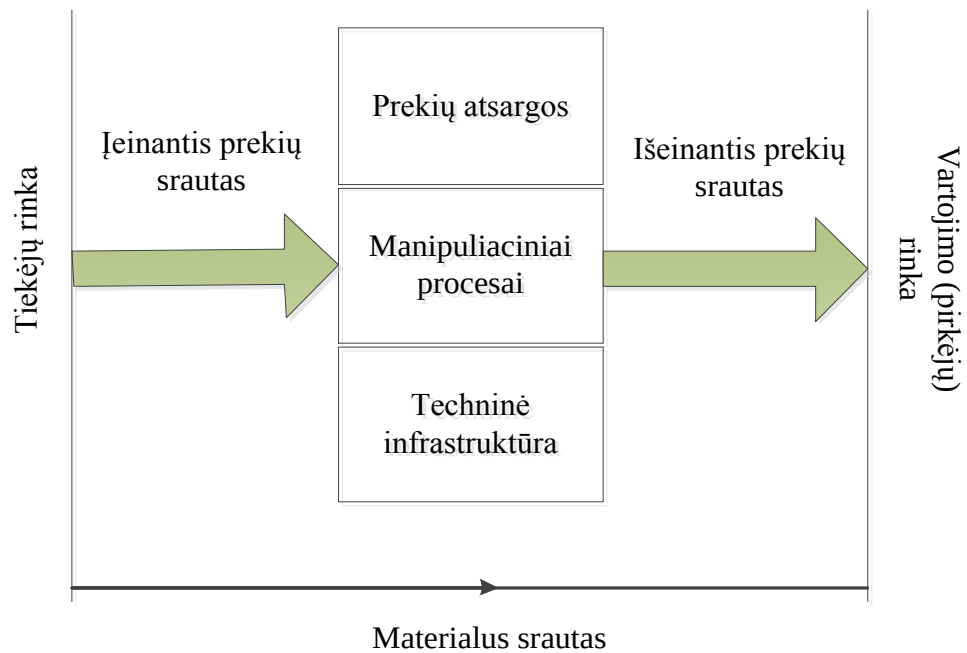
Daugelis autorių sutinka, kad tiekimo grandinė ir tiekimo grandinės valdymas yra platesnės sąvokos, nei logistika (Christopher 2007; Jepersen, Skjott – Larsen 2005; Coyle *et. al.* 2008), nes logistika dažniausiai apima konkrečios įmonės logistikos sistemos efektyvumo didinimą, o tiekimo grandinės valdymas – kartu ir išorinius bei vidinius ryšius tarp partnerių visoje tiekimo grandinėje. Logistika gali būti apibrėžta kaip strategiškai pirkimų valdymas, medžiagų, detalių ir užbaigtų daiktų sandėliavimas ir jų judėjimas kartu su susijusios informacijos srautu organizacijoje ir jos rinkodaros kanalais, rentabiliai vykdant užsakymus ir palaikant maksimalų esamą ir siekiant būsimo pelningumo (Christopher 2007), taip pat – kaip produkcijos ar medžiagų judėjimo ir laikymo koncepcija, garantuojanti didžiausią vartotojų poreikių tenkinimą (Alireza, Alagheband 2011). R. Minalga pateikia apibendrintą verslo logistikos apibrėžimą: verslo logistika – tai optimalus materialių srautų planavimas, jų realizavimas ir valdymas (Minalga 2008).

Logistiką sudaro trys pagrindiniai srautai: medžiagų, informacijos ir finansiniai (Asadi 2011). Informacijos srautai gali būti:

- 1) tiesiogiai susiję su fiziniu materialijų išteklių judėjimu (užsakymo, pristatymo informacija ir pan.);
- 2) netiesiogiai susiję su fiziniu materialijų išteklių judėjimu (informacija apie klientų poreikių patenkinimo lygį, paklausą rinkoje ir jos tendencijas).

Finansiniai srautai logistikoje būtini materialų srautų vertei nustatyti ir atsiskaityti (Minalga 2008). Finansinių srautų optimizavimas atliekamas kiekvienoje tiekimo grandinės dalyje atskirai, siekiant investuotojų interesų patenkinimo ir bendro tiekimo grandinės efektyvumo padidinimo (Comelli *et al.* 2008).

Verslo logistikos sritis, kuri užtikrina verslo aprūpinimą materialiais ištekliais – aprūpinimo logistika, kuri apibūdinama kaip veikla, susieta su įmonių aprūpinimu materialiais ištekliais, reikalingais gamybos programai įvykdyti ir eksploatacinėms reikmėms vidaus ir užsienio rinkose pasitelkus logistikos priemones (Minalga 2008). Materialaus srauto komercijos įmonėje schema pateikta 1.2 pav..



1.2 pav. Materialaus srauto prekybos įmonėje schema (Minalga 2008)

Pagrindinis logistikos tikslas – užtikrinti, kad reikiamu laiku būtų pristatytas reikiamas tinkamos kokybės prekių kiekis į reikiamą vietą (Gudehus, Kotzab 2012).

J. Coyle ir kt. (Coyle *et al.* 2008) išskiria šias pagrindines logistikos funkcijas:

- transportavimo;
- sandėliavimo ir laikymo;
- pakavimo;
- medžiagų apdorojimo;
- atsargų valdymo;
- paklausos tenkinimo;
- paklausos numatymo;
- gamybos planavimo;
- pirkimo;
- klientų aptarnavimo;
- sandėliavimo ir gamybos infrastruktūros išdėstymo vietų parinkimo;
- grąžintos produkcijos valdymo;
- atsarginių dalių tiekimo ir techninės priežiūros;
- atliekų valdymo.

Nors visos išvardintos funkcijos yra itin svarbios, siekiant efektyvesnio įmonės darbo ir lėšų naudojimo, tačiau šiame darbe koncentruojamasi į atsargų valdymo ir paklausos numatymo bei tenkinimo funkcijas.

1.3. Vartotojų poreikių tenkinimas

Nepaisant to, kad logistika turi padėti organizacijai siekti savo tikslų, tiekimo grandinė, atskirų jos partnerių logistinės sistemos bei jų funkcijos taip pat privalo būti suderinti taip, kad būtų kuo geriau tenkinami vartotojų poreikiai. Siekiant šio tikslo, gali būti taikomos įvairios priemonės, pavyzdžiui, integruojamos tiekimo grandinės (Lam; Ip 2011). Geresnis vartotojų poreikių tenkinimas suteikia įmonei konkurencinį pranašumą, kurį galima išreikšti (1.1) formule (Christopher 2007):

$$\text{Tiekėjo konkurencinis pranašumas} = \frac{\text{Kokybė} \times \text{Aptarnavimas}}{\text{Išlaidos} \times \text{Laikas}} \quad (1.1)$$

Šios formulės nariai apibrėžia kliento gautų prekių kokybę, aptarnavimo lygį, išlaidas vartotojo požiūriu (sandorio išlaidos, eksploatavimo trukmės išlaidos) bei laiką, per kurį reaguojama į vartotojo poreikius (pristatymo laiką).

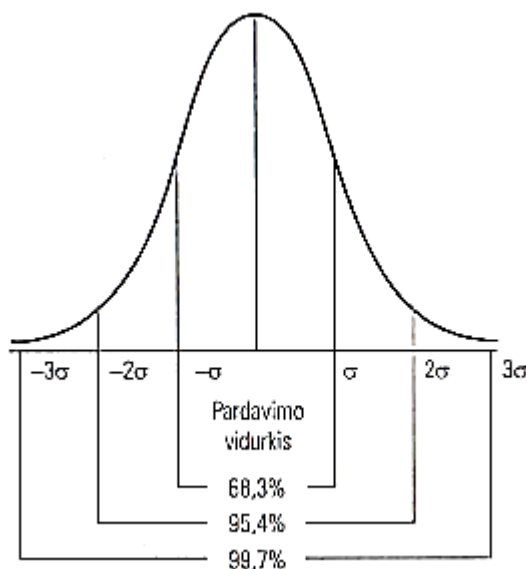
Klientus, atsižvelgiant į reakciją nepatenkinus jų poreikių, galima skirstyti į dvi kategorijas (Bejaafar *et al.* 2010):

- 1) kantrieji, kurių užsakymai, jų neįvykdžius, atidedami ir klientai laukia užsakymo įvykdymo, kad ir kiek ilgai tai užtruktų;
- 2) nekantrieji, kurių užsakymai, jų neįvykdžius, iš karto atšaukiami ir prarandami.

Dažniausiai pasitaikanti situacija - kai klientai gali laukti, bet tik ribotą laiką.

Klientus klasifikuoti galima ir pagal įmonei teikiamą pelną, daugelis autorių vieningai teigia, kad šiuo atveju galioja Pareto dėsnis: 80 % pelno duoda 20 % klientų (Christopher 2007; Capon, Hulbert 2007; Kruger 2012).

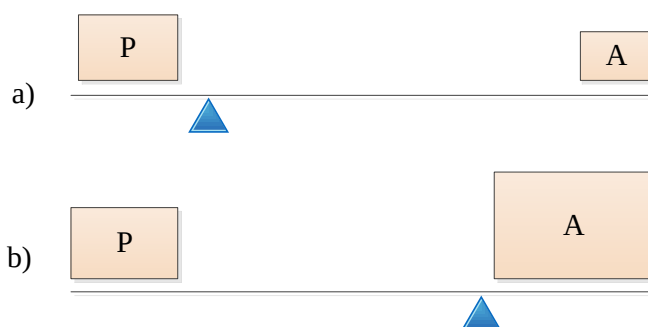
Klientų klasifikavimas yra vienas iš būdų aptarnavimo lygiui nustatyti. Aptarnavimo lygis bendru atveju gali būti apibrėžiamas kaip klientų poreikio patenkinimas arba paklausos patenkinimo lygis. 1.3 pav. pavaizduota normaliojo pasiskirstymo kreivė, atitinkanti paklausos atvejų tikimybių pasiskirstymą, kurį galima sieti su aptarnavimo lygiu: prekių atsargoms atitinkant pardavimų vidurkį, aptarnavimo lygis yra 50 %. Norint pasiekti 99 % aptarnavimo lygį, reikia palaikyti atsargų lygį, nuo pardavimų vidurkio ($\bar{x}$) esantį atstumu 3σ , o dėl to, žinoma, labai išaugtų atsargų įsigijimo ir laikymo išlaidos ir į tai reikėtų atsižvelgti, pasirenkant atitinkamą aptarnavimo lygmenį: parenkant lygmenis konkrečioms prekių grupėms ar konkretiems klientams.



1.3 pav. Pardavimo lygio išsidėstymo nustatytose ribose tikimybė (Christopher 2007)

1.4. Klientų poreikių prognozavimas

Kad būtų galima kokybiškai tenkinti klientų poreikius, būtina juos prognozuoti. Prognozavimas, ypač prekybos įmonėse, yra būtinas, nes klientai dažniausiai savo poreikių neįvardija, o priversti juos tai padaryti nėra galimybių dėl klientų dominuojančios padėties rinkoje (Saxena 2009). 1.4 pav. pateikta situacijos iliustracija: paklausos ir atsargų santykis, atsižvelgiant į informacijos apie paklausą operatyvumą. Šiame paveiksle situacija pavaizduota, remiantis paprastojo sverto principu, o atrama atitinka informaciją apie planuojamą paklausą, klientų įsipareigojimus. Matoma, kad informaciją maksimaliai priartinus prie paklausos, užtenka turėti nedidelį kiekį atsargų, kad paklausa būtų patenkinta (1.4 pav., a), o informacijai (atramos taškui) maksimaliai nutolus nuo paklausos, turi būti palaikomas labai didelis atsargų kiekis. Norint sumažinti su atsargomis susijusias išlaidas, reikėtų šį svertą subalansuoti, tačiau realiomis rinkos sąlygomis tai padaryti labai sunku dėl anksčiau minėtų priežasčių.



1.4 pav. Atsargų ir paklausos balansavimas (pagal Christopher 2007)

Norint prognozuoti paklausą, reikia pirmiausia išsiaiškinti jos pobūdį. Paklausa skirstoma į 2 pagrindines grupes (Wisner *et al.* 2008):

- 1) priklausoma paklausa: produktų dalių, priklausomų nuo galutinių produktų, kuriuose jos yra naudojamos, paklausa. Šio tipo paklausos pokyčius lemia pagrindinio produkto paklausos pokyčiai.
- 2) nepriklausoma paklausa – galutinių produktų paklausa, kurios pokyčius lemia rinkos tendencijos, sezoniškumas, bendrosios sąlygos rinkoje.

Taip pat paklausa pagal jos prognozuojamumą gali būti skirstoma į deterministinę – tai iš anksto nustatytais terminais suderintas prekių poreikis, pristatomas be papildomų uždelsimų ir stochastinę – kai poreikis nėra žinomas iš anksto (Chen, Xu 2010). Pabrėžtina, kad dažniausiai prekybos įmonės susiduria su stochastinio pobūdžio paklausa, tačiau skaičiavimams supaprastinti, apskaičiuojant kai kuriuos atsargų valdymo sistemos rodiklius, stochastinė paklausa prilyginama deterministinei (Axsäter 2006).

1.5. Atsargos ir jų būtinumą lemiantys veiksniai

Daugelis autorių pabrėžia, kad dėl neapibrėžtumų, kylančių numatant paklausą, bei kitų veiksnių dauguma įmonių laiko prekių atsargas. Atsargų sudarymo būtinumą įmonėje lemiantys veiksniai (Minalga 2008, p. 49-50):

- *tarptautiniai aprūpinimo šaltiniai;*
- *paklausos ir pasiūlos subalansavimo galimybė;*
- *sezoninis poreikių kai kurioms medžiagoms svyravimas;*
- *nuolaidos perkant didelius medžiagų kiekius;*
- *spekuliacija;*
- *užsakymų gabenimo ir sandėliavimo sąnaudų sumažinimas;*
- *pristatymo grafikų pažeidimo tikimybė;*
- *išlaidų, tenkančių produkcijos vienetui pagaminti, mažinimas;*
- *galimybė tolygiai vykdyti gamybos ir paskirstymo operacijas;*
- *galimybė greitai aptarnauti klientus;*
- *gamybos prastovų mažinimas dėl atsarginių dalių stygiaus.*

R. Minalga taip pat pateikia tokią atsargų klasifikaciją (Minalga 2008, p. 51):

- *gamybinės atsargos – atsargos, kurių turi visų ūkio šakų gamybos srities įmonės ir kurios yra skirtos gamybai;*
- *prekinės atsargos – pagamintos produkcijos atsargos, esančios įmonės gatavos produkcijos sandėlyje arba yra gabenamos iš gamyklos į vartojimo vietas;*

- *einamosios atsargos – pagrindinė gamybinių ir prekinų atsargų dalis, užtikrinanti gamybos arba realizacijos procesų nepertraukiamą tęstinumą. Jų dalis nuolat kinta;*
- *draustinės atsargos – skirtos užtikrinti nepertraukiamus gamybos arba realizacijos procesus, esant nenumatytoms aplinkybėms (sutrikus pristatymų periodiškumui ir laikui, neatitikus pristatomų partijų dydžiams ar susidarius nenumatytiems kiekio pokyčiams);*
- *sezoninės – sudaromos, esant sezoninei gamybai, vartojimui ar gabenimui;*
- *pereinamosios – materialių išteklių likučiai ataskaitinio periodo pabaigoje;*
- *paruošiamosios – dalis gamybinių atsargų, kurias prieš naudojant reikia papildomai paruošti;*
- *nelikvidžios – ilgą laiką nenaudojamos gamybinės arba prekinės atsargos;*
- *tranzitinės atsargos – atsargos, kurios apskaitos metu yra gabenamos;*
- *spekuliacinės atsargos – atsargos, kurios apskaitos metu yra gabenamos;*
- *spekuliacinės atsargos – atsargos, įsigyjamos tikintis gauti tam tikrą naudą (brangiau parduoti ir pan.).*

Ypač aktualios yra einamosios atsargos ir draustinės atsargos, kurios padeda amortizuoti paklausos nepastovumą bei išvengti prekių trūkumų, kilusių dėl įvairių nenumatytų aplinkybių (tiekėjo, transporto kompanijų kaltės ir pan.).

1.6. Atsargų valdymas ir jo tikslai

Atsargų valdymui įmonėje turi būti skiriama daug dėmesio, tai yra viena iš logistikos funkcijų. Atsargų valdymas gali būti apibrėžtas kaip atsargų, kurias sudaro nebaigta, užbaigta produkcija, taip pat žaliavos, valdymo procesas, kuris, jei tinkamai kontroliuojamas, gali sumažinti įmonės išlaidas ir padidinti pelną (Saxena 2009).

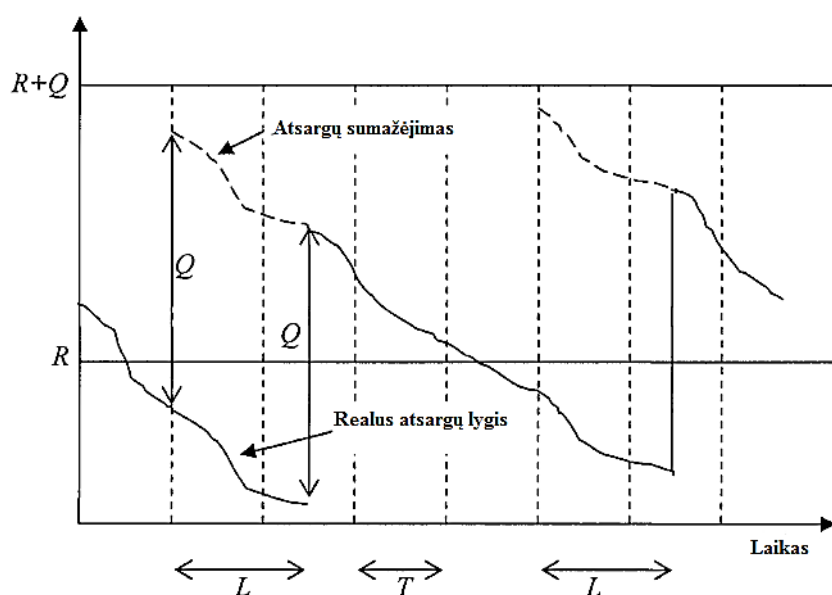
Atsargų valdymo tikslas yra subalansuoti kelis iš pirmo žvilgsnio nesuderinamus uždavinius: laikyti pakankamai žemą atsargų lygį, kad nebūtų įšaldoma pernelyg daug įmonės apyvartinių lėšų, bet kartu turėti pakankamą atsargų kiekį, kad būtų galima tenkinti vartotojų poreikius, išlaikant aukštą aptarnavimo lygį (Axsäter 2006), kitaip tariant, atsargų valdymo tikslas – optimizuoti tris rodiklius (Saxena 2009):

- klientų aptarnavimo lygį;
- su atsargomis susijusias išlaidas;
- operacijų sąnaudas.

1.7. Atsargų valdymo sistemos

Siekiant optimizuoti atsargų valdymą įmonėje, yra pasirenkama atsargų valdymo sistema. Skiriamos dvi pagrindinės sistemos (Axsäter 2006):

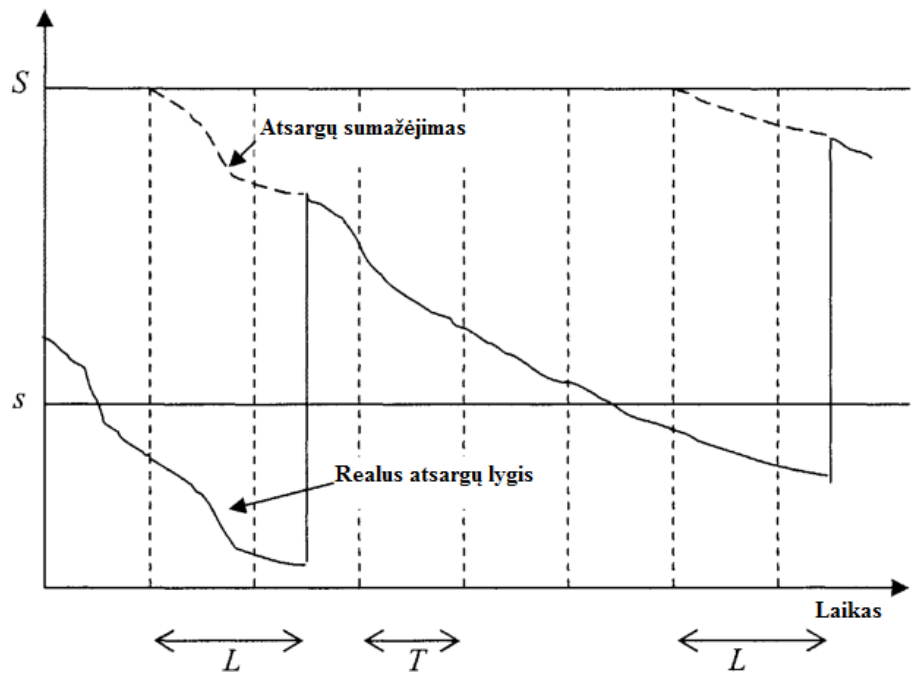
- 1) (R, Q) sistema (1.5 pav.) – atsargų lygiui nukritus žemiau nustatyto pakartotinio užsakymo taško R, užsakomas iš anksto nustatytas prekių kiekis Q (jei atsargų lygis yra itin žemas, gali tekti užsakyti daugiau atsargų, siekiant išlaikyti atsargų lygį virš nustatyto žemiausio lygio R).



L – atsargų papildymo laikas;
Q – fiksuotas užsakymo dydis;
T – laiko intervalas tarp periodinių peržiūrų;
R – žemiausias leistinas atsargų lygis iki užsakymo.

1.5 pav. (R, Q) valdymo sistema, esant pastoviai paklausai ir periodinei peržiūrai (Axsäter 2006)

- 2) (s, S) valdymo sistema (1.6 pav.): atsargų lygiui pasiekus žemiausią leistiną iki užsakymo ribą s, pateikiamas užsakymas prekių kiekiui, kuris reikalingas nustatytam maksimaliam atsargų lygiui S pasiekti.



S – iš anksto nustatytas maksimalus atsargų lygis;
s – mažiausias leistinas atsargų lygis iki užsakymo pateikimo;
L – atsargų papildymo laikas;
T – laiko intervalas tarp periodinių peržiūrų.

1.6 pav. (s, S) atsargų valdymo sistema, esant pastoviai paklausai ir periodinei peržiūrai (Axsäter 2006)

Taip pat įmanomos įvairios šių atsargų valdymo sistemų modifikacijos.

Vienas paprasčiausių metodų nustatyti optimalų fiksuotą užsakymo kiekį Q – optimalaus užsakymo kiekio arba optimalios užsakymo siuntos apskaičiavimas, taikant (1.2) formulę:

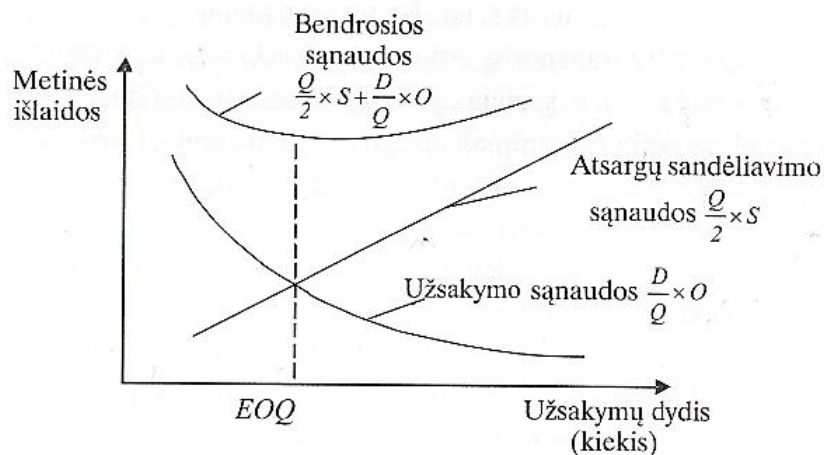
$$Q = \sqrt{\frac{2D \cdot O}{s}}; \quad (1.2)$$

čia D – metinis poreikis;

S – vieno atsargos vieneto metinės sandėliavimo sąnaudos;

O – vieno užsakymo paruošimo ir transportavimo sąnaudos.

Grafiškai šios formulės reikšmė pavaizduota 1.7 pav.: bendrąsias su atsargomis susijusias sąnaudas sudaro atsargų sandėliavimo ir užsakymo sąnaudos. Mažiausios sąnaudos (ekonominis užsakymo dydis) bus pasiektos, kai užsakymo sąnaudos bus lygios sandėliavimo sąnaudoms.



1.7 pav. Optimali užsakymo siunta (Minalga 2008)

Vienas pažangiausių atsargų valdymo modelių – „tiesiog laiku“ (*Just-in-time, JIT*) – tai modelis, ženkliai sumažinantis atsargų svarbą, pristatant prekes ar medžiagas į reikiamą vietą reikiamu laiku (DuBrin 2008). Taikant šį modelį, siekiama pašalinti tiekimo grandinėje susidarančias atliekas, laikantis lieknos veiklos principų: gaminių perteklių, laukimo laiką ir nereikalingas atsargas. Tokio modelio diegimas pagrįstas trumpais gamybos terminais, itin dideliu atsargų apyvartumu, tiekimo grandinės integracija ir aukštu veiksmų koordinavimu bei sinchronizavimu. Pritaikius šį modelį, jį būtina nuolat tobulinti, siekiant geriausio rezultato.

Atsargų valdymo modelio pasirinkimą paprastai diktuoja paklausos pobūdis, nes pati svarbiausia užduotis, nustatant reikiamą atsargų lygį – teisingai įvertinti būsimą paklausą. Paprastai, klientams nepateikus būsimų poreikių, vienintelis būdas paklausai įvertinti – praėjusių laikotarpių paklausos (pardavimų) analizė arba istorinių duomenų ekstrapoliacija. Reikėtų pabrėžti skirtumą tarp paklausos ir pardavimų – paklausa apima ir nepatenkintą paklausą, atsiradusią dėl prekių trūkumo tam tikru metu, o pardavimai rodo tik faktinį parduotų prekių kiekį.

Skiriami 3 pagrindiniai paklausos modeliai (Axsäter 2006):

- 1) Pastoviosios paklausos modelis: paprasčiausias modelis, taikomas, kai paklausa atskirais laikotarpiais, kurią charakterizuoja nepriklausomi atsitiktiniai nuokrypiai nuo vidurkio, yra pakankamai pastovi, atsižvelgiant į nuokrypius. Modelį galima užrašyti (1.3) formule

$$x_t = a + \varepsilon_t; \quad (1.3)$$

čia x_t – paklausa laiko periodu t ;

a – paklausos vidurkis (kintantis nedaug);

ε_t – nepriklausomas atsitiktinis nuokrypis, kurio vidurkis lygus nuliui.

Tai plačiausiai taikomas modelis, ypač prekėms, pasiekusioms savo brandos stadiją.

- 2) Tendencingos paklausos modelis: jei galima daryti prielaidą, kad paklausa sistemingai auga ar mažėja, galima taikyti modelį, išreikštą (1.4) formule.

$$x_t = a + b \cdot t + \varepsilon_t; \quad (1.4)$$

čia a – ankstesnių laikotarpių vidutinė paklausa;

b – tendencija, rodanti sistemingą paklausos augimą ar mažėjimą (paklausos kitimo tempas nedidelis).

Modelis taikomas dažniausiai prekių įvedimo į rinką ir augimo stadijose, taip pat nuosmukio stadijoje, gyvavimo ciklo pabaigoje.

- 3) Sezoninių tendencijų modelis: taikomas, jei numatoma, kad paklausa tam tikru laikotarpiu bus didesnė, nei praėjusiais laikotarpiais (gali būti taikoma, pvz., ledų paklausos modeliavimui). Modelis gali būti išreikštas (1.5) formule.

$$x_t = (a + b \cdot t) \cdot F_t + \varepsilon_t; \quad (1.5)$$

čia F_t – sezoniškumo koeficientas laiko periodu t .

Modelis gali būti taikomas tik jei tokia pati tendencija kartojasi daugelį metų iš eilės.

Įvertinant paklausą, reikia atsižvelgti į stochastinę (tikimybinę) jos prigimtį. Paklausai nustatyti galima taikyti tikimybinius skirstinius – Puasono, logaritminį, geometrinį, tačiau dėl taikymo paprastumo ir kitų ypatybių dažniausiai naudojamas normalusis (Gauso) skirstinys.

Netinkamai įvertinus paklausą ar apskritai pasirinkus netinkamą atsargų valdymo modelį, neefektyviai jį įgyvendinant, atsiranda atsargų trūkumo rizika, perteklinių atsargų rizika, dėl kurios dalis sukauptų atsargų gali pasenti ir jas parduoti bus itin sunku, taip pat gali iškilti įmonės apyvartinių lėšų stokos problema, jei pernelyg daug jų bus įšaldyta atsargose.

2. ATSARGŲ VALDYMO METODIKŲ ANALIZĖ

2.1. Klasikinių atsargų valdymo metodikų analizė

Šis poskyris parengtas, remiantis E. Kopytovo ir T. Grenglazo knyga „Atsargų valdymo principai“ (Гринглаз, Копытов 2002).

Atsargų kiekis įmonėje turi būti optimalus, nes didelis atsargų kiekis – tai įšaldytos lėšos, papildomos sandėliavimo sąnaudos, tačiau mažesnis laikomų atsargų kiekis reiškia dažnesius užsakymus, o tuo pačiu ir išaugusias užsakymo išlaidas bei padidėjusią prekių trūkumo riziką. Pagrindinis atsargų valdymo uždavinys – rasti optimalų tašką, kuriame suminės išlaidos, kurias sudaro atsargų laikymo ir užsakymo išlaidos, būtų mažiausios.

Tam reikia sukurti matematinį modelį. Matematinis modelis – tai virtualus objekto ar įvykio vaizdas. Šis vaizdas dažniausiai nėra visiškai užbaigtas, nes ne visada pavyksta užtikrinti modelio ir realaus objekto visišką panašumą.

Matematinio modelio kūrimą sudaro 4 etapai: pirmojo etapo metu identifikuojamos objekto sudedamosios dalys, nustatomi ryšiai tarp jų tam, kad būtų galima nustatyti, kurios objekto ypatybės ir elementai yra svarbiausi, o į kuriuos atsižvelgti nėra būtina. Pavyzdžiui, sprendžiant atsargų valdymo problemą, svarbūs elementai yra prekių kaina, jų transportavimo, sandėliavimo kaina, tačiau prekių spalva ar gamintojo pavadinimas nėra svarbūs ir į juos atsižvelgti nebūtina.

Toliau daromos prielaidos: pavyzdžiui, jei paklausos svyravimai yra nedideli, galima daryti prielaidą, kad paklausa yra pastovi.

Tam tikrų objekto ar įvykio elementų įtaką modeliui gali būti sunku įvertinti – tai padaryti galima tik analizuojant jau suformuotą matematinį modelį.

Antrasis etapas – užrašyti pirmame etape nustatytus elementus ir jų sąveiką matematiniais simboliais. Gaunama matematinių lygčių sistema ir matematinis proceso modelis. Pavyzdžiui, paprasčiausios atsargų valdymo problemos atveju modelis bus lygtis, siejanti užsakymo ir atsargų saugojimo išlaidas tam tikru laiko momentu, vieno užsakymo dydį.

Trečiasis etapas – matematinių priklausomybių analizė, atsakymų į klausimus, kurie lėmė modelio kūrimą, paieška. Pavyzdžiui, atsargų valdymo modeliuose svarbiausia apibrėžti optimalų užsakymo dydį. Kartu modelio analizė atsakys ir į daugelį kitų klausimų: kaip dažnai turi būti vežamos prekės, kokie bus prekių užsakymo ir sandėliavimo išlaidos ir pan.

Ketvirtasis etapas – rezultatų, gautų taikant matematinį modelį, palyginimas su realia situacija. Jei rezultatai labai skiriasi, reikia ieškoti tai lėmusių priežasčių ir sukurti detalesnį modelį, atsižvelgiant į papildomą informaciją.

Išskiriami du objektus ir įvykius aprašančių modelių tipai: kai juos sudarantys elementai nėra atsitiktiniai dydžiai, modeliai vadinami deterministiniais. Priešingu atveju, modelis bus stochastinis. Kalbant apie atsargų valdymo modelius, šiuo požiūriu juos pirmiausia apibrėžia paklausa. Modeliai yra statiniai, jei juos apibrėžiantys parametrai yra nepriklausomi laiko atžvilgiu ir dinaminiai priešingu atveju.

Aptariant bazinį deterministinį atsargų valdymo modelį, žinomi tokie dydžiai: metinė produkto paklausa D , metiniai vieno prekės vieneto sandėliavimo išlaidos C_H ir užsakymo išlaidos C_O .

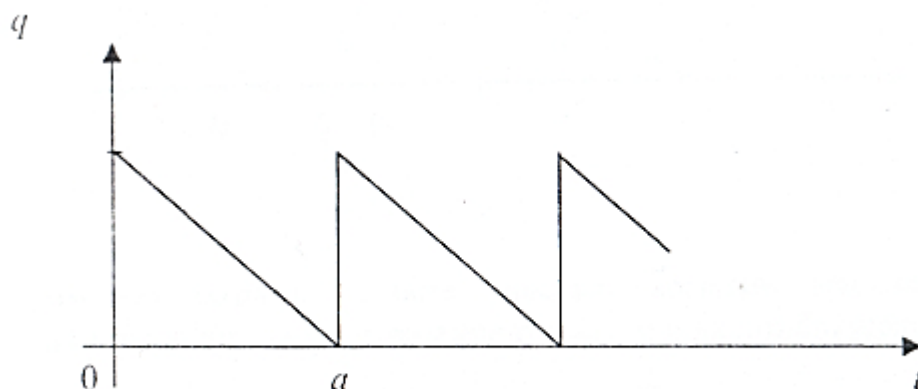
Sandėliavimo išlaidas C_H sudaro sandėliavimo patalpų nuoma, lėšų įšaldymo išlaidos. Užsakymo išlaidas C_O sudaro prekių transportavimo išlaidos (taip pat pakrovimo, iškrovimo išlaidos), taip pat užsakymo formavimo išlaidos.

Kuo daugiau užsakoma prekių, tuo didesnės išlaidos, susijusios su prekių laikymu ir tuo mažesnės išlaidos, susijusios su prekių užsakymu, todėl atsargų valdymo modelių uždavinys – rasti tokį užsakomų prekių kiekį, kad suminės išlaidos, kurias sudaro sandėliavimo ir užsakymo išlaidų visuma, būtų minimalios.

Kuriant bazinį, elementarųjį atsargų valdymo modelį, daromos tokios prielaidos:

- prekių paklausa (D) yra pastovi;
- prekių trūkumas nėra leidžiamas;
- visas užsakytas prekių kiekis atvyksta laiko momentu, kai atsargų lygis pasiekia nulį;
- užsakymo išlaidos nepriklauso nuo užsakymo dydžio;
- prekių laikymo išlaidos yra proporcingos laikomų prekių kiekiui q ir sandėliavimo laikui t : $C_H \cdot q \cdot t$.
- nagrinėjamas laikotarpis pakankamai ligas;
- kiekvieno užsakymo vertė yra tokia pati.

2.1 pav. vaizduojamas atsargų lygio kitimas laiko t atžvilgiu.



2.1 pav. Atsargų lygio q kitimas laiko (t) atžvilgiu (Гринглаз, Копытов 2002)

Modelio tikslas – susieti bendrąsias išlaidas su užsakomų prekių kiekiu. Šiame ir kituose modeliuose naudojami tokie dydžiai:

TC_H – prekių laikymo metinės išlaidos;

TC_O – metinės prekių užsakymo išlaidos;

TC – suminės metinės užsakymo ir prekių laikymo išlaidos, apskaičiuojamos pagal (2.1) formulę.

$$TC = TC_O + TC_H. \quad (2.1)$$

Q – vieno užsakymo prekių kiekis;

n – užsakymų skaičius per metus;

a – vieno ciklo trukmė (metais), t.y. laikotarpis nuo vieno prekių pristatymo iki kito, apskaičiuojamas pagal (2.2) formulę.

$$a = \frac{1}{n}. \quad (2.2)$$

Bendrąsias metines prekių užsakymo išlaidas galima apskaičiuoti pagal 2.3 formulę.

$$TC_o = C_o \cdot n. \quad (2.3)$$

Užsakymų skaičius per metus lygus metiniam prekių poreikiui D , padalintam iš vieno užsakymo dydžio Q (2.4).

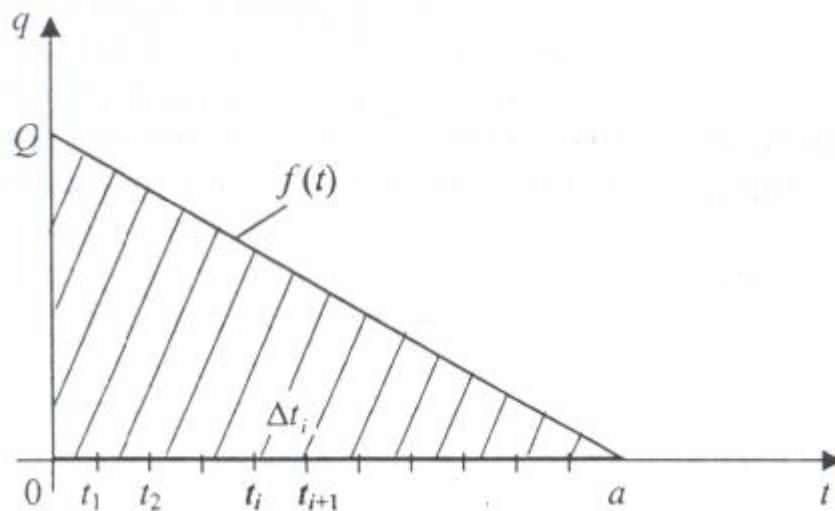
$$n = \frac{D}{Q}. \quad (2.4)$$

Taip gaunama galutinė suminių prekių užsakymo išlaidų išraiška (2.5).

$$TC_o = C_o \cdot \frac{D}{Q}. \quad (2.5)$$

Prekių kiekis sandėlyje nuolat mažėja ir į tai reikia atsižvelgti, apskaičiuojant bendrąsias prekių laikymo išlaidas. Tam užsakymo ciklas a yra padalinamas į mažus laiko intervalus, nagrinėjamas laiko intervalas Δt_i (2.2 pav.), kuris yra nykstamai mažas, todėl per šį laikotarpį atsargų lygis pasikeis labai nežymiai ir daroma prielaida, kad jis išliks pastovus. Atsargų kiekis laiko momentu t_i lygus $q_i = f(t_i)$ ir atsargų laikymo išlaidos per laikotarpį Δt_i bus lygios (2.6).

$$C_H \cdot q_i \cdot \Delta t_i = C_H \cdot f(t_i) \cdot \Delta t_i. \quad (2.6)$$



2.2 pav. Atsargų lygio kitimo $q = f(t)$ vieno ciklo metu grafikas (Гринглаз, Копытов 2002)

Atsargų laikymo išlaidos vieno ciklo metu apskaičiuojamos, sudėjus visus laikotarpius, skaičiavimui naudojama (2.7) formulė.

$$TC_{H[0;a]} \approx \sum_i C_H \cdot f(t_i) \cdot \Delta t_i = C_H \cdot \sum_i f(t_i) \cdot \Delta t_i. \quad (2.7)$$

Kuo mažesni laiko intervalai, tuo tiksliau apskaičiuojamos išlaidos, taigi tiksli atsargų laikymo vieno ciklo metu vertė apskaičiuojama kaip apytikslės jų išraiškos ribinė vertė, kai laiko intervalai Δt_i artėja prie nulio (2.8).

$$TC_{H[0;a]} \approx \lim_{t \rightarrow 0} C_H \cdot \sum_i f(t_i) \cdot \Delta t_i = C_H \cdot \lim_{t \rightarrow 0} \sum_i f(t_i) \cdot \Delta t_i = C_H \int_0^a f(t) dt. \quad (2.8)$$

Geometrinė šio integralo prasmė – plotas po funkcijos $f(t)$ grafiku, t.y. užbrūkšniuoto trikampio plotas (2.2 pav.). Šis plotas apskaičiuojamas, taikant (2.9) formulę.

$$\int_0^a f(t) dt = S_{\Delta} = \frac{1}{2} Q \cdot a. \quad (2.9)$$

Pertvarkius lygtį, gaunama (2.10) formulė.

$$TC_{H[0;a]} = C_H \cdot \frac{1}{2} Q \cdot a. \quad (2.10)$$

Per metus yra n atsargų atnaujinimo ciklų, todėl vieno ciklo trukmė lygi:

$$a = \frac{1}{n}. \quad (2.11)$$

Esant n ciklų, atsargų laikymo išlaidų metinė suma apskaičiuojama, taikant (2.12) formulę.

$$TC_H = TC_{H[0;a]} \cdot n = C_H \cdot \frac{1}{2} \cdot Q \cdot a \cdot n = C_H \cdot \frac{1}{2} \cdot Q \cdot \frac{1}{n} \cdot n = C_H \cdot \frac{1}{2} \cdot Q = C_H \cdot \frac{Q}{2}. \quad (2.12)$$

Ciklo pradžioje atsargų lygis yra Q , pabaigoje – 0, todėl apskaičiuojant sandėliavimo išlaidas įvertinama vidutinė atsargų dydžio reikšmė $\frac{Q}{2}$.

Galutinė bendrųjų išlaidų išraiška yra tokia:

$$TC = TC_O + TC_H = C_O \cdot \frac{D}{Q} + C_H \cdot \frac{Q}{2}. \quad (2.13)$$

Formulė (2.13) yra elementariausios atsargų valdymo problemos matematinis modelis.

Turint matematinį modelį, galima rasti optimalų užsakymo kiekį Q , kuris užtikrins minimalią bendrųjų išlaidų reikšmę. Ji apskaičiuojama prilyginus suminių išlaidų formulės išvestinę nuliui (2.14).

$$TC' = C_O \cdot D \left(-\frac{1}{Q^2} \right) + \frac{C_H}{2} = 0. \quad (2.14)$$

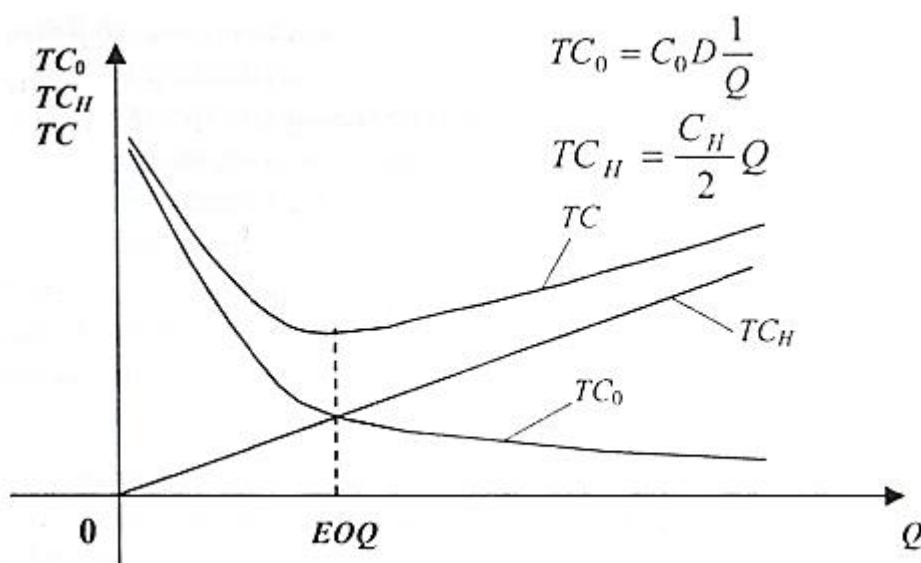
Iš (2.14) formulės gauname sąlygą atitinkantį optimalų užsakymo dydį (2.15)

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot C_O \cdot D}{C_H}}. \quad (2.15)$$

Gauta išraiška – optimalus užsakymo dydis, dar vadinamas ekonominiu užsakymo dydžiu (*Economic Order Quantity – EOQ*)

Taikant šį modelį, taip pat galima apskaičiuoti metinį užsakymų skaičių, užsakymo sąnaudas TC_0 , sandėliavimo išlaidas TC_H , bendrąsias išlaidas TC .

Esant mažam užsakymo dydžiui, užsakymo išlaidos gali būti ženkliai didesnės už sandėliavimo išlaidas, priešingu atveju – esant dideliems užsakymų kiekiam, sandėliavimo išlaidos gali būti daug didesnės už užsakymo išlaidas – tai matoma, atidėjus grafike bendrąsias sandėliavimo, užsakymo išlaidas ir bendrąsias išlaidas (2.3 pav).

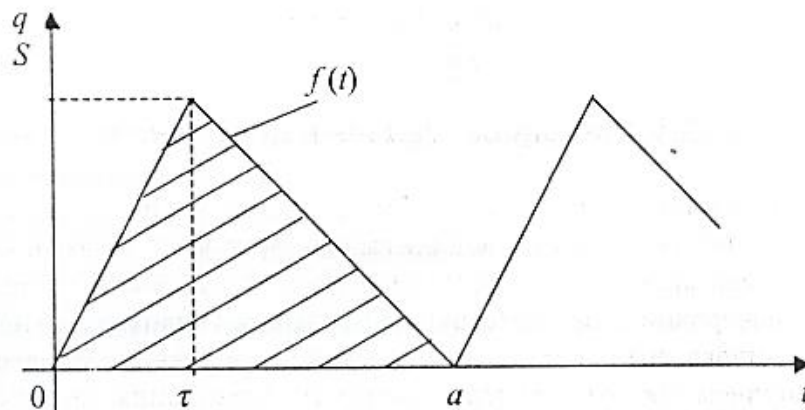


2.3 pav. Užsakymo, sandėliavimo ir bendrųjų išlaidų grafikas (Гринглаз, Копытов 2002)

2.3 pav. matoma, kad bendrosios išlaidos bus mažiausios taške, kuriame užsakymo ir atsargų laikymo išlaidos yra lygios ($TC_H = TC_0$)

Taip pat įrodyta, kad ties EOQ tašku užsakymo dydžio pokyčiai turi labai mažą įtaką bendrosioms išlaidoms.

Galima modifikuoti prieš tai aprašytą modelį, atsisakant prielaidos, kad visas užsakytas prekių kiekis pristatomas vienu metu. Prekės gali būti nuolat pristatomos tam tikru intensyvumu, kuris dėl prekių deficito negalimumo prielaidos yra didesnis už paklausą, iki tam tikro lygio, tada atsargos pilnai sunaudojamos ir ciklas prasideda iš naujo. Šis modelis vadinamas išskirstyto pristatymo modeliu. Tokio modelio atsargų lygio kitimo laiko atžvilgiu grafikas pavaizduotas (2.4 pav).



S – didžiausias
atsargų kiekis;
 τ – pilno pristatymo
laikas;
 a – vieno ciklo
trukmė.

2.4 pav. Išskirstyto pristatymo metodo atsargų lygio kitimo laiko atžvilgiu grafikas (Гринглаз, Копытов 2002)

Didžiausias atsargų kiekis S susidaro per laiką τ ir yra lygus skirtumui tarp atsargų pildymo intensyvumo I ir paklausos intensyvumo D (2.16).

$$S = (I - D) \cdot \tau. \quad (2.16)$$

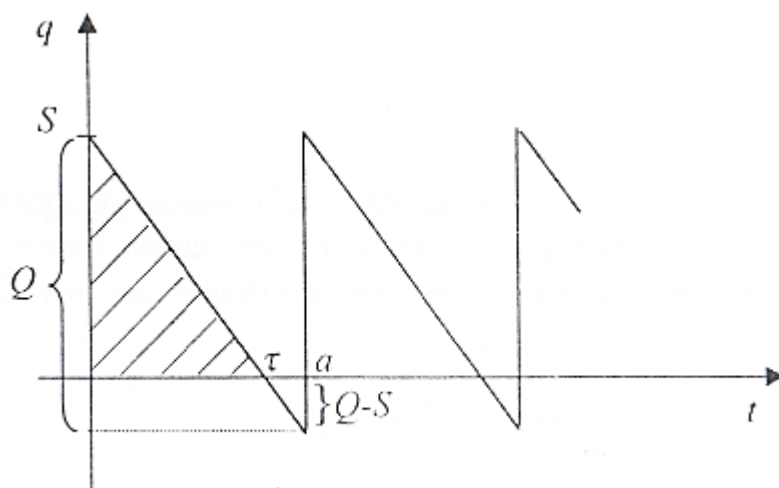
Išvestinė bendrųjų išlaidų formulė išskirstyto pristatymo modeliui aprašyti:

$$TC = C_O \cdot \frac{D}{Q} + C_H \frac{(I-D) \cdot Q}{2I}. \quad (2.17)$$

Žinant (2.17) formulę, galima apskaičiuoti optimalų užsakymo dydį (modelyje užsakymo dydis Q – bendras vieno ciklo metu atvežtas atsargų kiekis), užsakymo, laikymo, bendrąsias (sumines) išlaidas, didžiausią atsargų lygį, pristatymo trukmę, ciklo trukmę.

Išrodyta, kad taikant šį modelį suminės išlaidos yra mažesnės, nei taikant pradinį modelį, tačiau tik esant tam tikroms sąlygoms. Išlaidų grafikas šiam modeliui atrodo panašiai, kaip ir baziniam modeliui.

Abiejuose modeliuose galioja ta pati prielaida – prekių trūkumas nėra galimas. Egzistuoja dar vienas modelis, kuriame ši prielaida negalioja. Tiesa, taikant tokį metodą, dėl prekių trūkumo galimi nuostoliai, prarastas pelnas, baudos ir pan. Šie nuostoliai modelyje apibrėžiami dydžiu C_{sh} – trūkumų išlaidos prekės vienetui per laiko vienetą. Modelio atsargų lygio kitimo laiko atžvilgiu grafikas matomas 2.5 pav.



S – atvežtas prekių kiekis, taip pat – didžiausias atsargų lygis sandėlyje;
Q – atsargų lygis, reikalingas, atsižvelgiant į paklausą vieno ciklo metu;
 τ – laiko momentas, kai atsargos visiškai išsenka ir pradeda kauptis prekių deficitas (nepatenkinta paklausa).
Q-S – didžiausias prekių deficitas ciklo metu;

2.5 pav. Modelio su galimu prekių trūkumu (deficitu) atsargų lygio kitimo laiko atžvilgiu grafikas
(Гринглаз, Копытов 2002)

Laiko momentu a yra kompensuojama nepatenkinta paklausa ir atsargos pasiekia maksimalų lygį S.

Šio modelio bendrųjų išlaidų lygtis aprašoma (2.18) formule.

$$TC = TC_H + TC_O + TC_{sh}. \quad (2.18)$$

Apskaičiuojant atsargų laikymo išlaidas reikia atsižvelgti į tai, kad šios išlaidos egzistuoja tik laiko intervale $[0; \tau]$, nes laiko intervale $[\tau; a]$ realių atsargų sandėlyje paprasčiausiai nėra.

Atsižvelgiant į tai, kad atsargų laikymo išlaidos lygios užbrūkšniuoto trikampio plotui (2.5 pav.), o nuostolių dėl prekių trūkumo išlaidos lygios žemiau laiko ašies t esančio trikampio plotui, galima modelio bendrųjų išlaidų lygtį užrašyti (2.19) formule.

$$TC = C_O \cdot \frac{D}{Q} + C_H \cdot \frac{S^2}{2Q} + C_{sh} \cdot \frac{(Q - S)^2}{2Q} \quad (2.19)$$

Norint surasti EOQ – optimalų užsakymo kiekį – šiam modeliui, reikia išspręsti lygčių sistemą, kurios nariai – bendrųjų išlaidų lygties išvestinės pagal Q ir S, prilygintos nuliui. Išsprendus šią sistemą, gaunama (2.20) EOQ išraiška.

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot C_0 \cdot D}{C_H}} \cdot \sqrt{\frac{C_H + C_{sh}}{C_{sh}}} \quad (2.20)$$

Galima situacija, kai prekių kaina priklauso nuo perkamo kiekio. Prieš tai aprašytuose modeliuose nebuvo atsižvelgiama į prekės kainą, tačiau šiuo atveju būtina atsižvelgti į visas su prekių įsigijimu susijusias išlaidas (2.21).

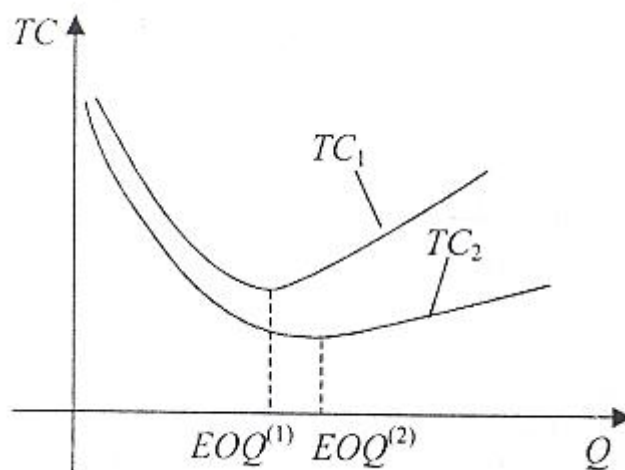
$$TCG = TC + C_G \quad (2.21)$$

čia C_G – prekių, įsigytų per nagrinėjamąjį laikotarpį (per metus) suma.

Išskiriami prekių kiekiai, kuriuos įsigyjant pritaikoma kita, mažesnė kaina ($Q_1 > Q_2 > Q_3 > \dots > Q_n$). Kainos atitinkamai lygios $p_1 < p_2 < p_3 < \dots < p_n$.

Daroma prielaida, kad užsakymo išlaidos nepriklauso nuo užsakomo kiekio, o laikymo išlaidos yra tuo didesnės, kuo didesnis užsakomas prekių kiekis ($C_{H1} > C_{H2} > C_{H3} > \dots > C_{Hn}$).

Atitinkamai, kiekvienam kainų lygiui ir užsakomam prekių kiekiui egzistuoja atskiras EOQ (optimalus užsakymo kiekis): $EOQ^{(1)}$, $EOQ^{(2)}$ ir t.t. 2.6 pav. matomas bendrųjų išlaidų grafikas dviem skirtingiems užsakomų prekių kiekių ir kainų lygiams.



2.6 pav. Bendrųjų išlaidų grafikai esant skirtingoms prekių kainoms ir užsakomiems kiekiams (Гринглаз, Копытов 2002)

Taikant šį modelį, reikia įvertinti pilnąsias išlaidas TCG taškuose, kuriuose bendrosios išlaidos TC yra mažiausios ir taškuose, kurie atitinka ribas, žyminčias skirtingus kainų lygius.

Dažniausiai prekybos srityje susiduriama su nepastovia paklausa, todėl anksčiau aprašytus modelius reikia pritaikyti prie realių rinkos sąlygų. Tokie atsargų valdymo modeliai, kuriuose pateikiama atsargų valdymo metodika, esant nepastoviai paklausai, vadinami stochastiniais.

Skaiciavimai atliekami remiantis prielaidomis, kad paklausa yra kintamas diskretusis arba tolydusis dydis su žinomu pasiskirstymo dėsnio.

Pirmasis galimas stochastinio atsargų modelio atvejis – vieno periodo atsargų modelis. Jo esmė – atsargos yra užsakomos tam tikram laiko periodui, o neparduotos ar nesunaudotos atsargos negali būti perkeltos į kitą periodą. Toks modelis tinkamas prekėms su ribotu galiojimo laiku. Atsargų valdymas pagrįstas atsargų kiekio, užtikrinančio didžiausią pelną ir mažiausius nuostolius suradimu. Tokiu atveju, paprasčiausias būdas apskaičiuoti optimalų atsargų lygį – skaičiavimas priartėjimo būdu: žinant, kokia yra prekės vieneto įsigijimo kaina ir nuostoliai dėl vieno nepatenkintos paklausos vieneto, galima apskaičiuoti optimalų prekių kiekį. Tačiau toks būdas yra labai nepatogus, ypač, kai siūlomų prekių asortimentas yra platus.

Jei modelio tikslas yra pasiekti didžiausią galimą pelną, logiška didinti atsargų papildymo kiekį tol, kol galimo pelno tikimybė padidinus įsigyjamų atsargų kiekį vienu vienetu bus didesnė už nuostolio tikimybę. Jei modelio tikslas yra sumažinti išlaidas, galima didinti įsigyjamų prekių kiekį tol, kol kiekvienas pridėtas prekės vienetas mažina išlaidas.

Tarkime, kad p_a – tikimybė, kad paklausa D bus didesnė už vieno užsakymo dydį a ($p_a = P(D > a)$).

Ši tikimybė vadinama rizikos lygiu. Tikimybė, kad užsakymo dydis a bus didesnis už paklausos lygį D yra:

$$P(D < a) = 1 - p_a \quad (2.22)$$

Tikimybė vadinama aptarnavimo lygiu arba vartotojų poreikio patenkinimo lygiu.

Praradimai dėl atsargų trūkumo pažymimi $C_{sh}(a)$ arba tiesiog C_{sh} . Šiuos praradimus sudaro prarastas pelnas dėl neparduotų prekių, baudos ir pan.. Nuostoliai, patiriami dėl atvežtų ir neparduotų prekių, pažymimi C_L . Tiek nuostoliai C_{sh} , tiek C_L skaičiuojami pridėtam prekės vienetui $(n+1)$. Tuomet laukiamos išlaidos, susijusios su trūkstamu prekės vienetu, yra $p_a \cdot C_{sh}$, o laukiami nuostoliai dėl papildomo neparuoto prekės vieneto yra $(1 - p_a) \cdot C_L$. Tikslinga didinti užsakymo kiekį tol, kol išlaidos, susijusios su nepatenkintais klientų poreikiais, bus didesnės už išlaidas, susijusias su perteklinėmis prekėmis (2.23).

$$p_a \cdot C_{sh} > (1 - p_a) \cdot C_L \quad (2.23)$$

Pertvarkius (2.23) nelygybę, gaunama išraiška (2.24).

$$p_a > \frac{C_L}{C_{sh} + C_L} \quad (2.24)$$

2.2. Naujausių atsargų valdymo metodikų analizė

Jinn-Tsair Teng siūlo supaprastintą metodą ekonominiam užsakymo dydžiui (EOQ) apskaičiuoti (Teng 2008). Taikant metodą, daromos šios prielaidos:

- 1) produkto gyvavimo ciklo brandos laikotarpiu daroma prielaida, kad paklausos lygis yra pastovus ir žinomas;
- 2) atsargos papildomos iš karto (jų papildymas neužima laiko);
- 3) netaikomos nuo kiekio priklausančios nuolaidos;
- 4) tiek pradinis, tiek galutinis atsargų lygis yra nulinis.

Siūlomas metodas yra paprastas ir lengvai pritaikomas, nes remiasi aritmetinio – geometrinio vidurkio nelygybės lygtimi. Metode iš standartinės EOQ metodo visuminių išlaidų apskaičiavimo lygties nustatomas optimalus užsakymo kiekis. Skaičiavimo metodika pateikta keliems atvejams: kai nėra neįvykdytų (papildomų) klientų užsakymų, kai yra neįvykdytų užsakymų, taip pat metodas pritaikytas gamybą vykdančioms įmonėms.

Metodas yra paprastas, jame nenaudojami diferencialiniai skaičiavimai ir algebrinės manipuliacijos, tačiau metode nėra įvertinamas paklausos svyravimas, taip pat realioje prekybos įmonėje atsargos nėra papildomos iš karto, nuo užsakymo pateikimo iki atsargų papildymo praeina tam tikras laiko tarpas. Be to, atsargų papildymo momentu jos nebūna visiškai sunaudotos, reikia atsižvelgti ir į atsargų rezervą, padedantį išvengti prekių trūkumų. Dažna situacija, kai prekių tiekėjas (gamintojas) siūlo nuolaidą už didesnę įsigyjamą prekių kiekį, o tai šio metodo skaičiavimuose nėra įvertinta.

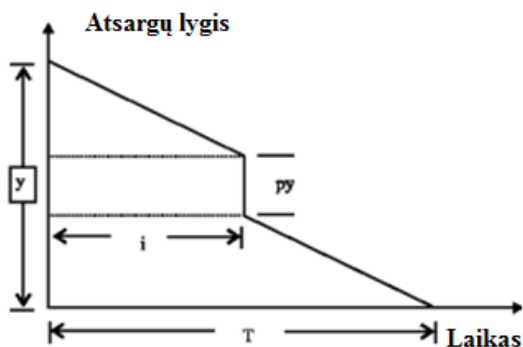
Klasikiniame EOQ modelyje daroma prielaida, kad gaunamų prekių kokybė yra ideali, tačiau realybėje dažniausiai nepavyksta išvengti prekių defektų, atsirandančių gamybos proceso metu, dėl gamtos reiškinių poveikio, transportavimo metu atsiradusių pažeidimų. Brokuotų prekių įtaką optimaliam užsakymo kiekiui įvertina M. Ameli ir kt. pateikta metodika (Ameli *et al.* 2011). . Taip pat siekiama įvertinti infliacijos poveikį atsargų valdymo metodikos pasirinkimui.

Pateiktame metode daromos tokios prielaidos:

- 1) atsargos papildomos iš karto;
- 2) atvykusiame atsargų papildyme yra tam tikra dalis brokuotų prekių, kuri nėra tiksliai žinoma;
- 3) atliekama pilna prekių kokybės kontrolė ir po jos visas brokuotų prekių kiekis parduodamas mažesne kaina;

4) neįvertinama prekių gamybos trukmė.

Metodo taikymo sąlygos matomos 2.7 pav.: laiko momentu 0 gaunamas atsargų papildymas ir atsargų lygis pasiekia dydį y . Pradedamas prekių kokybės tikrinimas, atsargų lygis senka tam tikru tempu. Laiko momentu t prekių kokybės tikrinimas baigiamas ir nekokybiškos prekės parduodamos, todėl atsargų lygis sumažėja dydžiu py . Atsargų lygis toliau mažėja tuo pačiu tempu, kaip ir intervale $[0;t]$, kol pasiekia nulį ir atsargos vėl papildomos.



2.7 pav. Metodo taikymo sąlygų schema (Ameli *et al.* 2011)

Brokuotų prekių dalis krovinyje, infliacija ir diskonto norma yra neapibrėžti dydžiai, todėl funkcijoms, naudojamoms metode, supaprastinti turi būti taikomi matematinės statistikos metodai.

Taikant pasiūlytą metodą, galima nustatyti optimalų užsakymų kiekį N planuojamuoju periodu. Tai yra labai svarbu, nes planuojant už atsargų valdymą atsakingo įmonės personalo veiklą, būtina nustatyti bent preliminarų atsargų pildymo dažnumą. Tiesa, realios įmonės veikloje šis dažnumas gali kisti, nes paklausa nėra pastovi ir atsargos gali tekti pildyti dažniau ar rečiau, nei planuota. Be to, sunku būtų atlikti pilną prekių kokybės kontrolę. Prekių kokybės klausimai dažniausiai yra sprendžiami tiesiogiai su tiekėju, iškilus konkrečioms problemoms. Patikrinti visų gaunamų prekių kokybę – daug sąnaudų reikalaujantis darbas.

Atlikti skaičiavimai parodė, kad didėjant infliacijos rodikliui ir diskonto normai mažėja atsargų pildymo dažnumas ir didėja atsargų lygis. Tai atitinka realią padėtį rinkoje, nes dėl didėjančios infliacijos – pinigų nuvertėjimo – įmonei gali būti palankiau palaikyti didesnę atsargų lygį, nes ateityje už tą pačią pinigų sumą galės būti įsigytas mažesnis prekių kiekis.

Dažnai įmonės su tiekėjais sudaro atidėto mokėjimo sutartis. Metodą, įvertinantį atidėto mokėjimo sutarčių įtaką ekonominiam užsakymo dydžiui, pasiūlė Yu-Cheng Tu ir kt. (Tu *et al.* 2008). Taikant metodą, daromos šios prielaidos:

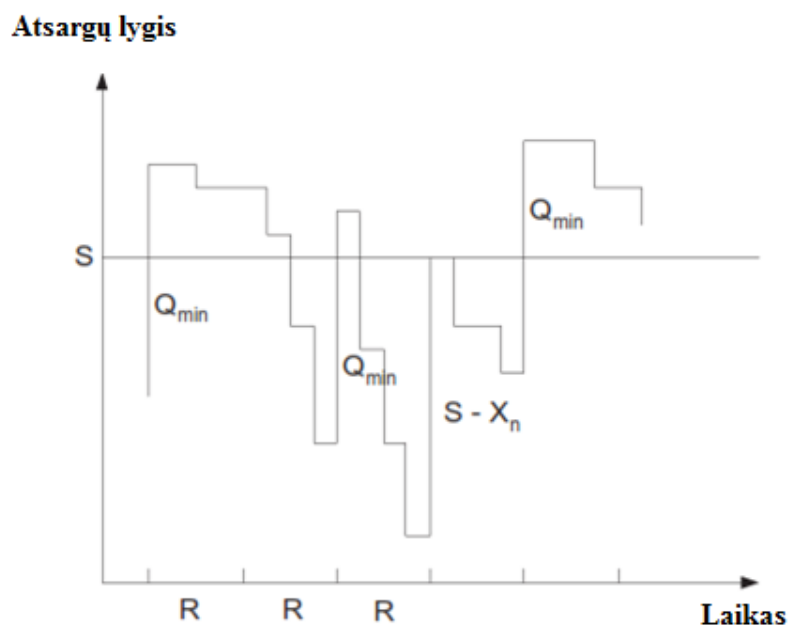
- 1) paklausos lygis yra pastovus ir žinomas;
- 2) prekių trūkumas yra neleistinas;

- 3) laiko periodas yra begalinis;
- 4) papildymas yra momentinis;
- 5) mokėjimo atidėjimo trukmė priklauso nuo įsigyjamo prekių kiekio;
- 6) prekės pardavimo kaina yra ne mažesnė už pirkimo kainą.

Siekiant supaprastinti skaičiavimus, pateiktas aritmetiniu – geometriniu vidurkiu pagrįstas skaičiavimo algoritmas. Taikant šią metodiką, galima nustatyti optimalų užsakymo kiekį bei laikotarpį tarp atsargų papildymų.

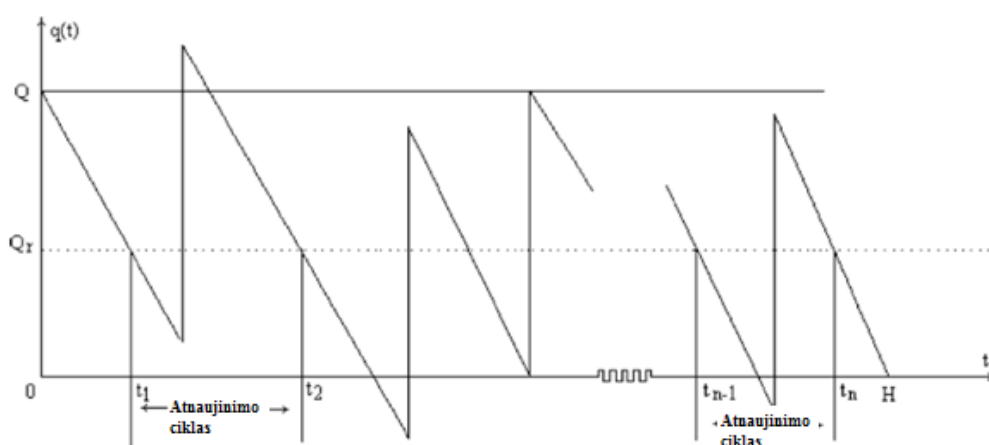
Metodą galima taikyti realios įmonės atsargų valdymui, nes atidėtas mokėjimas – dažnas reiškinys prekių tiekimo srityje. Tačiau, siekiant priartinti modelį prie realių sąlygų, būtina įvertinti paklausos kintamumą. Taip pat atidėjimo terminas dažniausiai yra fiksuotas ir nepriklauso nuo užsakymo dydžio.

Kai kurie tiekėjai reikalauja, kad būtų užsakytas tam tikras minimalus prekių kiekis. Į šį kiekį privaloma atsižvelgti, kontroliuojant įmonės atsargas. Modelį, kuriame atsižvelgiama į minimalų užsakymo kiekį, siūlo G. P. Kiesmulleris ir kt. (Kiesmüller *et al.* 2010). Modelyje tiriama vieno lygmens, vienos prekės sistema, esant stochastinei paklausai. Atsargos peržiūros periodiškai, nustatytas mažiausias užsakymo kiekis $Q_{\min}$, kuris yra žinomas. Užsakymų vykdymo schema paašškinta 2.8 pav.: atsargų peržiūros periodiškumas – R , jei peržiūros metu tam tikros prekės kiekis atsargose Q yra didesnis už numatytą lygį S , užsakymas nėra pateikiamas, jei $Q < S$, daromas $Q_{\min}$ dydžio užsakymas. Didesnis už $Q_{\min}$ prekės kiekis užsakomas tik tuo atveju, jei kiekio $Q_{\min}$ nepakanka minimaliam prekių kiekiui atsargose S pasiekti. Tam, kad būtų galima įvertinti atsargų valdymo sistemos išlaidas, apskaičiuojamos vidutinės ataskaitinio periodo išlaidos, kurias sudaro prekių sandėliavimo išlaidos ir išlaidos, susijusios su trūkstamu prekių kiekiu sandėlyje. Modelyje nėra įvertintos bazinės užsakymo pateikimo išlaidos. Modelis padeda surasti optimalų prekių rezervo dydį S_{opt} . Pateikiama supaprastinta skaičiavimų forma, leidžianti juos atlikti be specialios programinės įrangos.



2.8 pav. Užsakymų vykdymo schema (Kiesmüller *et al.* 2010)

Vienas iš kintamųjų dydžių atsargų valdyme – užsakymo paruošimo laikas, kuris yra stochastinio pobūdžio neapibrėžtas dydis. A. K. Maiti ir kt. siūlo modelį, įvertinantį kintamą užsakymo paruošimo laiką, taip pat atidėtą mokėjimo terminą (Maiti *et al.* 2006). Užsakymų formavimo schema pateikta 2.9 pav.: atsargų kiekiui pasiekus nustatytą lygį Q_r , suformuojamas naujas užsakymas, atsižvelgiant į numatomą vartotojų poreikį sekančio ciklo metu ir, gavus prekes, pirmiausia patenkinama ankstesnio ciklo metu nepatenkinta vartotojų paklausa (jei reikia), o prekių likutis naudojamas esamai paklausai patenkinti. Vieną užsakymo ciklą sudaro laikas tarp užsakymų pateikimo.



2.9 pav. Užsakymų formavimo schema (Maiti *et al.* 2006)

Taikant metodą, galima nustatyti didžiausią vidutinį pelną užtikrinantį užsakymo kiekį Q . Jam rasti taikomas genetinis algoritmas – tai algoritmas, kuris remiasi natūralios atrankos principais ir

natūralių genetinių sistemų mechanika. Taikant algoritmą, individų populiacija (galimi sprendimai) patiria seką mutacijų ir transformacijų, po kurių atsiranda kita individų karta, turinti didesnę dalį „gerųjų“ praėjusios kartos narių savybių. Susiformavus keletui kartų, algoritmas sustabdomas ir geriausias individas pasirenkamas kaip optimalus sprendimas.

Dažnai prekių poreikį planuoti yra sudėtinga, tačiau naudinga nustatyti atsargų pildymo periodiškumą. Ši situacija vadinama statiniu – dinaminio neapibrėžtumu (Özen 2011). Išankstinis užsakymų planavimas leidžia apjungti krovinius – mažesnius užsakymus prijungti prie jau iš anksto suplanuoto užsakymo, taip sumažinant transportavimo išlaidas.

Straipsnyje pateikiamas sprendimas situacijos, kai už atsargų valdymą atsakingas įmonės darbuotojas planuojamojo laikotarpio pradžioje nustato fiksuotą atsargų papildymų skaičių, tačiau užsakymo dydžio klausimas sprendžiamas prieš eilinį atsargų papildymą, todėl užsakymo dydis šiuo atveju yra vienintelis neapibrėžtumas. Siūlomas modelis ir sprendimo algoritmas statinio – dinaminio neapibrėžtumo atveju, atsižvelgiant į paklausos nepatenkinimo pasekmes ir siekiamą klientų poreikių patenkinimo lygį. Modelis paremtas dinaminio programavimo metodais. Nagrinėjama vieno etapo atsargų sistema baigtiniame planavimo horizonte, atsargas peržiūrint periodiškai. Modelyje įvertinami nuostoliai, patirti dėl nepakankamo prekių kiekio atsargose, prekių sandėliavimo išlaidos, daroma prielaida, kad užsakymo paruošimo laikas lygus nuliui.

Paklausa laikoma nestacionariu stochastiniu procesu. Pritaikius pasiūlytą metodą praktikoje nustatyta, kad optimali užsakymų vykdymo strategija – suderinti dviejų esminių problemų sprendimą: atsargų lygis po užsakymo įvykdymo turi užtikrinti minimalias bendrąsias išlaidas, tačiau kartu prekių trūkumų atsiradimo tikimybė turi būti pakankamai maža, kad būtų patenkinti vartotojų poreikiai. Modelis tinkamas, kai užsakoma vieno tipo prekė, todėl norint jį taikyti praktikoje, reikėtų atsižvelgti į tai, kad paprastai įmonių atsargose prekių rūšių skaičius yra labai didelis.

Vykstant ekonomikos globalizacijos ir liberalizavimo procesams, priimant sprendimus, susijusius su įmonės gamybos veikla bei atsargų valdymu, būtina atsižvelgti į šių procesų metu kylančius neapibrėžtumus bei finansinę riziką (Pasandideh *et al.* 2010).

Atsargų valdymas gali padėti sumažinti išlaidas, palaikant optimalų atsargų lygį, užtikrinantį stochastinio (neapibrėžto) vartotojų poreikio tenkinimą. Tačiau norint užtikrinti optimalų atsargų lygį, būtina, jog tinkamą atsargų valdymą vykdytų visi tiekimo grandinės dalyviai.

Tiekimo grandinė – tai tinklas įmonių, kurios gamina, parduoda ir tiekia produktus ar paslaugas iš anksto nustatytam rinkos segmentui. Tai ne tik gamintojai ir tiekėjai, bet ir transportavimo įmonės, sandėliai, platintojai ir patys vartotojai. Tiekimo grandinę galima įsivaizduoti kaip produkto ar medžiagų judėjimą iš tiekėjo gamintojui, iš gamintojo – platintojui (pardavėjui) ir iš pardavėjo – pirkėjui. Svarbiausias šios grandinės elementas yra pirkėjas, nes

būtent dėl jo poreikių tiekimo grandinė ir atsiranda. Taigi pagrindinis tiekimo grandinės tikslas – sumažinti išlaidas tiekimo grandinės veiklai užtikrinti, kartu išlaikant pakankamą vartotojų pasitenkinimo lygį.

Viena iš galimų tiekimo grandinės koncepcijų – tiekėjo valdomų atsargų modelis (*vendor managed inventory* – VMI), kai pardavėjas teikia tiekėjui informaciją apie pardavimus ir atsargų likučius ir tiekėjas pats sprendžia apie reikiamus papildomų atsargų kiekius tam tikru metu, atsižvelgdamas į savo atsargų lygį, kuris lemia bendrą tiekimo sistemos išlaidų lygį. Taikant šį modelį, galima geriau koordinuoti prekių pristatymą, taip pat geriau tenkinami vartotojų poreikiai.

Pagrindinės problemos, kylančios įmonėms, siekiančioms užsakyti medžiagas, produktus ar jų komponentus, yra užsakymo kiekio ir laiko nustatymas. Jiems nustatyti yra pasiūlyta daug modelių. Dažniausiai sutinkami yra du modeliai: ekonominio užsakymo kiekio (EOQ) ir ekonominio gamybos kiekio (*economic production quantity* – EPQ). EOQ metodas yra vienas populiariausių optimizavimo modelių atsargų valdyje dėl savo koncepcijos ir naudojimo paprastumo, tačiau šie modeliai yra sukurti, remiantis tam tikromis prielaidomis ir ribojami tam tikrų sąlygų, kurios apriboja jų taikymą realiai pasitaikančiose situacijose.

Autoriai (Pasandideh *et al.* 2010) siūlo keletą produktų EOQ modelį, kai apribotas sandėliuojamų produktų kiekis bei užsakymų skaičius. Taip pat daroma prielaida, kad prekių trūkumai yra šalinami, pateikiant papildomus užsakymus ir modelis veikia tiekėjo valdomų atsargų koncepcijos sąlygomis. Modelio tikslas – sumažinti tiekimo grandinės išlaidas, nustatant optimalų užsakymo dydį ir papildomų užsakymų kieki.

Siūlomame modelyje galioja šios tiekėjo ir pardavėjo bendradarbiavimo sąlygos:

- 1) yra vienas tiekėjas ir vienas pardavėjas;
- 2) yra n produktų;
- 3) tiekėjas, atsižvelgdamas į savo atsargų kainą, kuri yra lygi visos tiekimo grandinės atsargų kainai, nustato užsakymų laiką ir kiekį bei gaminamos produkcijos kiekį kiekvieno ciklo metu;
- 4) galimi trūkumai yra pašalinami, papildomai tiekiant trūkstamas prekes;
- 5) daroma prielaida, kad pristatymo terminas lygus nuliui;
- 6) nėra nuolaidos, priklausančios nuo užsakymo dydžio;
- 7) planuojamuoju laikotarpiu visų produktų kainos yra fiksuoto dydžio;
- 8) gamybos mastai visiems produktams yra neriboti;
- 9) vartotojų poreikis visiems produktams yra deterministinio pobūdžio;
- 10) tiekėjo sandėliavimo galimybės yra ribotos;
- 11) užsakymų skaičius visiems produktams yra ribotas.

Straipsnyje siūlomas genetinis algoritmas (GA), kuris paremtas natūralios atrankos ir genetikos principais.

Planuojant tiekimo procesą, labai svarbu numatyti pokyčius rinkoje, taip palaikant atsargų lygį, patenkinantį vartotojų poreikius. Dėl paklausos neapibrėžtumo, nuspėjamo modelio kontrolės (*model predictive control* – MPC) metodas buvo pritaikytas, sprendžiant dinaminį atsargų lygio optimizavimą (Hai *et al.* 2011).

Pastaruoju metu tiekimo grandinės dinamiškumo klausimams spręsti buvo pasitelkta daugelis mokslo šakų. Kontrolės ir sistemų teorija buvo vienas populiariausių įrankių, sprendžiant problemą, susidedančią iš neapibrėžtumų, uždelsimų ir informacijos trūkumo.

Autorių tikslas – pademonstruoti MPC pritaikymą dinaminio tiekimo grandinės valdymo problemai spręsti.

Atsargų tiekimo grandinės valdymas yra procesas, kuris privalo greitai reaguoti į rinkoje egzistuojančios paklausos pokyčius, planuoti, koordinuoti, kontroliuoti ir optimizuoti visą tiekimo grandinę, todėl sistemos dinamiškumas yra viena pagrindinių tiekimo grandinės valdymo problemų. Identifikuojamos dvi pagrindinės problemos: neapibrėžtumai ir uždelimas, kurios paverčia tiekimo grandines labai sunkiai kontroliuojamomis sistemomis. Visi sprendimai priimami, remiantis prognozėmis, todėl neapibrėžtumų išvengti neįmanoma. Paklausos prognozavimas nėra vienintelė sritis, kurioje atsiranda neapibrėžtumų – jų atsiranda paklausos numatymo metu, atsargų formavimo proceso metu, gamybos metu.

Autorių straipsnyje siūlomas toks atsargų kontrolės algoritmas:

- 1) sudaroma poreikio prognozė D , gaunant atitinkamą neapibrėžtumo $p(D)$ tankio funkciją;
- 2) nustatomas vartotojų poreikio patenkinimo lygis, kurį įmonė privalo palaikyti (*customer demand satisfactory* – CDS);
- 3) apskaičiuojamas norimas atsargų lygis I_d kiekvienam produktui ir visam prognozuojamam laikotarpiui, taikant straipsnyje nurodytas lygtis, atsižvelgiant į CDS lygį ir nustatytą neapibrėžtumo tankio funkciją $p(D)$;
- 4) nustatoma optimizuojama kainos funkcija J pagal atitinkamus parametrus, pavyzdžiui, atsargų vieneto kainas;
- 5) nustatomos optimizavimą ribojančios sąlygos;
- 6) apskaičiuojamas optimalus užsakymo kiekis kontroliuojamam laikotarpiui, minimizuojant kainos funkciją J , atsižvelgiant į nustatytas ribojančias sąlygas.

Siekiant optimalaus tiekimo grandinės funkcionavimo, jos dalyviai turėtų bendradarbiauti tarpusavyje, tačiau realybėje tai įgyvendinti yra sunku. Geriausias sprendimas būtų tiekimo grandinę valdyti centralizuotai, t.y. kad grandinės dalyviai perduotų operacijų vykdymą vienam centriniam sprendimų priėmėjui (Zhu 2009). Daugelis įmonių, bijodamos pabloginti savo padėtį

rinkoje, bijo tokių pokyčių, todėl tiekimo grandinės valdymo didžiausias iššūkis – decentralizuoto valdymo sąlygomis taikyti efektyvius sprendimus, artimus sprendimams, priimamiems centralizuoto valdymo atveju.

Nors yra sukurta nemažai koordinavimo schemų įvairiems tiekimo grandinių variantams, dviejų etapų tiekimo grandinėje, kurioje tiek tiekėjas, tiek pardavėjas patiria didelių išlaidų dėl prekių sandėliavimo, nuobaudų, taip pat susiduria su nepastovia paklausa ir vykdo veiklą, atsižvelgiant į statistinius praėjusių laikotarpių duomenis (*make – to – stock* metodas), tiekimo grandinių koordinavimo schemas sudaryti tampa sudėtinga, tam reikia įvertinti įvairius veiksnius ir net tuo atveju schemas būtų sunkiai įgyvendinamos.

Dėl šių priežasčių būtina kurti strategijas, kurios ženkliai sumažintų decentralizuoto valdymo neefektyvumą. Viena tokių strategijų – periodinio lankstumo strategija (*periodic flexibility – PF*), kuri struktūriškai keičia pardavėjo užsakymų formavimą. Ši strategija suteikia prekybos įmonei galimybę ciklo metu vieną kartą užsakyti bet kokią kiekį prekių, tačiau kitais ciklo periodais įmonė gauna fiksuotą kiekį prekių. Toks metodas yra palankesnis tiekėjui, nes jis disponuoja informacija, kuri užtikrina kliento poreikių stabilumą, taip sutaupant nemažai lėšų. Esant ženkliam sutaupymui, gamintojas galėtų dalimi sutaupytų lėšų pasidalinti su iš jo prekes gaunančia prekybos įmone, pavyzdžiui, suteikiant nuolaidą prekėms.

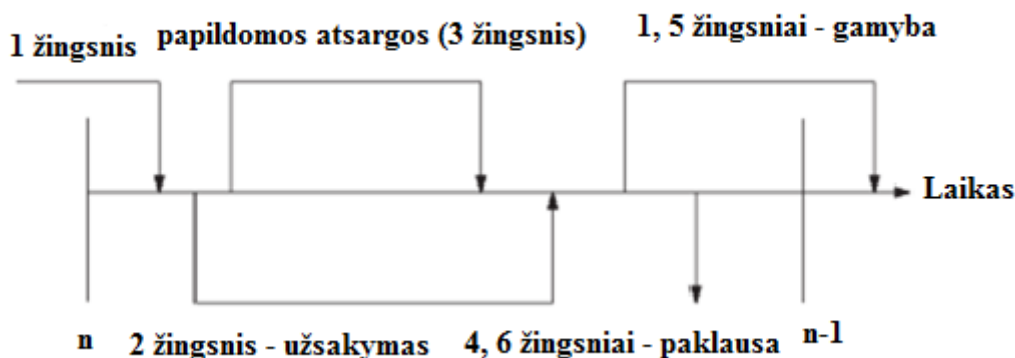
Pateikiama tiekimo grandinės schema, kurioje vienas tiekėjas tiekia vieno tipo produktą prekybinei įmonei, kuri susiduria su nepriklausomu, vienodai pasiskirsčiusiu stochastinio pobūdžio galutinių vartotojų poreikiu. Tiekimo grandinėje vykstančių įvykių seka yra tokia:

- 1) tiekėjas užbaigia gamybos procesą, kurio mastas nustatomas praėjusio periodo 5 žingsnyje;
- 2) prekybos įmonė pateikia užsakymą tiekėjui;
- 3) tiekėjas, esant reikalui, gauna reikalingą prekių kiekį iš papildomų tiekimo šaltinių, tokiu atveju reikalingas prekių kiekis yra gaunamas iš karto;
- 4) pardavėjo (prekybos įmonės) užsakymas yra įvykdomas, naudojant tiekėjo atsargas po papildymo iš išorinio tiekimo šaltinio;
- 5) tiekėjas nusprendžia, kokį kiekį prekių reikia gaminti;
- 6) pardavėjas susiduria su vartotojų paklausa ir naudoja turimas atsargas šiai paklausai patenkinti;
- 7) prekėms, kurių atsargų lygis nepatenkina vartotojų paklausos, nustatomas rezervas.

Periodo pabaigoje visos išlaidos yra sumuojamos.

Seka grafiškai pavaizduota 2.10 pav.

Pabrėžiama, kad nei tiekėjas, nei pardavėjas nežino galutinių vartotojų paklausos lygio konkrečiame periode.



2.10 pav. PF strategijos taikymo schema (Zhu 2009)

Metodo esmė – taikant PF strategiją, pardavėjas gali užsakyti bet kokią prekių kiekį pirmajame m periodo cikle, tačiau fiksuotas, iš anksto nustatytas prekių kiekis K turi būti užsakytas $m - 1$ ciklo periodais. Daroma prielaida, kad pardavėjas su tiekėju iš karto dalinasi informacija apie paklausą rinkoje.

Nors tiek pardavėjo, tiek tiekėjo tikslas yra sumažinti savo individualias išlaidas, metodo tikslas yra sumažinti visos tiekimo grandinės išlaidas.

Siekiant nustatyti PF strategijos efektyvumą, tobulinant tiekimo grandinę, analizuojami 4 modeliai:

- 1) C_1 – centralizuotas, visiškai lankstus modelis;
- 2) C_m – centralizuotas PF modelis, kurio ciklo ilgis $m > 2$;
- 3) D_1 – decentralizuotas visiškai lankstus modelis;
- 4) D_m – decentralizuotas PF modelis, kurio ciklo ilgis $m > 2$.

Tam, kad būtų galima atlikti šios strategijos matematinę analizę, daromos tokios prielaidos:

- 1) tiekėjo atsargų laikymo ir papildymo iš išorės šaltinių išlaidos, taip pat prekybos įmonės atsargų laikymo išlaidos ir jų papildymo išlaidos yra pasiskirsčiusios tiesiškai;
- 2) tiekėjo gamybos išlaidos lygios nuliui ir neatsižvelgiama į prekių savikainą bei pardavimo kainą;
- 3) prekybos įmonės prekių poreikis ir tiekėjo atsargų papildymo poreikis yra patenkinamas iš karto. Standartinis gamybos laikotarpis – vienas sąlyginis ciklas;
- 4) tiekėjas turi neribotas gamybos galimybes.

Rinkoje esant vienam tiekėjui ir kelioms prekybos įmonėms, tiekėjas gali sumažinti paklausos neapibrėžtumą, skirtingais periodais taikydamas atskirus ciklus kiekvienai įmonei – tuo pačiu metu viena įmonė gautų fiksuotą prekių kiekį, kita įmonė – norimą prekių kiekį.

Metodas įvertintas atveju, kai yra vienas tiekėjas ir viena prekybos įmonė, tačiau net ir šiuo sąlyginai stabiliu atveju neigiamas decentralizuoto prekių likučių valdymo proceso poveikis yra pakankamai žymus. Nustatyta, kad bendros tiekimo grandinės išlaidos, taikant šį metodą, sumažėja maždaug 11 % ir tai sudaro maždaug 43 % potencialaus sutaupymo. Tokie rezultatai pasiekiami, esant tam tikroms prielaidoms: tiekėjo tiekimo pajėgumai yra dideli, pardavėjo rezervų ir prekių laikymo išlaidos nėra labai aukštos, palyginus su tiekėjo išlaidomis, vartotojų poreikių kitimo amplitudė nėra labai didelė. PF metodas priartina decentralizuotą atsargų valdymo procesą prie centralizuoto.

Įprastame ekonominio užsakymo kiekio (EOQ) modelyje daroma prielaida, kad pirkėjas (prekybos įmonė) privalo sumokėti už prekes iš karto, jas gavęs. Šiuolaikinėje rinkoje tiekėjai dažnai siūlo pardavėjams atidėtą mokėjimo laikotarpį, verčiant mokėti delspinigius, jei šis laikotarpis pradelsiamas (Liao, Chen 2003). Tokio atsiskaitymo būdo privalumai yra:

- 1) prekybos įmonės disponavimas apyvartinėmis lėšomis ilgesnį laikotarpį;
- 2) atidėtas mokėjimas yra tam tikra nuolaidos prekybos įmonei forma.

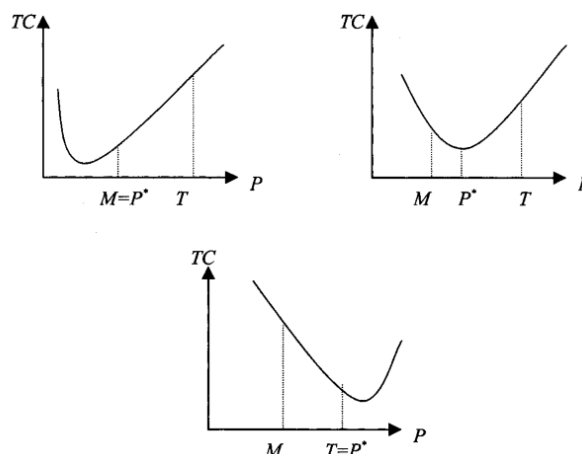
Taikant atidėto mokėjimo sistemą, prekybos įmonės linkusios užsakyti didesnius prekių kiekius, tačiau reikia atsižvelgti į tai, kad tam tikrų prekių didelių kiekių užsakymas nėra racionalus.

Straipsnyje aptariama pardavėjo atsargų valdymo sistema, tiekėjui taikant optimalų atidėto mokėjimo terminą, kurioje neleistini prekių trūkumai, atsižvelgiama į infliacijos, nusidėvėjimo, atsargų vartojimo veiksnius.

Optimalaus mokėjimo už prekes laiko vertė P turi būti didesnė už sutartą su tiekėju atidėtą mokėjimo terminą M , tačiau mažesnė už nustatytą ciklo (laikotarpio tarp prekių pirkimų) vertę T : $M \leq P \leq T$.

Atlikus tyrimą ir skaičiavimus, nustatyta, kad galimi keli optimalūs mokėjimo periodai, esant skirtingoms aplinkybėms. Pirmas variantas – kai atidėto mokėjimo terminas yra trumpas. Tokiu atveju, siekdamą išvengti delspinigių mokėjimo, prekybos įmonė mokėjimą atliks baigiantis atidėto mokėjimo terminui, t.y. $P = M$. Antru atveju, kai atidėto mokėjimo terminas yra ilgesnis, racionalu atlikti mokėjimą praėjus atidėto mokėjimo terminui, t.y. $M < P < T$. Kai atidėto mokėjimo terminas labai ilgas, mokėjimas atliekamas tiekimo ciklo pabaigoje: $T = P$.

Svarbu išanalizavus esamą situaciją įvertinti bendrųjų išlaidų (TC) kitimą ir pasirinkti optimalų mokėjimo laiką. Pagal straipsnyje pateiktą metodiką, galima apskaičiuoti optimalų užsakymo dydį, optimalų laikotarpį tarp užsakymų, bendrąsias išlaidas (TC). Bendrųjų išlaidų priklausomybės nuo atidėto mokėjimo termino trukmės grafikai matomi 2.11 pav.



2.11 pav. Bendrųjų išlaidų priklausomybės nuo atidėto mokėjimo termino grafikai (Liao, Chen 2003)

Ekonominio užsakymo dydžio (EOQ) modelis yra visų atsargų valdymo modelių pagrindas. Tačiau paprastasis EOQ modelis turi tam tikrų apribojimų – daroma prielaida, kad numatomos užsakymo išlaidos ir paklausos mastai yra pastovūs (Kotb *et al.* 2011).

Autorių straipsnyje nagrinėjamas EOQ modelis su kintama užsakymo kaina, esant nuliniam užsakymo įvykdymo laikui. Siūlomame metode įvedami valdomų atsargų kainos ir sandėliavimo vietos apribojimai. Daromos prielaidos:

- 1) paklausa yra kintamas dydis su žinomu tikimybinio pasiskirstymu;
- 2) užsakymo vykdymo laikas lygus nuliui;
- 3) prekių trūkumas nėra leidžiamas;
- 4) atsargų likutis peržiūrimas periodiškai N laiko intervalais;
- 5) užsakymo kaina yra pastoviai, tolygiai didėjanti funkcija ;
- 6) modelio tikslas – bendrųjų išlaidų sumažinimas.

Bendrosios metinės išlaidos – tai trijų rūšių išlaidų suma: pirkimo, užsakymo vykdymo ir sandėliavimo išlaidų.

Taikant nurodytą metodą, galima apskaičiuoti optimalų užsakymų ciklą skaičių bei didžiausią sandėlio likutį (atsargų lygį), taip sumažinant bendrąsias metines išlaidas.

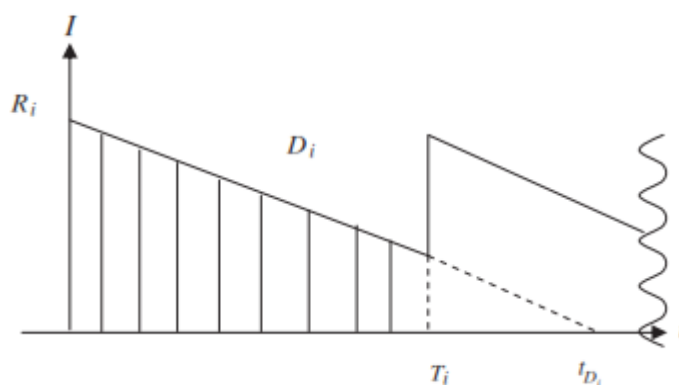
A. Talaizadeh ir kt., siūlydami savo modelį, išskiria 2 atsargų valdymo variantus: periodinės peržiūros, kai atsargos pildomos, joms pasiekus tam tikrą nustatytą lygį ir fiksuoto papildymo, kai užsakymai vykdomi nustatytas laiko momentais (Talaizadeh *et al.* 2008).

Modelis taikomas atsargų valdymo sistemai, kai yra vienas tiekėjas ir keletas prekių, o užsakymo laikas yra kintamas stochastinės prigimties dydis. Daroma prielaida, kad laikotarpiai tarp dviejų užsakymų yra identiški kintami dydžiai, prekių pirkimo kainos yra neapibrėžti kintamieji, o prekių trūkumo atveju dalis trūkumo užsakoma sekančio atsargų papildymo metu, kita dalis yra laikoma nuostoliais dėl neparduotų prekių.

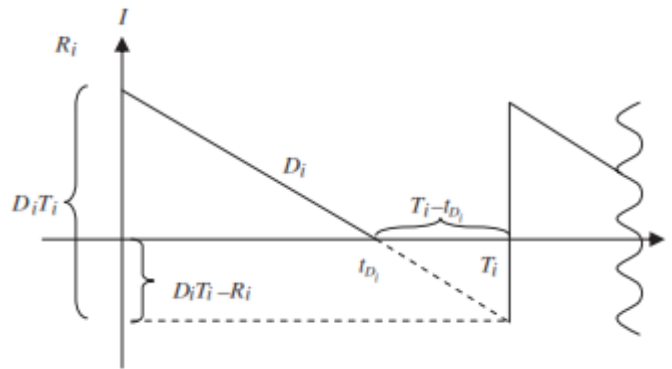
Su atsargų valdymo sistema susijusios išlaidos yra jų laikymo, neišpildytos paklausos bei prarastų pardavimų išlaidos, prekių pirkimo kaina, taip pat atsižvelgiama į taikomas nuolaidas, sandėlio dydį, vartotojų poreikių patenkinimo veiksnį – prekių trūkumo tikimybė yra susijusi su pardavimo paslaugos teikimo kokybės lygiu. Tikslas – nustatyti atsargų lygį kiekvienu ciklo periodu, kad pelnas būtų maksimalus. Visos metode daromos prielaidos:

- 1) yra tik vienas tiekėjas;
- 2) yra kelios prekės;
- 3) laikotarpiai tarp atsargų papildymo yra nepriklausomi, identiški atsitiktiniai kintamieji;
- 4) paklausa yra pastovi;
- 5) prekių pirkimo kaina yra neapibrėžtas kintamasis;
- 6) dalis prekių trūkumo užsakoma papildomai sekančio atsargų pildymo metu, dalis nurašoma kaip paklausos nepatenkinimo nuostoliai;
- 7) užsakant prekes, atsižvelgiama į taikomas nuolaidas;
- 8) atsargų valdymo sistema įvertina prekių laikymo, trūkumų ir pirkimo išlaidas;
- 9) prekių sandėliavimo išlaidos sudaro dalį pirkimo kainos (neapibrėžtas kintamasis);
- 10) taikomi sandėliavimo vietos ir paslaugų teikimo lygio apribojimai;
- 11) sprendimų kintamieji yra sveiki skaičiai;
- 12) visos nupirkto prekės bus parduotos.

Skiriami du atsargų pildymo variantai: kai atsargos pildomos, joms pilnai neišsekus (2.12 pav.) ir kai atsargos pildomos tuo metu, kai jos jau yra išsekusios (2.13 pav.) ir tokiu atveju atsiranda nepatenkinta paklausa, t.y. potencialių pardavimų neįvykdymo nuostoliai.



2.12 pav. Atsargų pildymo schema, kai papildymas vykdomas joms pilnai neišsekus (Taleizadeh *et al.* 2008)



2.13 pav. Atsargų pildymo schema, kai papildymas vykdomas, atsargoms išsekus (Taleizadeh *et al.* 2008)

Autoriai pirmiausia siūlomą modelį pritaiko vienos prekės įsigijimo atveju, toliau modelis pritaikomas kelių prekių įsigijimo atvejui bei siūlomas meta-euristinis algoritmas modelio sprendimams vykdyti.

Realioje prekybos įmonėje laiko tarpas tarp užsakymų vykdymo nėra fiksuotas ir priklauso nuo esamo atsargų lygio kitimo, todėl modelyje svarstomos aplinkybės yra artimos realioms, tačiau paklausa realybėje nėra pastovi, todėl atsargų lygio kitimo grafikas atrodo kitaip ir taikant modelį reikėtų į tai atsižvelgti.

E. Kopytovas ir kt. siūlo atsargų valdymo modelį, kuriame apibrėžiama grandinė gamintojas – didmenininkas – vartotojas, optimizavimo kriterijus – vidutinių atsargų sandėliavimo, užsakymo ir nepatenkintos paklausos nuostolių minimumas (Kopytov *et al.* 2005).

Modelyje svarstomi 3 variantai:

- 1) kiekvieno kliento užsakymas didmenininko siunčiamas gamintojui iš karto ir gautos prekės siunčiamos klientams;
- 2) didmenininkas formuoja užsakymus, atsižvelgdamas į kelių vartotojų atsargų lygį, naudojant integruotą duomenų bazę ir formuoja bendrus visų vartotojų užsakymus tiekėjui;
- 3) didmenininkas turi nuosavą prekyvietę su tam tikru prekių kiekiu.

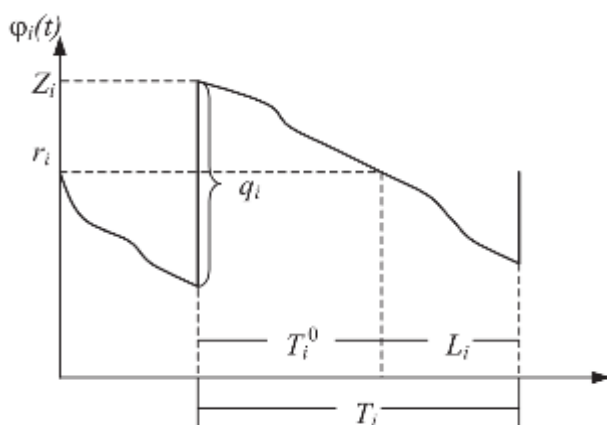
Taip pat modelyje išskiriamos dvi užsakymo vykdymo stadijos:

- 1) klientas siunčia užsakymą didmenininkui laiko momentu, kai jo atsargų lygis nukrenta iki tam tikro lygio;
- 2) didmenininkas siunčia užsakymą gamintojui.

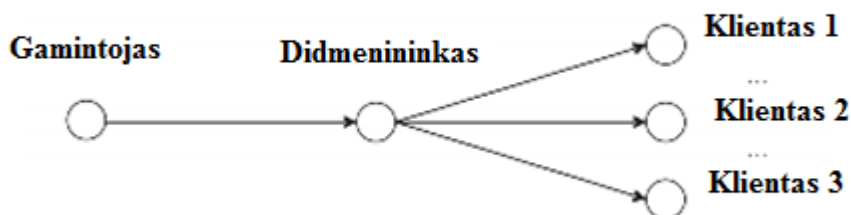
Minima, kad paprastai atsargų valdymo praktikoje prekių paklausa aprašoma Puasono arba normaliuoju skirstiniu. Modelyje nagrinėjamas Puasono skirstinio atvejis. Aprašomos atsargų valdymo sistemos atsargų lygio kitimas vaizduojamas 2.15 pav., o tiekimo grandinės schema – 2.16 pav.

Pirkimo kainą sudaro dvi dalys: pastovioji – užsakymo formavimo išlaidos, pastovioji transportavimo išlaidų dalis ir kintamoji, priklausanti nuo užsakymo dydžio. Naujas užsakymas pateikiamas laiko momentu, kai atsargos sumažėja iki tam tikro lygio r_i , q_i – užsakomas prekių kiekis. Daroma prielaida, kad jis yra pastovus. Atsargų lygio kitimo grafike dydis Z_i – atsargų lygis iš karto po papildymo, T_i – ciklo trukmė (laikotarpis tarp dviejų užsakymų).

Pasiūlyto modelio atsargų lygio kitimo schema atspindi realios įmonės atsargų lygio dinamiką. Įmonė atlieka tiek didmeninio, tiek mažmeninio prekybininko vaidmenį, todėl metodiką galima pritaikyti, dirbant su stambiaisiais klientais.



2.14 pav. Atsargų lygio kitimas (Kopytov *et al.* 2005)



2.15 pav. Tiekimo grandinės schema (Kopytov *et al.* 2005)

Dažniausiai prekybos įmonių asortimentas yra labai platus, siekiant patenkinti pačius įvairiausius klientų poreikius. Žinoma, atskirų prekių indėlis į bendrą įmonės apyvartą yra labai skirtingas, todėl mažiau įtakos apyvartai turinčių prekių trūkumas nesukels tokių padarinių, kokius galėtų sukelti pačių apyvarčiausių ir daugiausiai naudos atnešančių prekių trūkumas, todėl galima teigti, kad tikslinga prekes skirstyti į atskiras grupes, atsižvelgiant į jų svarbą įmonei.

Ši problema keliama daugelyje nagrinėtų literatūros šaltinių ir dažniausiai aptinkamas problemos sprendimo būdas – klasifikuoti atsargas, taikant vadinamąją ABC analizę (Christopher

2007; Minalga 2008; Saxena 2009; Wisner *et al.* 2011). Tokia analizė paremta Pareto dėsniu 80/20, laikantis principo, kad 80 % pajamų gaunama iš 20 % atsargų vienetų. Žinoma, šis santykis skirtingose įmonėse varijuoja, tačiau Pareto principas vis tiek geriausiai atspindi atsargų ir jų sukuriamos vertės įmonei santykį. Atsargos paprastai skirstomos į 3 klases pagal jų kiekio bendrame atsargų kiekyje dalį bei pagal jų pardavimų apyvartos dalį bendroje apyvartoje. 2.1 lentelėje pateikiami skirtingų autorių siūlomi atsargų vienetų dalies ir jų apyvartos dalies bendroje apyvartoje variantai.

2.1 lentelė. Skirtingų autorių siūlomas atsargų skirstymas į klases

Autorius	Atsargų kiekio dalis bendrose atsargose pagal klasę			Apyvartos dalis bendroje įmonės apyvartoje		
	A	B	C	A	B	C
Christopher 2007	20 %	50 %	30 %	80 %	15 %	5 %
Saxena 2009	10 %	20 %	70 %	65 %	25 %	10 %
Wisner <i>et al.</i> 2011	20 %	40 %	40 %	80 %	15 %	5 %
Wild 2012	10 %	20 %	70 %	67 %	23 %	10 %

Matoma, kad autorių nuomonės šiuo klausimu skiriasi, o prekių ir jų apyvartos dalis bendroje įmonės apyvartoje priklauso nuo įmonės ir jos atsargų ypatumų bei struktūros.

ABC analizės tikslas yra tinkamai paskirstyti įmonės resursus bei personalo, atsakingo už atsargų valdymą, darbo laiką.

S. A. Torabi ir kt. (Torabi *et al.* 2012) pažymi, kad ABC analizė yra efektyvus ir plačiausiai paplitęs atsargų klasifikavimo metodas įvairiose organizacijose. Šis metodas pagrįstas Pareto principu ir yra lengvai suprantamas – atsargos padalijamos į tris klases, atsižvelgiant į pasirinktus kriterijus. A klasės atsargos dažniausiai yra svarbios organizacijai, bet jų kiekis nėra didelis, C klasės atsargos yra mažiau svarbios, tačiau jų kiekis yra didelis, o B klasė yra tarpinė tarp A ir C klasių.

Paprastai klasifikuojant atsargas, taikant ABC analizę, yra atsižvelgiama į vienintelį kriterijų, dažniausiai – metines išlaidas atsargoms, tačiau yra daugelis kitų kriterijų (tiek kiekybinių, tiek kokybinių), kurie gali ženkliai paveikti klasifikaciją, pavyzdžiui: atsargų vieneto laikymo sąnaudos, svarba, atsargų atnaujinimo ciklo trukmė, pakeičiamumas, patikimumas, patvarumas, atsargų

trūkumo pasekmės ir kt., todėl įprasti klasifikavimo metodai negali užtikrinti patikimų rezultatų ir klasifikuojant atsargas reikia stengtis įtraukti kuo daugiau įvairių kriterijų, ypač kokybinių.

Siūlomas modelis, kai yra N skirtingų rūšių atsargų vienetų, kuriuos reikia suskirstyti į A, B ir C klases, atsižvelgiant į jų įvertinimus pagal skirtingus kriterijus. Bendrą efektyvumą rodo atsargos vieneto įverčių pagal tam tikrą kriterijų ir to kriterijaus svorio suma.

Modelį gali sudaryti vien kiekybiniai rodikliai, kuriuos įvertinti galima skaitinėmis reikšmėmis, tačiau įvedus kokybinius kriterijus, atsiranda lingvistinės (neskaitinės) reikšmės, kurių matematiname modelyje naudoti neįmanoma. Siekiant įvertinti atsargų vienetų ir pagal kokybinius kriterijus, galima jiems priskirti tam tikras skaitines reikšmes (pvz. reikšmes nuo 1 iki 5, kur 1 – blogiausias įvertinimas, 5 – geriausias). Šiuo atveju atsargos vieneto efektyvumą nusakys atitinkamų kriterijų įverčių ir svorių sandaugų suma (tiek kiekybinių, tiek kokybinių rodiklių).

W. Lungas Ng teigia, kad norint suvaldyti didelį kiekį atsargų, įprasta jas klasifikuoti į skirtingas grupes (Wan Lung Ng 2006). Praktikoje dažnai taikomas ABC analizės metodas, paremtas Pareto principu: A grupės prekės atneša įmonei 70 % naudos, užimdamos 10 % atsargų kiekio, B grupės prekės atneša 20 % naudos, užimdamos 20 % atsargų kiekio, o C grupės prekės atneša tik 10 % naudos, tačiau užima apie 70 % atsargų kiekio.

Pažymima, kad, nors ABC analizė yra gana nesudėtingas metodas, tačiau jo taikymas tampa komplikuoatas, kai norima įvesti keletą klasifikavimo kriterijų. Apžvelgiant klasifikavimui siūlomus taikyti kitų autorių sprendimų priėmimo metodus ir įrankius, pastebima, kad kai kurie metodai yra pernelyg subjektyvūs, reikalaujantys subjektyvaus vertinimo, kiti (pvz. genetiniai algoritmai) yra per sudėtingi, reikalaujantys specifinių mokslo sričių žinių ir sunkiai suprantami asmenims, atsakingiems už atsargų valdymą.

Autorius siūlo kriterijų svorių linijinį optimizavimo modelį daugiakriterio atsargų klasifikavimo problemai spręsti. Tam yra pasirenkamas tam tikras skaičius kriterijų J . Tuomet i -tojo atsargų vieneto įvertis pagal j -tąjį kriterijų žymimas y_{ij} . Atliekant analizę šiuo metodu, siekiama įverčius pagal keletą skirtingų kriterijų paversti bendru atsargų vieneto įverčiu. Kiekvienam kriterijui priskiriamas svoris w_{ij} , kuris parodo, kokią dalį i -tojo atsargų vieneto rezultate sudaro j -tasis kriterijus. Bendras atsargų vieneto įvertis nustatomas pagal (2.25) formulę.

$$S_i = \sum_{j=1}^J w_{ij} y_{ij}. \quad (2.25)$$

Įvedamas apribojimas – kriterijų svorių suma turi būti lygi vienetui. Atskiri kriterijai gali būti palyginti, tik normalizavus jų reikšmes. Normalizuojant pasirenkamos didžiausios ir mažiausios įverčių reikšmės. Pagal siūlomą modelį, kriterijų svoriai gaunami endogeniškai – jų reikšmės gaunamos automatiškai, išsprendus linijinį programavimo modelį, todėl nereikia iš anksto nustatyti svorių reikšmių.

Ruudas H. Teunteris ir kt. (Teunter *et al.* 2009) pažymi, kad ABC klasifikacija yra plačiai taikoma įmonėse, siekiant efektyviai kontroliuoti atsargas, kurias sudaro daug atskirų vienetų, vadinamų atsargų vienetais. Dažnai klasifikuojama pagal metinį prekės poreikį. Skirtingoms prekių klasėms taikomas skirtingas aptarnavimo lygis. Autoriai siūlo prekių klasifikavimo metodą, kurį taikant pasiekiamos minimalios bendrosios išlaidos ir reikiamas atsargų lygis. Šiuo atveju, klasifikuojant prekes, atsižvelgiama ne tik į atskirų prekių poreikį, bet ir į jų laikymo išlaidas. Aptarnavimo lygis – tai klientų paklausos dalis, kurią galima patenkinti turimomis atsargomis. Jį galima apskaičiuoti, apskaičiavus atsargų vienetų aptarnavimo lygių vidurkį, pritaikant atskiriems atsargų vienetais atitinkamus svorio koeficientus pagal jų svarbą.

Autoriai teigia, kad jų siūlomą klasifikaciją galima taikyti visiems populiariausiems atsargų valdymo metodams: užsakomo kiekio, užsakymo iki pasirinkto lygio, tiek pastovios, tiek periodinės peržiūros sistemoms, esant bet kokiam paklausos pasiskirstymui.

Atsargų vieneto suminės išlaidos gali būti apskaičiuojamos pagal (2.26) formulę:

$$\sum_{i=1}^N (h_i SS_i + h_i \frac{Q_i}{2} + b_i D_i (1 - FR_i)); \quad (2.26)$$

čia N – atsargų vienetų skaičius;

b_i – praradimo kaina (nepatenkintos paklausos vieneto kaina) atsargų vienetai;

D_i – paklausa per laiko vienetą atsargų vienetai;

FR_i – atsargų užpildymo lygis (paklausos patenkinimo lygis) atsargų vienetai;

h_i – atsargų laikymo išlaidos (atsargų vienetai per laiko vienetą);

SS_i – atsargų vieneto rezervas (vidutinis atsargų lygis prieš pat atsargų papildymą).

Aptarnavimo lygis atsargų vienetai gali būti apskaičiuotas pagal (2.27) formulę.

$$CSL_i = 1 - \frac{h_i Q_i}{b_i D_i}, \quad (2.27)$$

čia Q_i – vidutinis užsakomas i -tojo atsargų vieneto kiekis.

Pabrėžiama, kad aptarnavimo lygis, remiantis (2.27) formule, tam tikrais ekstremaliais atvejais gali būti neigiamas, jei paklausa ir praradimo išlaidos yra labai maži, tačiau neturi reikšmės siūlomo ABC klasifikacijos metodo taikymui, nes formulė taikoma tik atsargų vienetų rūšiavimui pagal svarbą, o ne jų tikrajam aptarnavimo lygiui nustatyti. Formulė pagrįsta tuo, kad prieš atsargų papildymą laikotarpiu, kurio trukmė lygi $\frac{Q_i}{D_i}$, atsargų laikymo išlaidos bus lygios $\frac{h_i Q_i}{D_i}$ kiekvienam atsargų vieneto elementui, tačiau jei atsargos yra visiškai išsekusios, kiekvienas atsargų rezerve esantis prekės vienetas apsaugo nuo nepatenkintos paklausos, kurios vieneto išlaidos lygios b_i . Tikėtinas šių išlaidų sumažinimo dydis lygus $b_i(1 - CSL_i)$, todėl (2.27) formulė subalansuoja atsargų laikymo ir nepatenkintos paklausos išlaidas.

Atsargų vienetai rikiuojami pagal rodiklį $\frac{b_i D_i}{h_i Q_i}$ jo didėjimo tvarka ir pagal tai skirstomi į atskiras klases, kiekvienai klasei nustatant skirtingą aptarnavimo lygį. Šis metodas paremtas mažiausių sąnaudų principu. Metodo privalumas – jis atsižvelgia į trūkumų sukeltas išlaidas, o tai yra itin svarbu atvejais, kur prekių trūkumai nėra leistini. Taip pat, metode aukštesnį reitingą gauna prekės, kurių paklausa yra didesnė, o didelės prekės sandėliavimo išlaidos ir dideli užsakomi kiekiai reitingą mažina. Atlikta realių situacijų analizė rodo, kad šis metodas yra pranašesnis už kitus panašius metodus, leidžia netaikyti sudėtingų sprendimų paramos metodų, nes siūlomas kriterijus įvertina atskirų atsargų vienetų svarbą, atsižvelgiant į prekių trūkumo išlaidas.

Ching-Wu Chu ir kt. (Ching-Wu Chu *et al.* 2008) teigia, kad ABC analizė yra vienas labiausiai paplitusių atsargų klasifikavimo metodų organizacijose, leidžiantis suskirstyti atsargas į tris grupes: A – labai svarbios, B – svarbios ir C – mažiausiai svarbios. Laikas, pastangos ir sąnaudos, skiriami atsargų valdymui, turėtų būti proporcingi atsargų svarbai.

Pažymima, kad paprastai klasifikavimas į A, B ir C grupes paremtas tik vienu kriterijumi, dažniausiai – metine apyvarta, tačiau gali būti ir daugiau svarbių kriterijų, pavyzdžiui būtinumas, pakeičiamumas, minimalūs užsakomi kiekiai, paruošimo terminas.

Pastaruoju metu neapibrėžtai ir netiksliai informacijai ar duomenims apdoroti taikoma neraiškiųjų skaičių teorija, kuri naudoja turimą informaciją nepriklausomų požymių rinkinyje tam, kad būtų galima numatyti diskretaus ar kategoriškai priklausomo požymio reikšmę. Autoriai siūlo naują atsargų valdymo modelį, pavadintą ABC - neapibrėžtumo klasifikacija, kuris leidžia panaudoti atsargų valdymo specialisto patirtį, žinias ir vertinimus atsargų klasifikavimui ir gali būti lengvai pritaikomas.

Siūlomame ABC klasifikacijos modelyje atsargos skirstomos į klases pagal tokias proporcijas:

A klasės atsargos: 15-20 % atsargų vienetų, sudarančių 75-80 % metinės atsargų vertės;

B klasės atsargos: 30-40 % atsargų vienetų, sudarančių maždaug 15 % metinės atsargų vertės;

C klasės atsargos: 40-50 % atsargų vienetų, sudarančių 10-15 % metinės atsargų vertės.

Neraiškiųjų aibių klasifikacijos analizė (*fuzzy classification analysis*) dažniausiai taikoma bandomojo duomenų rinkinio klasifikavimui (šis rinkinys skirtas priklausomybėms nustatyti) ir bandymų duomenims numatyti. Bandomąjį duomenų rinkinį sudaro pavyzdiniai duomenys. Neraiškiųjų aibių klasifikacijai taikyti, būtina rasti priklausomybės funkciją tarp įvestų pavyzdinių duomenų rinkinių.

Pasirinkti klasifikacijos požymiai gali būti nominalūs (pvz. atsargos vieneto svarba gali būti vertinama taip: 2 – labai didelė, 1 – didelė, 0 – labai maža, analogiškai gali būti įvertinamas ir pasekmių dėl atsiradusio atsargų vieneto trūkumo dydis) arba nenominalūs (pvz. atsargų poreikio dažnumas). Pagal siūlomą metodą, nominalūs ir nenominalūs požymiai apdorojami atskirai.

Autorių siūlomas sprendimo algoritmas yra toks:

- 1) Aprašoma svarbos (kritiškumo) funkcija atsargų vienetams: $Y = f(X_1, X_2)$, čia X_1 – pasekmių, atsiradusių dėl atsargos vieneto trūkumo, dydis: labai didelės, didelės, nedidelės; X_2 – atsargų vieneto poreikis planuojamuoju laikotarpiu.
Klasifikacijos požymių gali būti ir daugiau.
- 2) Atsargų vienetai klasifikuojami, taikant tradicinę ABC analizę, kiekvienos grupės atsargas pažymint atitinkamai A_1 , A_2 ir A_3 .
- 3) Taikant neraiškiųjų aibių klasifikaciją, kiekviena iš šių 3 grupių skirstoma į dar 3 grupes pagal svarbą (kritiškumą):
 B_1 – labai svarbios (labai kritiškos);
 B_2 – svarbios (kritiškos);
 B_3 – nesvarbios (nekritiškos).
- 4) Išskiriamos 3 atsargų grupės pagal nagrinėtus kriterijus:
labai svarbių atsargų grupė (A_1B_1 , A_2B_1 , A_1B_2);
svarbių atsargų grupė (A_3B_1 , A_2B_2 , A_1B_3);
nesvarbių atsargų grupė (A_3B_2 , A_2B_3 , A_3B_3).

Nors siūlomas metodas leidžia gana tiksliai suskirstyti atsargas į grupes (siūloma skirstyti į 3 grupes, kiekvieną grupę skaidant į 3 pogrupius), tačiau skirstant taikoma per mažai vertinimo kriterijų, vertinant neišvengiama subjektyvumo (pvz. įvertinant atsargų vienetų kritiškumą).

ABC analizės populiarumo priežastis – kiekvienas tiekimo vadybininkas gali ją nesunkiai pritaikyti savo darbe (Ramanathan 2004). Paprastai atsargos klasifikuojamos, remiantis metinių atsargų sąnaudų verte (apyvarta), kurią lemia paklausos dydis ir vidutinė atsargų vieneto kaina. A klasės prekių kiekis nėra didelis, tačiau jos sudaro pagrindinę metinės apyvartos dalį, C klasės prekių kiekis didelis, tačiau jų dalis metinėje apyvartoje yra maža. B klasė – tarpinė tarp pirmųjų dviejų, tačiau kai kurie mokslininkai siūlo šios klasės atsisakyti.

Prekių skirstymas į klases nėra sudėtingas, kai klasifikuojamos atsargos yra pakankamai homogeniškos ir pagrindinis skirtumas tarp jų yra paklausa, tačiau realybėje dauguma organizacijų turi tūkstančius atsargų vienetų, kurie nėra homogeniški. Klientams reikalaujant vis platesnio prekių asortimento, atsiranda vis daugiau skirtingų atsargų rūšių, todėl neįmanoma kokybiškai suklasifikuoti prekių, taikant įprastą ABC analizę. Tam įvedami papildomi klasifikavimo kriterijai, įvertinantys atsargų vieneto svarbą ir sprendžiama klasifikavimo problema tampa daugiakritere atsargų klasifikavimo problema.

Siūlomas sprendimo modelis, kuriame turimos atsargos klasifikuojamos pagal daugelį kriterijų ir atitinkamų atsargų vienetų įverčius pagal šiuos kriterijus. Kiekvienam kriterijui priskiriamas tam tikras svertinis koeficientas ir, sudėjus visus konkretaus atsargų vieneto įverčius, padaugintus iš atitinkamų koeficientų, gaunamas bendrasis atsargų vieneto įvertis, pagal kurį atsargos ir klasifikuojamos į A, B ir C grupes. Pasiūlytas linijinio programavimo su svorio koeficientų optimizavimu modelis tinka atsargų klasifikavimui pagal keletą kriterijų, yra lengvai pritaikomas praktikoje.

Mohammaditabar ir kt. teigia, kad klasifikavimas yra plačiai taikomas būdas dideliame atsargų kiekiui valdyti, kai kyla nekokybiško svarbiausių atsargų valdymo rizika, be reikalo naudojant valdymo resursus mažiau svarbių atsargų vienetų kontrolei (Mohammaditabar *et al.* 2011). Įvairios organizacijos klasifikuoja turimus atsargų vienetus ir kiekvienai klasei priskiria atitinkamą valdymo metodiką. Plačiausiai taikomas klasifikavimo metodas yra ABC analizė, kurią taikant dažniausiai naudojamas kriterijus – metinė atsargų vieneto apyvarta. Taip pat efektyvaus atsargų valdymo problema literatūroje dažniausiai išskaidoma į dvi dedamąsias: atsargų klasifikavimą ir tinkamos strategijos kiekvienai klasei parinkimą, tačiau taip nutolstama nuo pagrindinio uždavinio, nes nėra parenkamas racionalus sprendimas.

Pabrėžiama, kad efektyvi atsargų valdymo sistema turi pasižymėti taikymo paprastumu, aptarnavimo kokybe ir sąnaudų efektyvumu. Vienas iš siūlomo modelio tikslų yra išlaidų minimizavimas. Daroma prielaida, kad toje pačioje grupėje esančios atsargos turi tą patį atsargų papildymo ciklą, todėl pagrindinis skirtumas tarp atskirų atsargų grupių yra užsakymo intervalai, taigi dar vienas modelio tikslas – nustatyti užsakymo intervalus atskiroms atsargų grupėms. Teigiama, kad atsargų valdymo strategijos parinkimui svarbu nustatyti, su kokia paklausa susiduriama: užsakymo taško strategija taikoma, kai paklausa yra nepriklausoma, o žaliavų paklausos planavimo strategija taikoma, kai paklausa priklauso, taip pat paklausa gali būti deterministinė arba stochastinė. Kai atsargų parametrai (paklausa, paruošimo laikas ir pan.) yra deterministinio pobūdžio, taikomos skirtingos atsargų valdymo strategijos atneša panašius rezultatus, tačiau, esant stochastinio pobūdžio atsargas apibūdinantiems parametrams, taikoma pastovios peržiūros strategija reikalauja mažesnio atsargų rezervo, nei periodinė peržiūros strategija, o tai dažniausiai lemia mažesnes išlaidas atsargoms, nebent nuolatinės atsargų peržiūros sistemos administravimo išlaidos yra daug didesnės už periodinės peržiūros sistemos administravimo išlaidas. Dažniausiai labai svarbiems atsargų vienetams taikoma nuolatinės peržiūros strategija, o mažiau svarbioms – periodinės peržiūros strategija, tačiau tobulėjant technologijoms šiuolaikinės įmonės paprastai renkasi nuolatinės peržiūros strategiją.

Autoriai teigia, kad klasifikuojant atsargas į grupes, reikėtų atsižvelgti ne tik į bendrąsias išlaidas, bet ir į kitus veiksnius, t.y. panašias prekes (pvz., to paties tiekėjo) priskirti tai pačiai

grupei. Pasak autorių, dauguma kitų klasifikavimo metodų taip pat remiasi panašių atsargų vienetų grupavimu (pvz., pagal metinę apyvartą) ir pagrindinis skirtumas yra panašumų skaičiavimo būdas. Siūlomame modelyje taikomas nepanašumo indeksas kiekvienai atsargų vienetų porai, jį minimizuojant. Taip galima apibrėžti daugelį kriterijų ir naudoti juos algoritme.

Taikant modelį, pirmiausia atsargų vienetų įverčiai normalizuojami, kad įgautų reikšmes nuo 0 iki 1. Normalizuojant taikoma (2.28) formulė

$$y_{ik} = \frac{y_{ik} - \min_k}{\max_k - \min_k}; \quad (2.28)$$

čia y_{ik} – i-tojo atsargų vieneto k-tojo kriterijaus įvertis;

$\min_k, \max_k$ – mažiausi ir didžiausi k-tojo kriterijaus įverčiai.

Modelis išsprendžiamas, atsargas klasifikuojant į 3 grupes. Užbaigus sprendimo algoritmą, grupė, kuriai priskirtos atsargos su tankiausiu užsakymų dažniu, prilyginama A grupei, su rečiausiu dažniu – C grupei, likusios atsargos priskiriamos B grupei. Metodo trūkumas - sudėtingas ir daug laiko reikalaujantis algoritmo sprendimas.

3. ATSARGŲ VALDYMO MODELIO KŪRIMAS BEI TAIKYMAS REALIOJE ĮMONĖJE

3.1. Pagrindiniai įmonės veiklos rodikliai

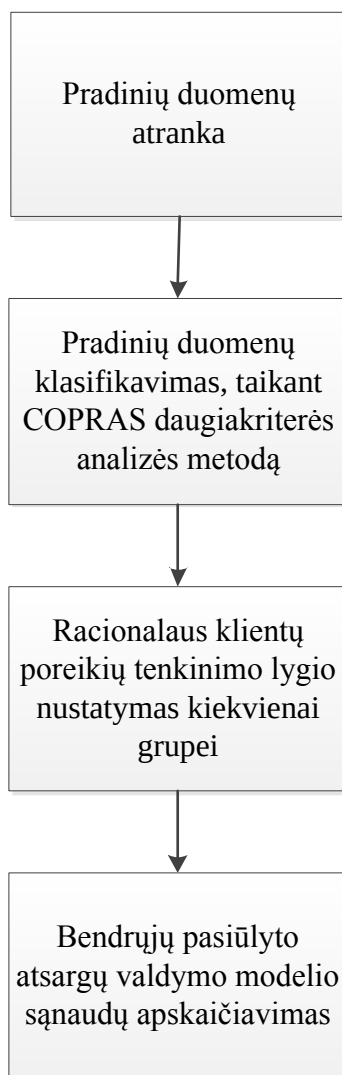
Ankstesnėse magistro darbo dalyse apžvelgtos atsargų valdymo metodikos bus pritaikytos, naudojant realios statybos sektoriaus įmonės atsargų charakteristikas ir pardavimų duomenis. Pagrindiniai įmonę ir jos atsargų sistemą apibūdinantys rodikliai pateikti 3.1 lentelėje.

3.1 lentelė. Pagrindiniai įmonės veiklą ir jos atsargų valdymo sistemą charakterizuojantys rodikliai

Darbuotojų skaičius	28
Metinė apyvarta, Lt (2012 m.)	8 300 000
Tiekėjų skaičius	~45
Atsargų kiekis (atsargų vienetų skaičius)	3800
Atsargų (prekių) grupių skaičius	30
Bendra atsargų savikaina	2 500 000 Lt
Sandėlių plotas	1852 m ²
Sandėlio darbuotojų skaičius	5
Atsargų valdymo specialistų skaičius	2
Bendros metinės atsargų sandėliavimo išlaidos	510 000 Lt
Santykinės atsargų sandėliavimo mėnesio išlaidos	1,7 %

3.2. Atsargų valdymo modelio sudarymas

Apibendrinus nagrinėtas atsargų valdymo metodikas, buvo sudaryta schema, kuria remiantis bus aprašyta siūloma realios įmonės atsargų valdymo metodika (4.1 pav.)



3.1 pav. Siūlomo atsargų valdymo modelio įgyvendinimo schema

Siūlomo modelio įgyvendinimo algoritmas apima keletą etapų. Pirmasis – pradinių duomenų atranka – duomenų apie įmonės atsargų vienetus bei jų charakteristikas atranka, grupavimas. Antrasis etapas – pradinių duomenų klasifikavimas, taikant COPRAS daugiakriterės analizės metodą – atsargų vienetai klasifikuojami į 3 grupes, atsižvelgiant į jų svarbą įmonei. Trečiasis etapas – racionalaus klientų poreikių tenkinimo lygio, užtikrinančio mažiausias bendrąsias išlaidas, kurias sudaro prarastas pelnas bei atsargų įsigijimo ir sandėliavimo išlaidos, nustatymas. Paskutiniajame etape nustatomos bendrosios pasiūlyto modelio sąnaudos – visos įmonės atsargų valdymo sistemos sąnaudos.

3.3. Atsargų valdymo modelio įgyvendinimas

3.3.1. Pradinių duomenų atranka

Remiantis 3.1 lentelėje pateiktais duomenimis, įmonės atsargas sudaro 30 atsargų vienetų grupių. Atsargos į jas suskirstytas pagal funkcinę paskirtį. Aprašant siūlomą atsargų metodiką,

siekiant įvertinti jos efektyvumą, bus naudojami realūs pastarųjų dvejų metų įmonės pardavimų duomenys, taip pat duomenys apie atsargų vienetų kainas, pelną. Skaičiavimams pasirinkti duomenys iš 3 skirtingų atsargų vienetų grupių, siekiant nustatyti racionalų paklausos tenkinimo lygį kiekvienai grupei atskirai bei rasti mažiausias sumines išlaidas užtikrinantį sprendinį. Grupės vertinamos atskirai, nes skiriasi jas sudarančių atsargų vienetų charakteristikos – kaina, pelningumas, apyvartos ir pan. Atrinktos šios atsargų grupės:

- S – atsargų vienetai, pasižymintys žema savikaina, parduodami dideliais kiekiais;
- M – atsargų vienetai, pasižymintys vidutinio dydžio savikaina, parduodami gana dideliais kiekiais;
- L – atsargų vienetai, pasižymintys didele savikaina, parduodami nedideliais kiekiais.

Atrinkti duomenys pateikti 4.2 lentelėje.

3.3.2. Atrinktų duomenų klasifikavimas, taikant COPRAS daugiakriterės analizės metodą

3.3.2.1. Rodiklių parinkimas

Pirmasis žingsnis, taikant bet kurį daugiakriterio vertinimo metodą yra rodiklių parinkimas. Daugelyje apžvelgtų šaltinių teigiama, kad dažniausiai atsargos klasifikuojamos, atsižvelgiant į jų metinę apyvartą (Ramanathan 2004; Mohammaditabar et. al 2011). Žinoma, toks klasifikavimas nėra pakankamai objektyvus, todėl šiame darbe, siekiant visapusiškai įvertinti atsargų vienetų savybes, buvo pasirinkti 7 vertinimo kriterijai (3.2 lentelė)

3.2 lentelė. Rodikliai prekių ABC analizei atlikti

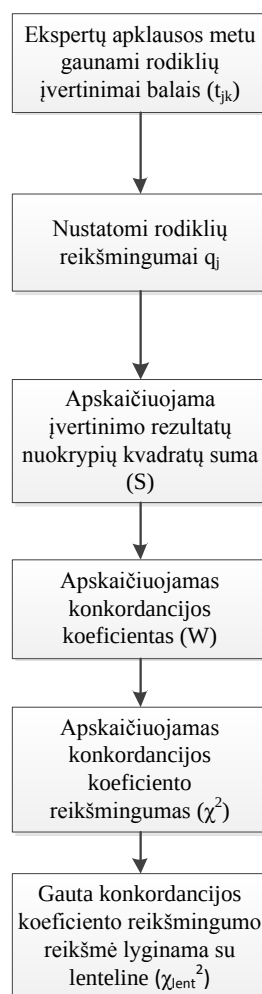
Rodiklis	Mato vnt.	Pobūdis	Kryptis	Apibūdinimas
Metinė atsargų vienetų apyvarta (R1)	Lt	Kiekybinis	Max	Atsargų vienetų metinių pardavimų suma pagal atsargų vienetų įsigijimo savikainą
Atsargų vienetų pardavimo pelningumas (R2)	%	Kiekybinis	Max	Atsargų vienetų pardavimo pelno ir atsargų vienetų įsigijimo savikainos santykis
Metinis pardavimo pelnas (R3)	Lt	Kiekybinis	Max	Bendras metinis atsargų vienetų pardavimo pelnas
Kritinis atsargų atstatymo laikas (R4)	Savaitės	Kiekybinis	Max	Mažiausias laikas, per kurį galima atstatyti optimalų atsargų lygį, esant netikėtam paklausos padidėjimui

3.2 lentelės pabaiga

Pakaitalų kiekis įmonėje (R5)	Balai	Kokybinis	Min	Analogiškų prekių pasirinkimas įmonės asortimente
Pakaitalų kiekis rinkoje (R6)	Balai	Kokybinis	Min	Analogiškų prekių pasiūla rinkoje
Paklausos kintamumas (R7)	%	Kiekybinis	Min	Paklausos prognozavimo patikimumas, išreikštas paklausos standartinio nuokrypio ir vidurkio santykiu

3.3.2.2. Rodiklių reikšmingumų nustatymas ekspertinių įverčių metodu

Rodiklių reikšmingumai nustatomi, taikant ekspertinių įverčių metodą. Jo taikymo algoritmas pavaizduotas 3.2 pav.



3.2 pav. Rodiklių reikšmingumo nustatymo ekspertinių įverčių metodu algoritmas (pagal Zavadskas *et. al.* 2010)

Rodiklių reikšmingumai apskaičiuojami, taikant (3.1) formulę.

$$q_j = \frac{\bar{t}_j}{\sum_{j=1}^n \bar{t}_j}; \quad (3.1)$$

čia $\bar{t}_j$ – vidutinė kriterijaus įverčio reikšmė, apskaičiuojama pagal (3.2) formulę.

$$\bar{t}_j = \frac{\sum_{k=1}^r t_{jk}}{r}; \quad (3.2)$$

čia t_{jk} – k-ojo eksperto priskirtas įvertinimas j-ajam rodikliui;

r – ekspertų skaičius.

Įvertinimo rezultatų nuokrypių kvadratų suma apskaičiuojama pagal (3.3) formulę.

$$S = \sum_{j=1}^n \left[\sum_{k=1}^r t_{jk} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r t_{kj} \right]^2; \quad (3.3)$$

čia n – rodiklių skaičius.

Konkordancijos koeficientas, rodantis ekspertų nuomonių suderinamumą, apskaičiuojamas pagal (3.4) formulę. Jo reikšmės gali svyruoti intervale $[0;1]$. Kuo reikšmė artimesnė vienetui, tuo geresnis ekspertų nuomonių suderinamumas.

$$W = \frac{12S}{r^2(n^3-n)}. \quad (3.4)$$

Konkordancijos koeficiento reikšmingumas apskaičiuojamas pagal (3.5) formulę.

$$\chi^2 = \frac{12S}{rn(n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^r T_k}. \quad (3.5)$$

Gauta konkordancijos koeficiento reikšmingumo reikšmė turi būti palyginta su lenteline ir, jei tenkinama sąlyga $\chi^2 > \chi^2_{lent}$, ekspertų nuomonė laikoma suderinta.

Ekspertų apklausos rezultatai ir rodiklių reikšmingumų nustatymo eiga pateikti 3.3 lentelėje.

3.3 lentelė. Ekspertų apklausos rezultatai ir rodiklių reikšmingumų nustatymo eiga

Ekspertai	Rodikliai							
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	
E.1	10	10	10	10	8	8	8	Įverčiai
E.2	8	10	10	7	6	7	8	
E.3	8	7	8	10	5	6	6	
E.4	7	7	8	10	8	7	7	
E.5	10	10	10	8	8	8	8	
E.6	10	9	8	10	10	8	10	
E.7	10	8	7	10	10	10	8	
E.8	9	9	7	7	6	5	10	
E.9	9	8	10	7	5	6	8	
E.10	9	8	10	7	10	10	10	
E.11	10	10	10	10	8	6	7	

3.3 lentelės pabaiga

E.12	10	10	10	10	7	8	8	Įverčiai
E.13	10	10	10	8	8	6	6	
E.14	9	8	10	9	7	8	9	
E.15	10	7	10	9	5	6	7	
E.16	10	10	10	8	8	8	10	
E.17	8	8	7	7	6	7	10	
E.18	10	10	10	8	5	10	10	
E.19	10	8	9	8	5	9	10	
E.20	9	10	10	8	8	9	10	
Suma	186	177	184	171	143	152	170	
Reikšmingumas q	0,157	0,150	0,156	0,145	0,121	0,128	0,144	
S	0,853	1,397	1,432	1,524	2,976	2,253	2,053	
Rangų sumos vidurkis	169							
Įvertinimų nuokrypių kvadratų suma S	1548							
Konkordancijos koeficientas W	0,138							
Konkordancijos koeficiento reikšmingumas χ^2	16,586							
Lentelinis konkordancijos koeficiento reikšmingumas $\chi^2_{lent.}$ (Jones 2013)	14,449 ($\alpha=0,95$; $v=6$)							

Sąlyga $\chi^2 > \chi^2_{lent}$ tenkinama, todėl ekspertų nuomonė yra suderinta.

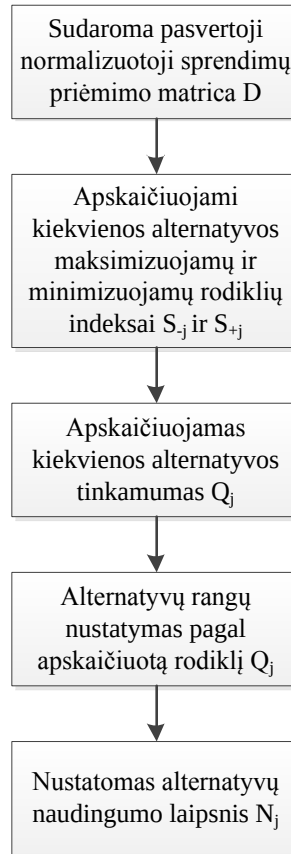
3.3.2.3. Atsargų vienetų klasifikavimas, taikant COPRAS daugiakriterio vertinimo metodą

Pasirinkus klasifikavimo rodiklius ir nustačius jų santykinius reikšmingumus, atliekamas klasifikavimas, skirstant atsargų vienetus į 3 klases: A, B ir C, kurioms, atsižvelgiant į jų svarbą įmonės atsargų valdymo sistemoje, bus taikomas skirtingas aptarnavimo lygis.

Klasifikavimas atliekamas, laikantis tokio atsargų santykio (Christopher 2007):

- A atsargų grupė – 20 % atsargų pozicijų;
- B atsargų grupė – 50 % atsargų pozicijų;
- C atsargų grupė – 30% atsargų pozicijų.

Daugiakriterio vertinimo metodo COPRAS taikymo algoritmas pavaizduotas 3.3 pav.



3.3 pav. Daugiakriterio vertinimo metodo COPRAS taikymo algoritmas (pagal Kaklauskas *et al.* 2004)

Normalizuotosios pasvertosios rodiklių reikšmės apskaičiuojamos, taikant (3.6) formulę.

$$q_j = \frac{x_{ij}q_{ij}}{\sum_{j=1}^n x_{ij}}, \quad i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}; \quad (3.6)$$

čia x_{ij} – i-ojo rodiklio reikšmė j-ajai alternatyvai;

m- rodiklių skaičius;

n – alternatyvų skaičius.

Minimizuojamų rodiklių indeksai S_{-j} ir S_{+j} apskaičiuojami, taikant (3.7) formulę.

$$S_{+j} = \sum_{i=1}^m d_{+ij}; \quad S_{-j} = \sum_{i=1}^m d_{-ij}, \quad i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}; \quad (3.7)$$

čia d_{+ij} - j - osios alternatyvos i - ojo maksimizuojamo rodiklio pasvertoji normalizuotoji reikšmė;

d_{-ij} - j - osios alternatyvos i - ojo minimizuojamo rodiklio pasvertoji normalizuotoji reikšmė.

Rodiklių tinkamumas Q_j apskaičiuojamas pagal (3.8) formulę.

$$Q_j = S_{+j} + \frac{S_{-min} \sum_{j=1}^n S_{-j}}{S_{-j} \sum_{j=1}^n \frac{S_{-min}}{S_{-j}}}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (3.8)$$

Alternatyvos naudingumo laipsnis apskaičiuojamas pagal (3.9) formulę.

$$N_j = \frac{Q_j}{Q_{max}}; \quad (3.9)$$

čia Q_j – j – osios alternatyvos tinkamumas;

$Q_{\max}$ – racionalios alternatyvos tinkamumas.

3.4 lentelėje pateikti atsargų klasifikavimo į 3 grupes rezultatai.

Skaičiavimams atlikti naudojamų pradinį duomenų matrica vaizduojama 3.5 lentelėje.

Daugiakriterės analizės, taikant COPRAS metodą, sprendimo eiga ir rezultatai pateikti 3.6 lentelėje. Atsargų vienetai surikiuoti pagal tinkamumą Q_j nuo didžiausios iki mažiausios jo reikšmės.

3.4 lentelė. Atsargų klasifikavimo rezultatai

A klasės atsargos	S.1	M.16	L.2
	S.12	M.1	L.13
	S.6	M.30	L.3
	S.21	M.20	L.7
	S.13	M.9	
	S.28	M.13	
B klasės atsargos	S.10	M.21	L.4
	S.4	M.17	L.8
	S.16	M.27	L.6
	S.27	M.19	L.11
	S.14	M.29	L.5
	S.29	M.2	L.1
	S.30	M.3	L.15
	S.23	M.26	L.14
	S.26	M.22	L.9
	S.11	M.25	L.17
	S.18	M.14	
	S.22	M.23	
	S.3	M.24	
	S.17	M.28	
	S.15	M.10	
C klasės atsargos	S.19	M.12	L.16
	S.25	M.6	L.12
	S.2	M.11	L.10
	S.24	M.5	L.19
	S.8	M.18	L.18
	S.9	M.15	L.20
	S.20	M.8	
	S.5	M.7	
	S.7	M.4	

3.5 lentelė. Pradinių duomenų matrica.

	Metinė apyvarta	Pelningumas	Metinis pelnas	Atsargų atstatymo laikas	Pakaitalų kiekis įmonėje	Pakaitalų kiekis rinkoje	Paklausos kintamumas
Mato vnt.	Lt	%	Lt	savaitės	balai	balai	-
Optimizavimo kryptis	max	max	max	max	min	min	min
Reikšmingumas q	0,157	0,150	0,156	0,145	0,121	0,128	0,144
Alternatyvos	Atsargų grupė S						
S.1	12262	38,28	4694	4	2	3	0,543
S.2	236	105,51	249	4	2	3	0,884
S.3	300	131,67	395	4	2	3	0,818
S.4	3313	43,77	1450	4	2	3	0,537
S.5	241	39,00	94	4	2	3	0,750
S.6	3732	60,69	3984	4	2	3	0,340
S.7	145	60,69	88	4	2	3	1,133
S.8	509	60,12	306	4	2	3	1,079
S.9	301	44,52	134	4	1	3	1,015
S.10	2644	50,19	1327	4	1	3	0,328
S.11	1083	53,37	578	4	2	2	0,445
S.12	4551	73,68	3353	4	2	2	0,166
S.13	255	303,92	775	4	2	2	0,490
S.14	1914	48,48	928	4	2	2	0,273
S.15	1093	44,46	486	4	2	3	0,523
S.16	1872	78,53	1470	4	2	3	0,303
S.17	345	103,77	358	4	2	3	0,590
S.18	1263	55,66	703	4	2	3	0,545
S.19	879	53,92	474	4	2	3	0,611
S.20	211	61,61	130	4	2	3	1,019
S.21	3706	42,42	1572	4	1	2	0,266
S.22	1350	36,52	493	4	2	2	0,458
S.23	390	125,90	491	4	2	2	0,494

3.5 lentelės tęsinys

S.24	98	46,94	46	4	2	2	0,483
S.25	825	39,88	329	4	2	2	0,544
S.26	623	92,94	579	4	2	2	0,500
S.27	2354	50,59	1191	4	2	2	0,355
S.28	1807	88,21	1594	4	2	2	0,289
S.29	708	70,48	499	3	1	2	0,199
S.30	1235	59,19	731	3	1	2	0,431
Alternatyvos	Atsargų grupė M						
M.1	5230	50,50	2641,12	2	1	2	0,401
M.2	1832	52,84	968	2	2	2	0,472
M.3	2906	41,05	1193	2	3	3	1,192
M.4	709	52,05	369	2	3	3	0,974
M.5	1207	52,61	635	2	3	3	1,089
M.6	1437	58,87	846	2	3	3	1,420
M.7	472	55,08	260	2	2	3	0,911
M.8	448	67,41	302	2	2	3	0,975
M.9	2821	58,63	1654	2	2	2	0,537
M.10	494	61,34	303	2	1	2	0,687
M.11	417	66,19	276	2	1	2	0,906
M.12	494	71,66	354	2	1	2	0,938
M.13	2845	58,59	1667	2	2	2	0,590
M.14	1312	59,07	775	2	2	2	0,648
M.15	385	60,52	233	2	2	2	0,909
M.16	6113	67,56	4130	4	2	2	0,437
M.17	1718	67,29	1156	4	2	2	0,530
M.18	138	59,42	82	4	2	2	0,896
M.19	2153	44,31	954	4	2	2	0,505
M.20	1633	87,20	1424	4	2	2	0,219
M.21	1286	90,36	1162	4	2	2	0,415
M.22	236	86,44	204	4	1	2	0,694
M.23	353	64,87	229	4	1	2	0,709

3.5 lentelės pabaiga

M.24	177	89,83	159	4	1	2	0,837
M.25	477	72,96	348	4	2	2	0,474
M.26	533	82,93	442	4	2	2	0,525
M.27	933	84,46	788	4	2	2	0,236
M.28	496	62,30	309	4	2	2	0,517
M.29	613	78,14	479	4	1	2	0,492
M.30	4237	43,92	1861	4	1	2	0,290
Alternatyvos	Atsargų grupė L						
L.1	22136	23,36	5171	1	2	2	0,739
L.2	40923	23,61	9661	1	1	1	0,383
L.3	27203	25,33	6891	1	1	1	0,475
L.4	21289	28,31	6026	1	1	1	0,570
L.5	14616	27,42	4007	1	1	1	0,756
L.6	21378	24,20	5173	1	1	1	0,804
L.7	18515	48,70	9017	4	2	3	0,300
L.8	15877	50,48	8015	4	2	3	0,408
L.9	4332	37,53	1626	4	2	3	0,362
L.10	3329	36,77	1224	4	2	3	0,479
L.11	1099	50,77	558	4	1	2	0,245
L.12	3895	33,27	1296	4	2	3	0,444
L.13	25048	44,11	11048	4	2	2	0,230
L.14	5695	34,50	1965	4	2	2	0,381
L.15	5984	42,65	2552	4	2	2	0,447
L.16	3818	44,42	1696	4	2	2	0,790
L.17	1015	43,15	438	4	1	2	0,723
L.18	299	58,86	176	2	2	3	0,437
L.19	386	64,51	249	2	2	3	0,436
L.20	1226	49,59	608	2	1	2	1,725

3.6 lentelė. Daugiakriterės analizės, taikant COPRAS metodą, sprendimo eiga ir rezultatai

	Metinė apyvarta	Pelningumas	Metinis pelnas	Atsargų atstatymo laikas	Pakaitalų kiekis įmonėje	Pakaitalų kiekis rinkoje	Paklausos pastovumas			
Optimizavimo kryptis	max	max	max	max	min	min	min	S ₊	S ₋	Q
Alternatyvos	Atsargų grupė S									
S.1	0,038	0,003	0,025	0,005	0,004	0,005	0,005	0,071	0,014	0,081
S.2	0,001	0,007	0,001	0,005	0,004	0,005	0,008	0,014	0,017	0,023
S.3	0,001	0,009	0,002	0,005	0,004	0,005	0,007	0,017	0,017	0,026
S.4	0,010	0,003	0,008	0,005	0,004	0,005	0,005	0,026	0,014	0,036
S.5	0,001	0,003	0,000	0,005	0,004	0,005	0,007	0,009	0,016	0,018
S.6	0,012	0,004	0,021	0,005	0,004	0,005	0,003	0,042	0,012	0,053
S.7	0,000	0,004	0,000	0,005	0,004	0,005	0,010	0,010	0,019	0,018
S.8	0,002	0,004	0,002	0,005	0,004	0,005	0,009	0,012	0,019	0,020
S.9	0,001	0,003	0,001	0,005	0,002	0,005	0,009	0,010	0,016	0,019
S.10	0,008	0,003	0,007	0,005	0,002	0,005	0,003	0,024	0,010	0,038
S.11	0,003	0,004	0,003	0,005	0,004	0,003	0,004	0,015	0,012	0,028
S.12	0,014	0,005	0,018	0,005	0,004	0,003	0,001	0,042	0,009	0,058
S.13	0,001	0,021	0,004	0,005	0,004	0,003	0,004	0,031	0,012	0,043
S.14	0,006	0,003	0,005	0,005	0,004	0,003	0,002	0,019	0,010	0,033
S.15	0,003	0,003	0,003	0,005	0,004	0,005	0,005	0,014	0,014	0,024
S.16	0,006	0,005	0,008	0,005	0,004	0,005	0,003	0,024	0,012	0,036
S.17	0,001	0,007	0,002	0,005	0,004	0,005	0,005	0,015	0,015	0,025
S.18	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004	0,005	0,005	0,016	0,014	0,027
S.19	0,003	0,004	0,002	0,005	0,004	0,005	0,005	0,014	0,015	0,024
S.20	0,001	0,004	0,001	0,005	0,004	0,005	0,009	0,011	0,018	0,018
S.21	0,012	0,003	0,008	0,005	0,002	0,003	0,002	0,028	0,008	0,046
S.22	0,004	0,003	0,003	0,005	0,004	0,003	0,004	0,014	0,012	0,027
S.23	0,001	0,009	0,003	0,005	0,004	0,003	0,004	0,017	0,012	0,029
S.24	0,000	0,003	0,000	0,005	0,004	0,003	0,004	0,009	0,012	0,021
S.25	0,003	0,003	0,002	0,005	0,004	0,003	0,005	0,012	0,013	0,024

3.6 lentelės tęsinys

S.26	0,002	0,006	0,003	0,005	0,004	0,003	0,004	0,016	0,012	0,028
S.27	0,007	0,003	0,006	0,005	0,004	0,003	0,003	0,022	0,011	0,035
S.28	0,006	0,006	0,008	0,005	0,004	0,003	0,003	0,025	0,010	0,039
S.29	0,002	0,005	0,003	0,004	0,002	0,003	0,002	0,013	0,007	0,033
S.30	0,004	0,004	0,004	0,004	0,002	0,003	0,004	0,015	0,009	0,031
Alternatyvos	Atsargų grupė M									
M.1	0,019	0,004	0,016	0,003	0,002	0,004	0,003	0,041	0,009	0,060
M.2	0,007	0,004	0,006	0,003	0,004	0,004	0,003	0,020	0,012	0,033
M.3	0,010	0,003	0,007	0,003	0,007	0,006	0,008	0,024	0,021	0,032
M.4	0,003	0,004	0,002	0,003	0,007	0,006	0,007	0,012	0,019	0,020
M.5	0,004	0,004	0,004	0,003	0,007	0,006	0,008	0,015	0,020	0,023
M.6	0,005	0,005	0,005	0,003	0,007	0,006	0,010	0,018	0,022	0,025
M.7	0,002	0,004	0,002	0,003	0,004	0,006	0,006	0,011	0,017	0,020
M.8	0,002	0,005	0,002	0,003	0,004	0,006	0,007	0,012	0,017	0,021
M.9	0,010	0,005	0,010	0,003	0,004	0,004	0,004	0,028	0,012	0,041
M.10	0,002	0,005	0,002	0,003	0,002	0,004	0,005	0,011	0,011	0,026
M.11	0,001	0,005	0,002	0,003	0,002	0,004	0,006	0,011	0,012	0,024
M.12	0,002	0,006	0,002	0,003	0,002	0,004	0,007	0,013	0,013	0,025
M.13	0,010	0,004	0,010	0,003	0,004	0,004	0,004	0,028	0,012	0,041
M.14	0,005	0,005	0,005	0,003	0,004	0,004	0,005	0,017	0,013	0,030
M.15	0,001	0,005	0,001	0,003	0,004	0,004	0,006	0,011	0,015	0,022
M.16	0,022	0,005	0,025	0,006	0,004	0,004	0,003	0,058	0,011	0,072
M.17	0,006	0,005	0,007	0,006	0,004	0,004	0,004	0,025	0,012	0,038
M.18	0,000	0,005	0,000	0,006	0,004	0,004	0,006	0,012	0,015	0,023
M.19	0,008	0,003	0,006	0,006	0,004	0,004	0,004	0,023	0,012	0,037
M.20	0,006	0,007	0,008	0,006	0,004	0,004	0,002	0,027	0,010	0,044
M.21	0,005	0,007	0,007	0,006	0,004	0,004	0,003	0,025	0,011	0,039
M.22	0,001	0,007	0,001	0,006	0,002	0,004	0,005	0,015	0,011	0,030
M.23	0,001	0,005	0,001	0,006	0,002	0,004	0,005	0,014	0,011	0,029
M.24	0,001	0,007	0,001	0,006	0,002	0,004	0,006	0,015	0,012	0,028
M.25	0,002	0,006	0,002	0,006	0,004	0,004	0,003	0,016	0,012	0,030

3.6 lentelės pabaiga

M.26	0,002	0,006	0,003	0,006	0,004	0,004	0,004	0,017	0,012	0,031
M.27	0,003	0,006	0,005	0,006	0,004	0,004	0,002	0,021	0,010	0,037
M.28	0,002	0,005	0,002	0,006	0,004	0,004	0,004	0,015	0,012	0,028
M.29	0,002	0,006	0,003	0,006	0,002	0,004	0,003	0,017	0,010	0,034
M.30	0,015	0,003	0,011	0,006	0,002	0,004	0,002	0,036	0,008	0,056
Alternatyvos	Atsargų grupė L									
L.1	0,015	0,004	0,010	0,003	0,008	0,006	0,010	0,032	0,023	0,055
L.2	0,027	0,004	0,019	0,003	0,004	0,003	0,005	0,053	0,012	0,098
L.3	0,018	0,005	0,014	0,003	0,004	0,003	0,006	0,039	0,013	0,080
L.4	0,014	0,005	0,012	0,003	0,004	0,003	0,007	0,034	0,014	0,071
L.5	0,010	0,005	0,008	0,003	0,004	0,003	0,010	0,025	0,017	0,057
L.6	0,014	0,005	0,010	0,003	0,004	0,003	0,010	0,032	0,017	0,062
L.7	0,012	0,009	0,018	0,010	0,008	0,009	0,004	0,050	0,021	0,075
L.8	0,010	0,010	0,016	0,010	0,008	0,009	0,005	0,046	0,022	0,070
L.9	0,003	0,007	0,003	0,010	0,008	0,009	0,005	0,024	0,021	0,048
L.10	0,002	0,007	0,002	0,010	0,008	0,009	0,006	0,022	0,023	0,045
L.11	0,001	0,010	0,001	0,010	0,004	0,006	0,003	0,022	0,013	0,062
L.12	0,003	0,006	0,003	0,010	0,008	0,009	0,006	0,022	0,022	0,045
L.13	0,017	0,008	0,022	0,010	0,008	0,006	0,003	0,057	0,017	0,089
L.14	0,004	0,007	0,004	0,010	0,008	0,006	0,005	0,025	0,019	0,053
L.15	0,004	0,008	0,005	0,010	0,008	0,006	0,006	0,027	0,019	0,055
L.16	0,003	0,008	0,003	0,010	0,008	0,006	0,010	0,025	0,024	0,047
L.17	0,001	0,008	0,001	0,010	0,004	0,006	0,009	0,020	0,019	0,047
L.18	0,000	0,011	0,000	0,005	0,008	0,009	0,006	0,017	0,022	0,040
L.19	0,000	0,012	0,001	0,005	0,008	0,009	0,006	0,018	0,022	0,042
L.20	0,001	0,009	0,001	0,005	0,004	0,006	0,022	0,017	0,032	0,033

3.4. Racionalaus aptarnavimo lygio nustatymas

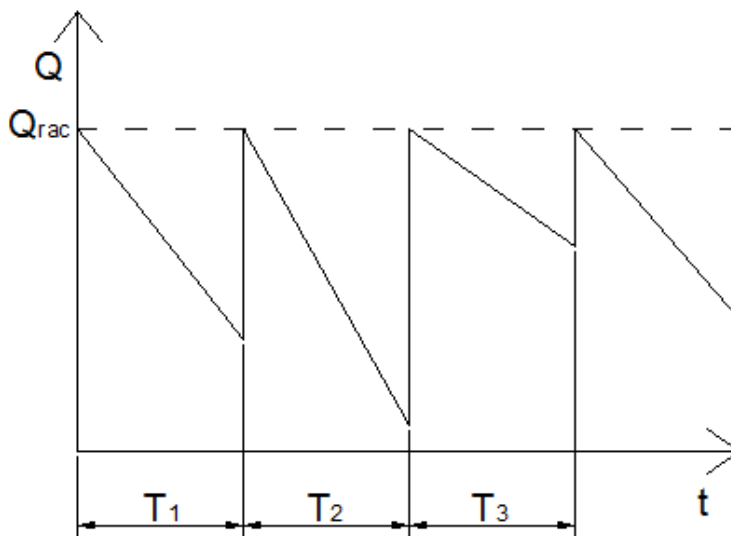
Viena iš priežasčių, lemiančių atsargų klasifikavimo tikslingumą – galimybė atsargų valdymo specialistui efektyviau planuoti darbo laiką, daugiau dėmesio skiriant svarbiausių – A klasės – atsargų valdymui. Idealiu atveju šių atsargų trūkumo tikimybė turėtų būti minimali. Tai padaryti galima būtų sandėliuojant didelius tokių atsargų kiekius, tačiau tuomet išaugtų sandėliavimo išlaidos ir priešingai – esant atsargų trūkumui, nepatenkinami vartotojų poreikiai, jie prekių įsigyja iš konkuruojančių įmonių – taip prarandamas pelnas. Racionali atsargų valdymo sistema turi užtikrinti kompromisą tarp šių neigiamai įmonės finansus veikiančių priežasčių.

Įmonė, kurios atsargų sistema nagrinėjama, užsiima prekyba, todėl paklausa yra stochastinio (tikimybinio) pobūdžio. Siūlomos atsargų valdymo metodikos esmė – nustatyti atskiroms atsargų klasėms (A, B ir C) skirtingus aptarnavimo lygius. Aptarnavimo lygis šiuo atveju – tikimybė, kad paklausa nagrinėjamu laikotarpiu neviršys turimų atsargų. Šio darbo tikslas – rasti racionalų sprendinį, kuris užtikrintų ne tik pakankamą klientų paklausos patenkinimo lygį, bet ir minimalias sandėliavimo išlaidas.

Atliekant skaičiavimus, daromos šios prielaidos:

- 1) paklausa pasiskirsčiusi pagal normalųjį dėsnį;
- 2) nepatenkinta paklausa laikoma prarastu pelnu – nuostoliais;
- 3) sandėliavimo išlaidos skaičiuojamos vidutiniam atsargų kiekiui nagrinėjamo atsargų atnaujinimo ciklo metu;
- 4) atsargų atnaujinimo ciklo pabaigoje atsargos papildomos iki lygio, atitinkančio nustatytą aptarnavimo lygį;
- 5) atsargų atnaujinimo ciklų trukmė yra iš anksto nustatyta ir nekintanti.

Atsargų atnaujinimo ciklas – laikotarpis tarp gretimų atsargų papildymų atvykimo į įmonės sandėlį, jo trukmė priklauso nuo tiekėjo. Bendroji atsargų atnaujinimo ciklo schema vaizduojama 3.4 pav.



Q – atsargų lygis, Q_{rac} – racionalus atsargų lygis, priklausantis nuo pasirinkto aptarnavimo lygio; T_1, T_2, T_3 – atsargų atnaujinimo ciklo trukmė (laikas tarp atsargų atnaujinimų) ($T_1 = T_2 = T_3 = \dots = T_n$).

3.4 pav. Atsargų atnaujinimo ciklo principinė schema

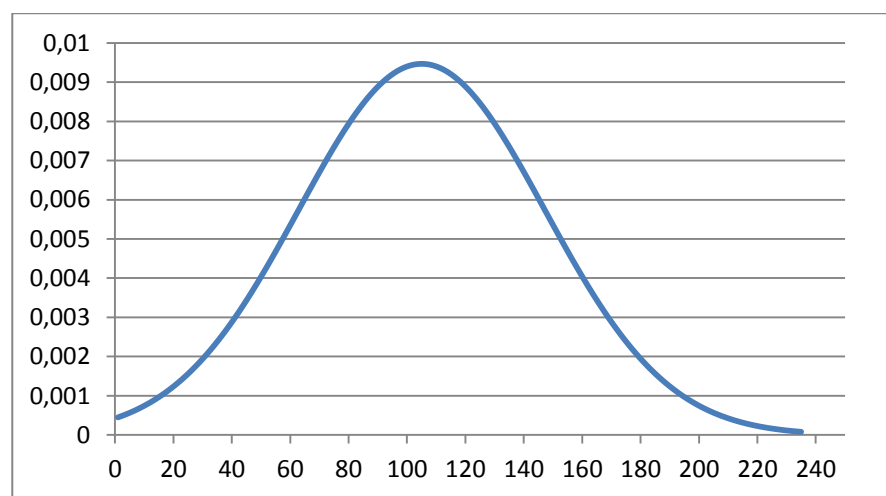
Normalusis skirstinys – plačiausiai taikomas ir dažniausiai sutinkamas tikimybių pasiskirstymo dėsnis (Swift 2001). Šio dėsnio tikimybinių tankio funkcija aprašoma (3.10) formule.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}. \quad (3.10)$$

Taigi, šį dėsnį charakterizuoja rodikliai 2 rodikliai: vidurkis μ ir standartinis nuokrypis σ . Naudojant programą MS Excel, vidurkis gali būti apskaičiuojamas funkcija MEAN, o standartinis nuokrypis – funkcija STDEV.

Skaičiavimams atlikti naudojami atrinktų atsargų vienetų 2011 ir 2012 m. pardavimo duomenys (A.1 priedas).

Pavyzdinė atsargų vienetų M.1 tikimybinių tankio funkcija matoma 3.5 pav.



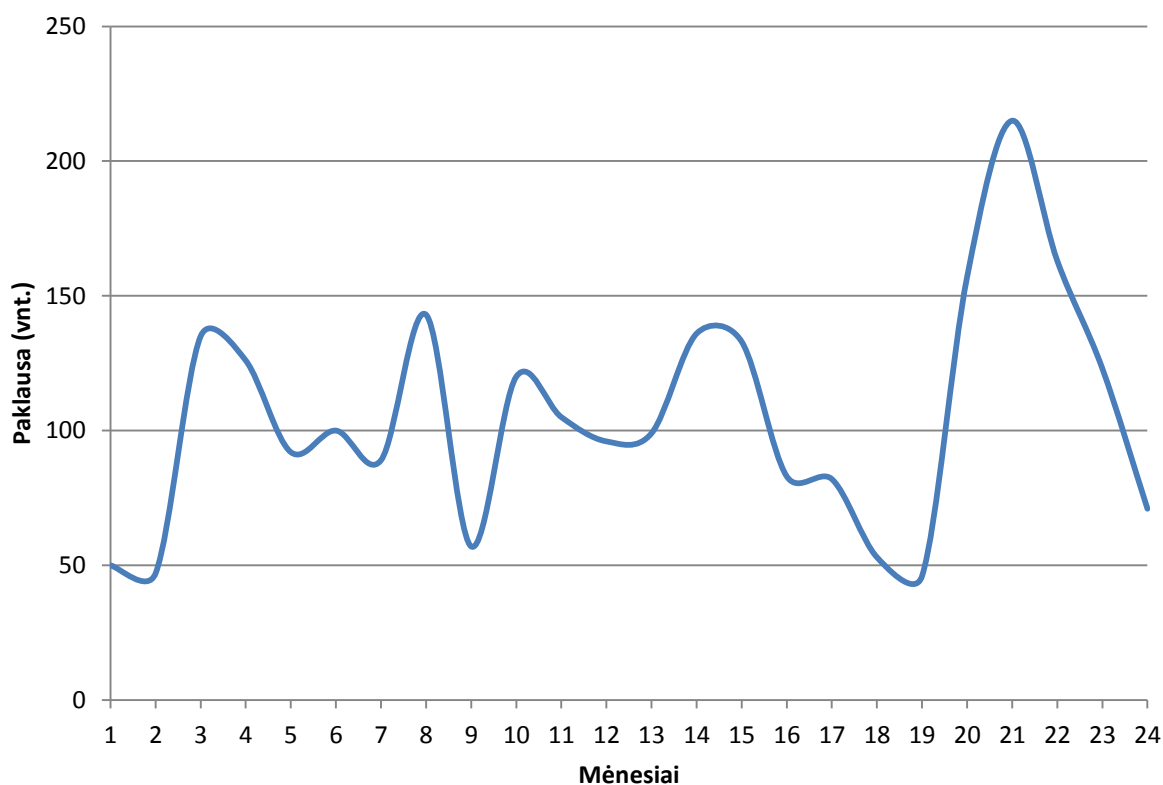
3.5 pav. Atsargų vienetų M.1 tikimybinių tankio funkcija

Nagrinėjant šią funkciją, galima pastebėti, kad tikimybė, jog paklausa įgis konkrečią vertę, yra labai nedidelė. Nustatant aptarnavimo lygį, įvertinama tikimybė, kad paklausa neviršys tam

tikro lygio ir ji yra lygi sumai tikimybių, atitinkančių visas paklausos reikšmes iki šios nustatytos ribos. Pavyzdžiui, tikimybė, kad atsargų vieneto M.1 paklausa laikotarpiu tarp atsargų atnaujinimo neviršys 200 vienetų, yra lygi 98 %. Tikimybė, kad paklausa įgis konkrečią vertę, MS Excel programa gali būti apskaičiuojama taikant funkciją NORMDIST.

Šiuo atveju svarbu nustatyti, koks turi būti palaikomas atsargų lygis, esant tam tikrai tikimybei arba patikimumo laipsniui, atitinkančiam aptarnavimo lygį. Tai galima padaryti MS Excel programos funkcija NORMINV. Pavyzdžiui, esant 90 % patikimumui (aptarnavimo lygiui), M.1 atsargų vieneto kiekis, palaikomas sandėlyje, turėtų būti 159 vienetai.

Kai kurioms prekėms būdingas sezoninis paklausos svyravimas, į kurį reikėtų atsižvelgti, rengiant tokių atsargų valdymo sistemą. Atrenkant duomenis, buvo įsitikinta, kad atrinktų atsargų vienetų paklausai sezoninis svyravimas nebūdingas. Pavyzdinis atsargų vieneto M.1 paklausos svyravimas 2011 – 2012 m. pavaizduotas 3.6 pav.



3.6 pav. Atsargų vieneto M.1 paklausos svyravimas 2011 – 2012 m.

Siekiant rasti racionalų sprendinį, turi būti nustatytas aptarnavimo lygis, kuriam esant išlaidos, kurias sudaro atsargų sandėliavimo išlaidos bei negautas pelnas dėl nepatenkintos klientų paklausos, būtų mažiausios. Aptarnavimo lygis atskiroms atsargų klasėms turi tenkinti sąlygas, pateiktas 3.7 lentelėje.

3.7 lentelė. Aptarnavimo lygio ribos atskiroms atsargų klasėms

Atsargų klasė	Aptarnavimo lygio ribos
A	>85 %
B	70-85 %
C	70-80 %

Šios sąlygos nustatomos taip, kad būtų išlaikytas pakankamai aukštas svarbiausių (A grupės) atsargų aptarnavimo lygis, o C klasės atsargoms, kurių valdymas turėtų reikalauti mažiausiai dėmesio, aukštą aptarnavimo lygį palaikyti nėra racionalu. Aptarnavimo lygis, žemesnis, nei 70 %, nėra leistinas ir šiame darbe nenagrinėjamas.

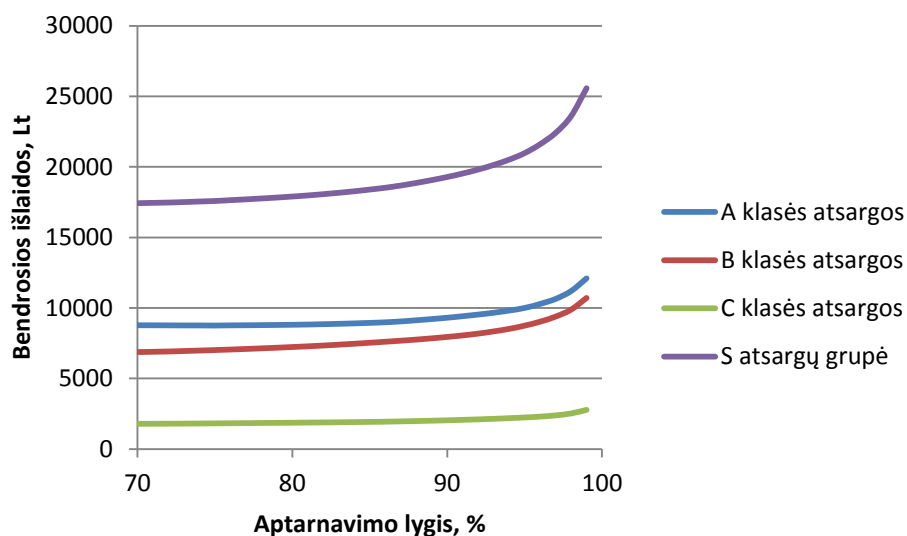
Atliekant skaičiavimus, pirmiausia nustatomas palaikomas atsargų lygis, esant tam tikram aptarnavimo lygiui, po to apskaičiuojamos suminės išlaidos. Skaičiavimo rezultatai S, M ir L atsargų grupėms pateikti 3.7, 3.8, 3.9 pav.

Išlaidas sudaro prarastas pelnas, susidarantis dėl negauto už parduotas atsargas pelno tam tikru laikotarpiu dėl atsargų trūkumo, palūkanos, sandėliavimo išlaidos (sandėlių nuoma, sandėlio darbuotojų darbo užmokestis).

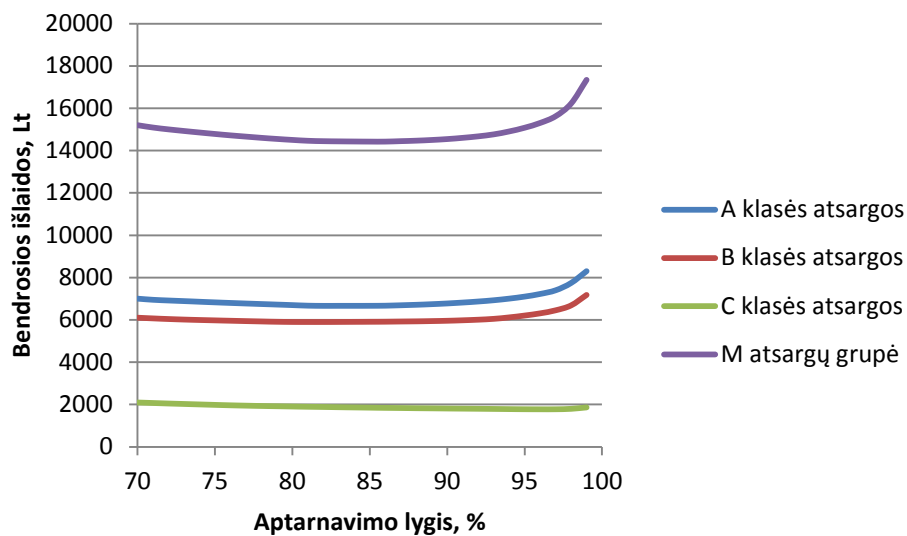
Skaičiavimams atlikti naudoti pradiniai duomenys pateikti 3.8 lentelėje.

3.8 lentelė. Pradiniai skaičiavimo duomenys

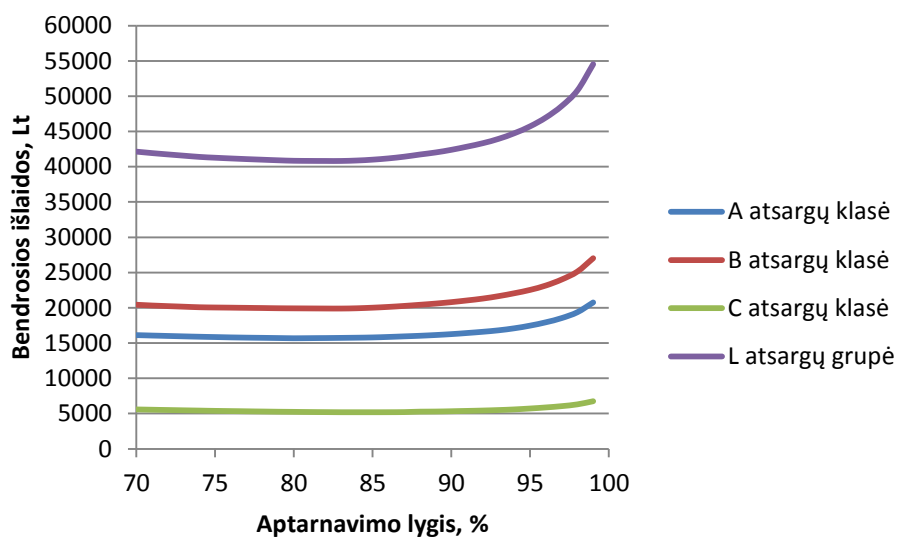
Sandėliavimo išlaidos	1,7 %
Palūkanų norma	4 %



3.7 pav. Bendrųjų išlaidų priklausomybės nuo aptarnavimo lygio grafikas S grupės prekėms



3.8 pav. Bendrųjų išlaidų priklausomybės nuo aptarnavimo lygio grafikas M grupės prekėms



3.9 pav. Bendrųjų išlaidų priklausomybės nuo aptarnavimo lygio grafikas L grupės prekėms

Gauti rezultatai, nagrinėjant S grupės atsargas, rodo, kad A grupės atsargoms bendrosios išlaidos yra mažiausios, kai aptarnavimo lygis siekia 74 %, B ir C atsargų bendrųjų atsargų mažiausia reikšmė yra žemiau 70 % ribos. Atsižvelgiant į 3.8 lentelėje pateiktus apribojimus, nustatytas racionalus klientų poreikio tenkinimo (aptarnavimo) lygis kiekvienai atsargų klasei bei visai S atsargų grupei pateiktas 3.9 lentelėje.

3.9 lentelė. Racionalūs aptarnavimo lygiai S grupės atsargoms

Klasė	Racionalus aptarnavimo lygis, %	Bendrosios išlaidos, Lt
A	85	8940
B	70	6870
C	70	1784
Bendrai S grupė	70	17425

Gauti rezultatai rodo, kad mažaverčiams atsargų vienetams palaikyti aukštą aptarnavimo lygį finansiškai nėra naudinga, todėl reikėtų vykdyti griežtą tokių prekių klasifikavimą, aukštą aptarnavimo lygį suteikiant tik pačioms svarbiausioms atsargoms.

Nagrinėjant vidutinio brangumo atsargų vienetus (M grupės atsargos), matoma kitokia tendencija: augant aptarnavimo lygiui, bendrosios išlaidos A ir B klasės atsargoms palaipsniui mažėja, kol, pasiekusios tam tikrą lygį, ima staiga augti. Nustatyta, kad A klasės atsargoms racionalus aptarnavimo lygis yra 84 %, o B klasės atsargoms – 82 %. C klasės atsargoms dėl nepastovios paklausos ir didelių prarasto pelno nuostolių bendrosios išlaidos išlieka stabilios, esant bet kokiam aptarnavimo lygiui. Taip pat apskaičiuota, kad racionalus M (vidutinės vertės atsargų vienetų) aptarnavimo lygis yra 86 %. Skaičiavimo rezultatai pateikti 3.10 lentelėje.

3.10 lentelė. Racionalūs aptarnavimo lygiai M grupės atsargoms

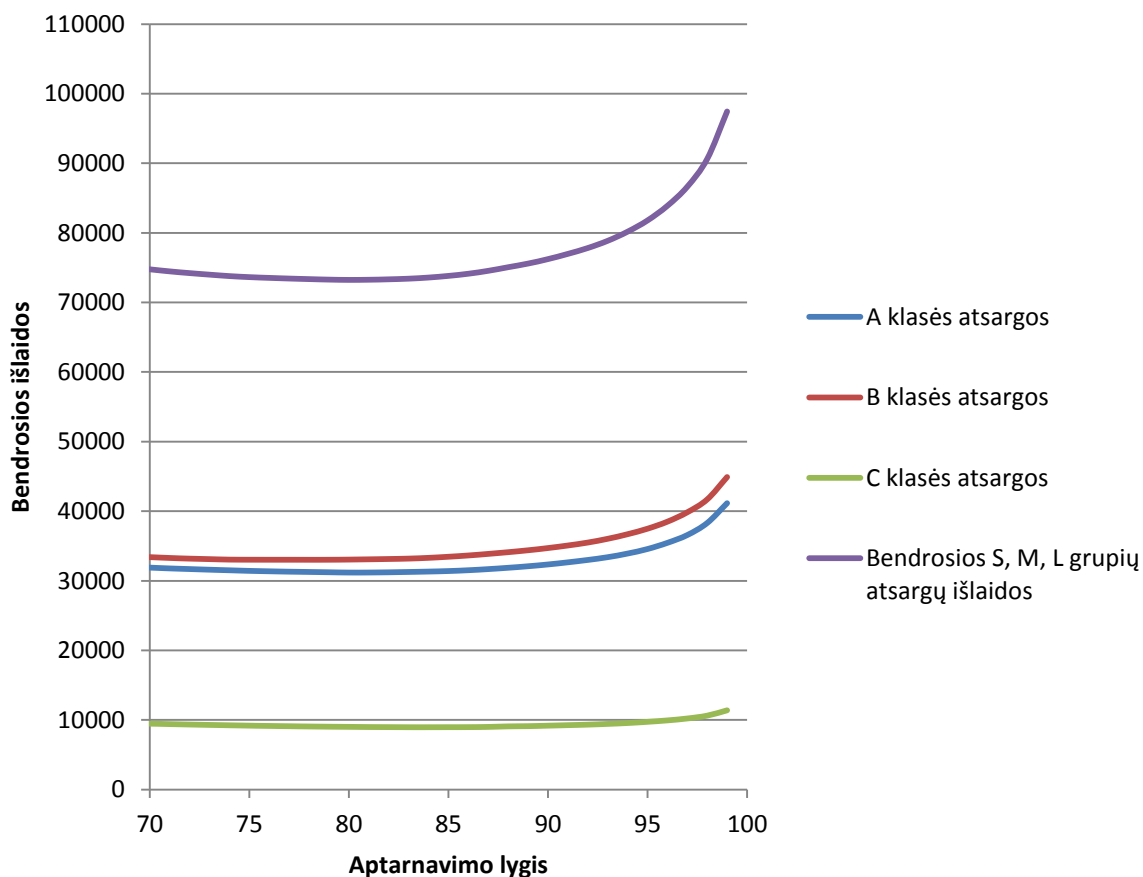
Klasė	Racionalus aptarnavimo lygis, %	Bendrosios išlaidos, Lt
A	85	6664
B	82	5899
C	80	1905
Bendrai M grupė	86	14424

Brangiausių atsargų vienetų (L grupės atsargos) sandėliavimo išlaidų priklausomybės nuo aptarnavimo lygio analizės metu nustatyta, kad racionalus A klasės atsargų vienetų aptarnavimo lygis yra 80 %, B klasės atsargų – 83 %, o bendrosios išlaidos C klasės atsargoms ima augti, pasiekus 84 % aptarnavimo lygį. Pagal pradinius apribojimus apdoroti skaičiavimo rezultatai pateikti 3.11 lentelėje.

3.11 lentelė. Racionalūs aptarnavimo lygiai L grupės atsargoms

Klasė	Racionalus aptarnavimo lygis, %	Bendrosios išlaidos, Lt
A	85	15794
B	83	19890
C	80	1905
Bendrai L grupė	86	14424

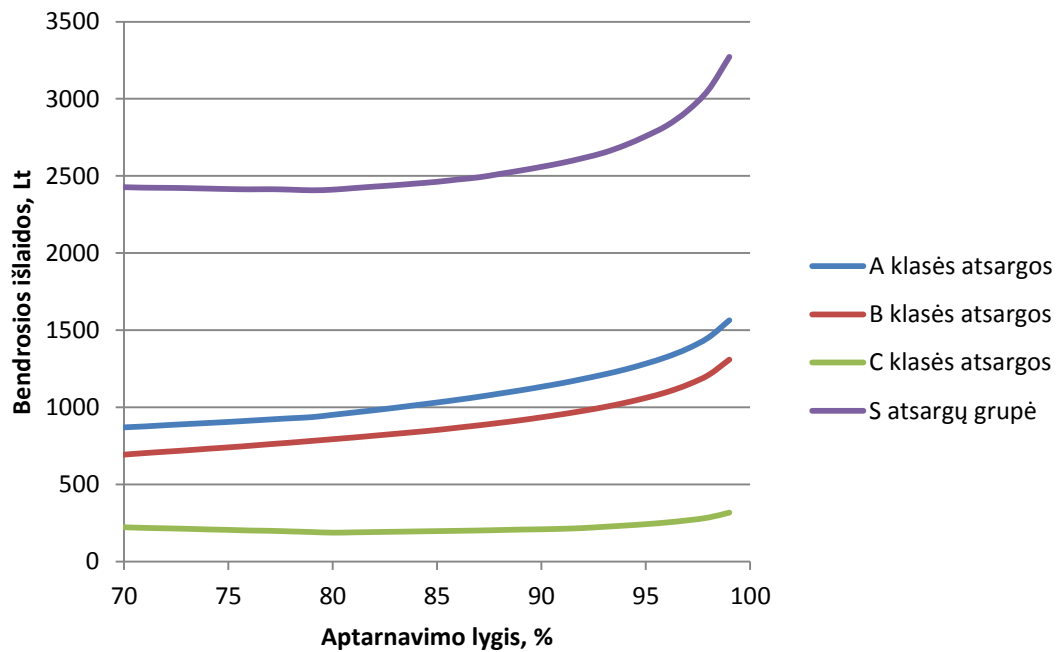
Bendri tyrimui atrinktų atsargų vienetų analizės rezultatai matomi 3.10 pav.



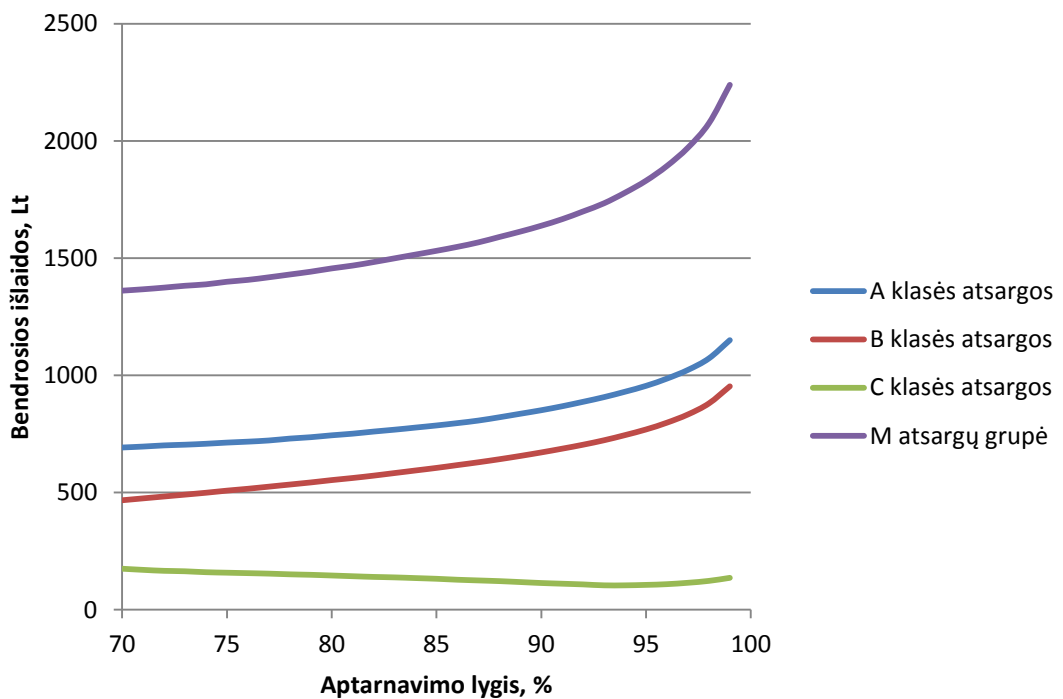
3.10 pav. Bendri atrinktų atsargų vienetų tyrimo rezultatai

Nustatyta, kad racionalus bendras atsargų aptarnavimo lygis yra 80 %. Siekiant geriau tenkinti klientų poreikius, galima šį lygį nustatyti 80-90 % intervale, tačiau palaikyti aukštesnį aptarnavimo lygį finansiškai nėra naudinga.

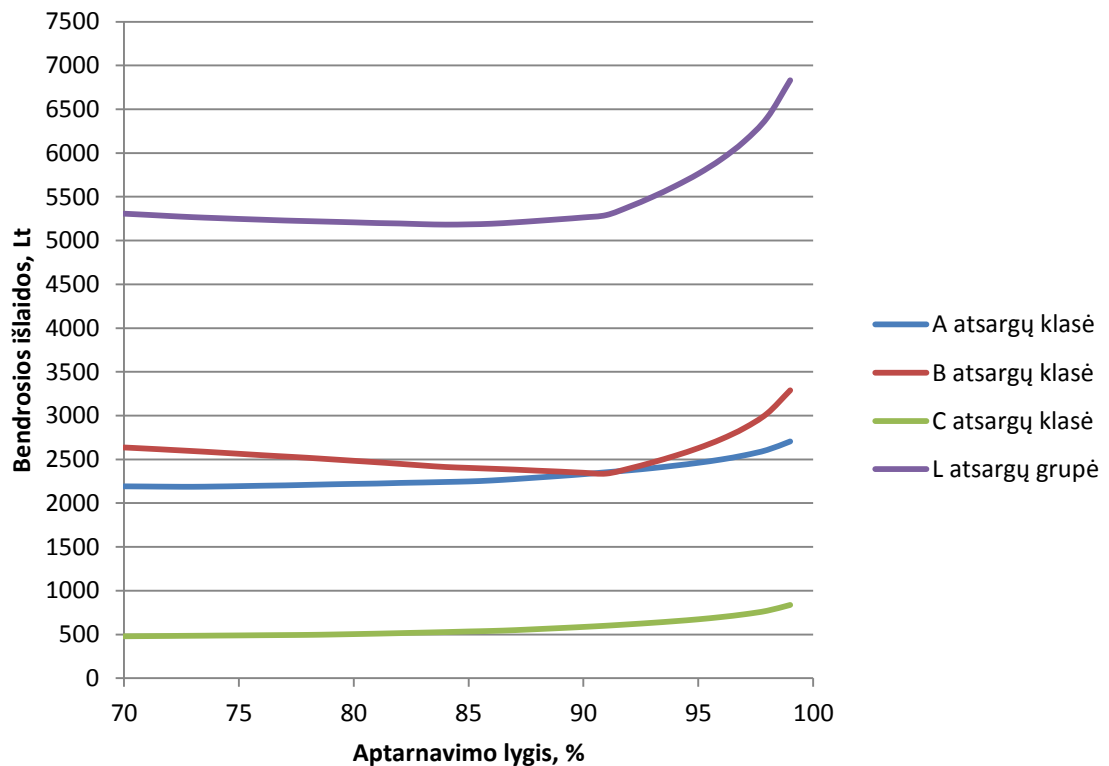
Aprašyta metodika taip pat buvo patikrinta, naudojant naujausią 2013 metų sausio – kovo mėnesio įmonės pardavimų statistiką (A.2 priedas). Gauti rezultatai pateikti 3.11, 3.12, 3.13 pav.



3.11 pav. Bendrųjų išlaidų priklausomybės nuo aptarnavimo lygio grafikas S grupės prekėms
(2013 m. sausio – kovo mėnesio duomenys)



3.12 pav. Bendrųjų išlaidų priklausomybės nuo aptarnavimo lygio grafikas M grupės prekėms (2013 m. sausio – kovo mėnesio duomenys)



3.13 pav. Bendrųjų išlaidų priklausomybės nuo aptarnavimo lygio grafikas L grupės prekėms (2013 m. sausio – kovo mėnesio duomenys)

Apibendrinus rezultatus, galima teigti, kad, lyginant apdorotus 2013 m. duomenis su ankstesnių metų duomenimis tendencijos išlieka panašios: racionalus bendras aptarnavimo lygis siekia 80 – 85 %. Dėl žemos kai kurių atsargų vienetų paklausos metų pradžioje bendrųjų išlaidų minimumas pasiekiamas, pasirinkus žemesnį, nei 70 % aptarnavimo lygį, tačiau negalima remtis 3 mėnesių statistika, nes analizuojant kelių metų duomenis galima pastebėti, kad egzistuoja paklausos svyravimas, kurio neįmanoma aprašyti jokių dėsnių dėl stochastinės paklausos prigimties, todėl, paklausai išaugus, gali smarkiai išaugti ir prarasto pelno išlaidų dalis, be to, nepatenkinti paslaugomis klientai gali pasirinkti kitą prekybos įmonę.

4. UŽSAKYMŲ FORMAVIMAS, TAIKANT SIŪLOMĄ ATSARGŲ VALDYMO MODELĮ

Šiame skyriuje bus aptariamas užsakymų formavimo procesas, taikant 3-iajame darbo skyriuje pasiūlytą atsargų valdymo metodiką.

Remiantis 3.1 pav., taikant siūlomą atsargų valdymo metodą, pirmiausia reikia atrinkti pradinius duomenis. 3-iajame skyriuje buvo atrinkta tik dalis realios įmonės atsargų vienetų. Diegiant siūlomą modelį, pirmiausia reikia sugrupuoti atsargas pagal jų funkcinę paskirtį, savybes. Taip pat, atsižvelgiant į pasirinktus atsargų klasifikavimo rodiklius, reikia surinkti duomenis apie visų atsargų vienetų charakteristikas, būtiną klasifikavimui atlikti.

Toliau, kaip aprašyta 3.3.2 poskyryje, atsargos klasifikuojamos, taikant COPRAS daugiakriterio vertinimo metodą. Klasifikuojant atsargos skirstomos į grupes, atsižvelgiant į jų svarbą įmonei. Siūlomame modelyje atsargos klasifikuojamos į 3 grupes, tačiau jį modifikuojant galima pasirinkti labiausiai konkrečiai situacijai tinkantį grupių skaičių, taip pat galima pasirinkti ir kitą daugiakriterio vertinimo metodą.

Paskutinis etapas – racionalaus klientų poreikių tenkinimo lygio nustatymas. Šio etapo metu kiekvienai atsargų grupei ir klasei nustatomas klientų poreikių tenkinimo lygis, užtikrinantis mažiausias bendrąsias prarasto pelno, atsargų įsigijimo bei sandėliavimo išlaidas. Poreikių tenkinimo lygis atitinka tikimybę, kad paklausa nagrinėjamuoju laikotarpiu neviršys turimo atsargų lygio. 3.4 poskyryje buvo nustatytas racionalus atsargų lygis kiekvienai atsargų grupei ir jų klasėms. Norint suformuoti užsakymus tiekėjams, atsižvelgiant į pasirinktą aptarnavimo lygį, būtina žinoti ir šį lygį atitinkantį atsargų kiekį. Atsižvelgiant į 3.4 poskyryje 3.9, 3.10 ir 3.11 lentelėse pateiktus racionalaus klientų poreikių tenkinimo lygio duomenis, pateikiami kiekvieną lygį atitinkantys atsargų kiekiai. 4.1 lentelėje pateikiami racionalūs S grupės atsargų kiekiai pagal klases.

4.1 lentelė. Racionalūs S grupės atsargų kiekiai

		Aptarnavimo lygis	Atsargų kiekis, vnt.
A klasė	S.1	85 %	4176
	S.12	85 %	240
	S.6	85 %	828
	S.21	85 %	148
	S.13	85 %	88
	S.28	85 %	507
B klasė	S.10	70 %	415
	S.4	70 %	785
	S.16	70 %	150
	S.27	70 %	621

4.1 lentelės pabaiga

	S.14	70 %	150
	S.29	70 %	2601
	S.30	70 %	2255
	S.23	70 %	60
	S.26	70 %	79
	S.11	70 %	72
	S.18	70 %	26
	S.22	70 %	114
	S.3	70 %	54
	S.17	70 %	34
	S.15	70 %	66
C klasė	S.19	70 %	51
	S.25	70 %	88
	S.2	70 %	70
	S.24	70 %	50
	S.8	70 %	168
	S.9	70 %	35
	S.20	70 %	21
	S.5	70 %	66
	S.7	70 %	29

4.2 lentelėje pateikti racionalūs M grupės atsargų kiekiai pagal klases.

4.2 lentelė. Racionalūs M grupės atsargų kiekiai

		Aptarnavimo lygis	Atsargų kiekis, vnt.
A klasė	M.16	85 %	959
	M.1	85 %	149
	M.30	85 %	418
	M.20	85 %	111
	M.9	85 %	133
	M.13	85 %	139
B klasė	M.21	70 %	114
	M.17	70 %	160
	M.27	70 %	189
	M.19	70 %	337
	M.29	70 %	98
	M.2	70 %	208
	M.3	70 %	30
	M.26	70 %	223
	M.22	70 %	51
	M.25	70 %	56
	M.14	70 %	84
	M.23	70 %	153
	M.24	70 %	39

4.2 lentelės pabaiga

	M.28	70 %	148
	M.10	70 %	46
C klasė	M.12	70 %	27
	M.6	70 %	21
	M.11	70 %	36
	M.5	70 %	17
	M.18	70 %	48
	M.15	70 %	37
	M.8	70 %	62
	M.7	70 %	63
	M.4	70 %	16

4.3 lentelėje pateikti racionalūs L grupės atsargų kiekiai pagal klases.

4.3 lentelė. Racionalūs L grupės atsargų kiekiai

		Aptarnavimo lygis	Atsargų kiekis, vnt.
A klasė	L.2	85 %	27
	L.13	85 %	54
	L.3	85 %	7
	L.7	85 %	30
B klasė	L.4	83 %	7
	L.8	83 %	26
	L.6	83 %	6
	L.11	83 %	6
	L.5	83 %	4
	L.1	83 %	12
	L.15	83 %	14
	L.14	83 %	13
	L.9	83 %	33
C klasė	L.17	83 %	10
	L.16	80 %	10
	L.12	80 %	11
	L.10	80 %	18
	L.19	80 %	11
	L.18	80 %	10
	L.20	80 %	3

4.1, 4.2 ir 4.3 lentelėse pateikti atsargų kiekiai turi būti įmonės sandėliuose po eilinio atsargų papildymo. Atsargų papildymo (užsakymų vykdymo) schema pavaizduota 4.1 pav. Jame dydis Q_{rac} – apskaičiuotas racionalus atsargų vieneto atsargų lygis, pateiktas 4.1 – 4.3 lentelėse. Laikotarpiai tarp atsargų atnaujinimų pažymėti T , jie yra lygūs ir iš anksto žinomi. 4.1 paveiksle vaizduojama situacija, kai laikotarpiai tarp atsargų atnaujinimų $T = 1$ mėnuo ir šis laikotarpis lygus tiekėjo prekių

paruošimo ir pristatymo terminui (pasirinktoje įmonėje daugumos tiekėjų prekių paruošimo ir pristatymo laikas yra 1 mėnuo). Prognozuojamas atsargų lygio kitimas tarp atsargų papildymų vaizduojamas punktyrine linija.

Egzistuoja 4 pagrindiniai paklausos prognozavimo modeliai (3 способа оценки... 2013):

- 1) Linijinės tendencijos, atsižvelgiant į sezoniškumą;
- 2) Logaritminės tendencijos, atsižvelgiant į sezoniškumą;
- 3) Slankiojo vidurkio, atsižvelgiant į paskutinių 2 mėnesių duomenis;
- 4) Slankiojo vidurkio, atsižvelgiant į paskutinių 3 mėnesių duomenis.

Viena iš prielaidų, taikant siūlomą modelį, yra paklausos sezoniškumo nebuvimas, todėl tinkamiausias ir paprasčiausias būdas paklausai prognozuoti šiuo atveju – slankusis vidurkis. Slankiojo vidurkio apskaičiavimas nuo paprastojo vidurkio apskaičiavimo skiriasi tuo, kad seniausio laikotarpio reikšmė pakeičiama naujesne, kiekvieną kartą apskaičiuojant vidurkį. Dviejų mėnesių duomenys dažniausiai neatsipindi realių paklausos tendencijų, todėl prognozuojant paklausą reikėtų remtis bent 3 paskutinių mėnesių paklausos reikšmėmis. Taigi, prognozuojama paklausa gali būti apskaičiuojama pagal (4.1) formulę.

$$P_{prog} = \frac{P_j + P_{j-1} + P_{j-2}}{3}; \quad (4.1)$$

čia P_j – paskutinio laikotarpio paklausos vertė.

Atsižvelgiant į prognozuojamą atsargų lygio kitimą, tiekėjui pateikiamas užsakymas, kurio dydis lygus skirtumui tarp nustatyto racionalaus atsargų lygio Q_{rac} ir prognozuojamo atsargų lygio nagrinėjamojo laikotarpio pabaigoje (4.2).

$$Q_{užs} = Q_{rac} - Q_{prog}. \quad (4.2)$$

Prognozuojamas atsargų lygis apskaičiuojamas kaip skirtumas tarp atsargų lygio užsakymo formavimo momentu Q ir prognozuojamos paklausos (4.3).

$$Q_{prog} = Q - P_{prog}. \quad (4.3)$$

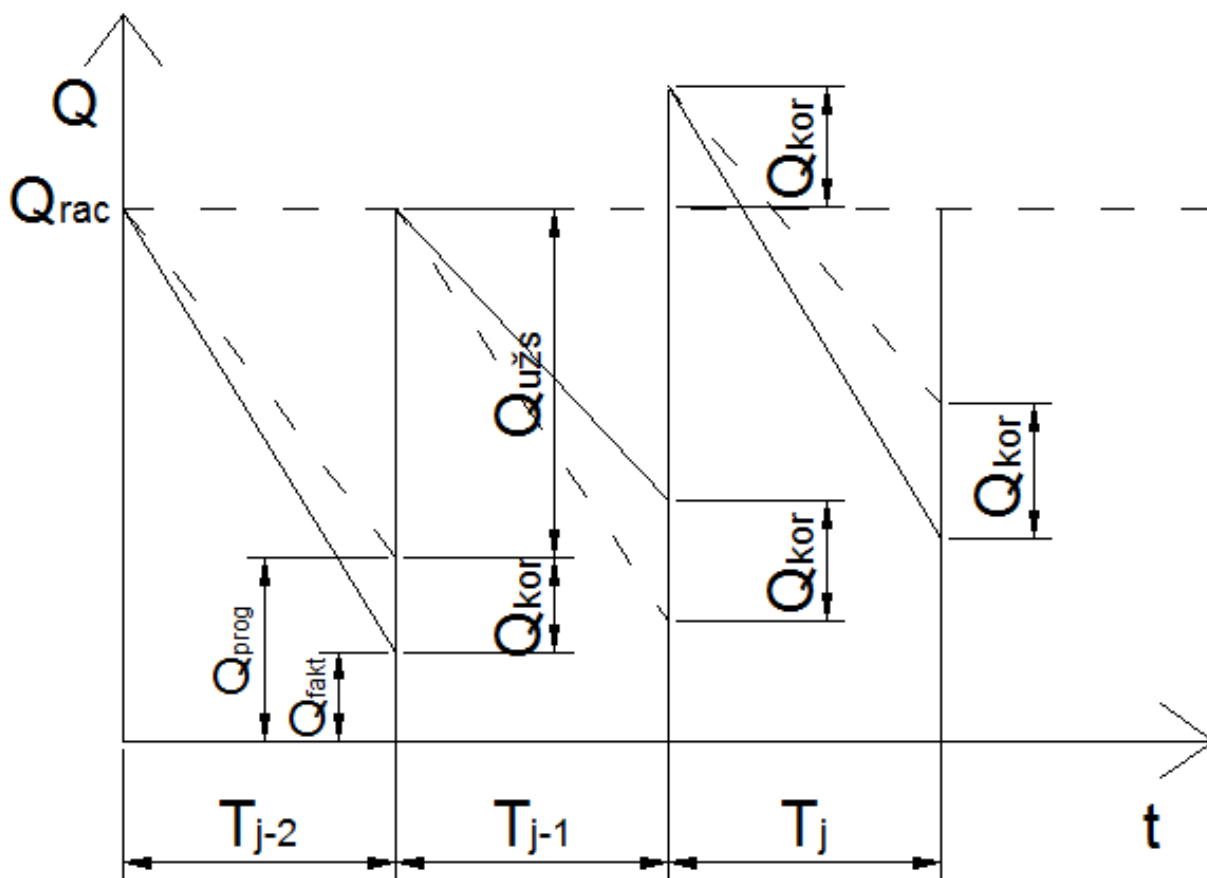
Paklausa yra stochastinio pobūdžio, todėl atsargų lygio kitimo prognozės negali būti tikslios, taigi prieš pat atsargų papildymą reikėtų užsakymą koreguoti dydžiu Q_{kor} , kuris atspindi skirtumą tarp prognozuoto ir realaus atsargų likučio nagrinėjamojo laikotarpio pabaigoje (4.4).

$$Q_{kor} = Q_{prog} - Q_{fakt}. \quad (4.4)$$

$$Q_{fakt} = Q - P_{fakt}; \quad (4.5)$$

čia P_{fakt} – reali (faktinė) nagrinėjamo laikotarpio paklausa.

Jei $Q_{\text{prog}} < Q_{\text{fakt}}$, $Q_{\text{kor}} = 0$. Šiuo atveju po atsargų papildymo susidarys atsargų perteklius, lygus Q_{kor} .



4.1 pav. Užsakymų vykdymo schema

4.4 lentelėje pateiktas užsakymų formavimo pavyzdys S grupės prekėms. Lentelėje pateiktas laikotarpis tarp atsargų papildymų T, 3 paskutinių mėnesių paklausos reikšmės P. Daroma prielaida, kad visoms atsargoms užsakymas pateikiamas 2013 m. balandžio 1 d., lentelėje pateikti faktiniai tos dienos atsargų likučiai Q, taip pat faktiniai likučiai 2013 m. gegužės 1 d.. Turint šiuos duomenis, taip pat iš anksto apskaičiuotus racionalius atsargų kiekius Q_{rac} , pagal 4.1 – 4.4 formules apskaičiuojamas užsakomas atsargų kiekis $Q_{\text{užs}}$, taip pat papildomai užsakomas atsargų kiekis Q_{kor} . Užsakant reikia atsižvelgti į prekių pakuočių dydžius, kurie taip pat nurodyti lentelėse.

Formuojant užsakymus vėlesniems laikotarpiams, turi būti atnaujinamos paklausos reikšmės P, tuo pačiu – ir prognozuojamos paklausos vertės. Racionalus atsargų kiekis taip pat turėtų būti peržiūrimas bent kartą per metus.

4.5 lentelėje pateiktas užsakymų formavimo pavyzdys M atsargų grupei, 4.6 lentelėje – L atsargų grupei.

Bendras siūlomo modelio algoritmas vaizduojamas 4.2 pav.

4.4 lentelē. Uzskaymų formavimas S grupės atsargų vienetais

	T	P _i	P _{i-1}	P _{i-2}	Q	P _{prog}	Q _{prog}	Q _{užs}	P _{fakt}	Q _{fakt}	Q _{kor}	Q _{rac}	Q _{pak}
S.1	3	734	667	551	6943	651	6292	0	812	6131	0	4176	100
S.12	3	83	129	20	332	77	255	0	56	276	0	240	30
S.6	3	137	220	225	452	194	258	570	314	138	120	828	10
S.21	3	39	19	64	148	41	107	60	26	122	0	148	20
S.13	3	6	15	21	99	14	85	50	11	88	0	88	50
S.28	3	38	90	238	334	122	212	300	32	302	0	507	50
S.10	3	72	87	0	529	53	476	0	29	500	0	415	25
S.4	3	54	173	83	2010	103	1907	0	80	1930	0	785	100
S.16	3	73	67	60	182	67	115	50	52	130	0	150	50
S.27	3	226	171	174	518	190	328	300	84	434	0	621	50
S.14	3	89	96	30	328	72	256	0	41	287	0	150	50
S.29	3	216	850	1378	2756	815	1941	1000	854	1902	0	2601	1000
S.30	3	619	92	646	4139	452	3687	0	388	3751	0	2255	1000
S.23	3	56	60	22	152	46	106	0	33	119	0	60	50
S.26	3	5	34	18	141	19	122	0	29	112	0	79	50
S.11	3	18	26	54	114	33	81	0	40	74	0	72	50
S.18	3	2	2	0	76	1	75	0	3	73	0	26	20
S.22	3	11	36	88	113	45	68	0	2	111	50	114	50
S.3	3	4	34	46	55	28	27	50	8	47	0	54	50
S.17	3	14	2	6	58	7	51	0	5	53	0	34	50
S.15	3	28	10	22	120	20	100	0	32	88	0	66	50
S.19	3	30	29	6	48	22	26	40	39	9	20	51	20
S.25	3	20	91	8	242	40	202	0	8	234	0	88	50
S.2	3	0	0	20	53	7	46	50	0	53	0	70	50
S.24	3	9	0	70	490	26	464	0	0	490	0	50	50
S.8	3	42	36	127	153	68	85	90	4	149	0	168	10
S.9	3	20	3	0	76	8	68	0	10	66	0	35	25

4.4 lentelės pabaiga

S.20	3	6	0	5	48	4	44	0	0	48	0	21	20
S.5	3	16	18	28	306	21	285	0	20	286	0	66	100
S.7	3	0	0	12	109	4	105	0	0	109	0	29	100

4.5 lentelė. Užsakymų formavimas M grupės atsargų vienetams

	T	P _i	P _{i-1}	P _{i-2}	Q	P _{prog}	Q _{prog}	Q _{užs}	P _{fakt}	Q _{fakt}	Q _{kor}	Q _{rac}	Q _{pak}
M.16	3	93	123	78	741	98	643	320	131	610	30	959	10
M.1	1	136	102	80	348	106	242	0	43	305	0	149	25
M.30	3	55	53	122	463	77	386	40	76	387	0	418	10
M.20	3	31	40	29	77	33	44	70	31	46	0	111	10
M.9	1	100	54	102	189	85	104	50	63	126	0	133	50
M.13	1	23	143	48	142	71	71	100	49	93	0	139	100
M.21	3	35	14	20	114	23	91	30	26	88	0	114	10
M.17	3	5	32	30	100	22	78	90	8	92	0	160	10
M.27	3	5	19	72	149	32	117	80	11	138	0	189	10
M.19	3	77	58	94	127	76	51	300	59	68	0	337	50
M.29	3	10	11	33	83	18	65	40	33	50	10	98	10
M.2	1	118	156	109	202	128	74	200	234	0	100	208	100
M.3	1	5	9	23	59	12	47	0	23	36	0	30	25
M.26	3	21	25	7	168	18	150	80	25	143	0	223	10
M.22	3	4	2	0	62	2	60	0	0	62	0	51	25
M.25	3	0	13	13	62	9	53	10	0	62	0	56	10
M.14	1	26	61	17	172	35	137	0	34	138	0	84	100
M.23	3	48	7	2	145	19	126	30	24	121	10	153	10
M.24	3	7	0	16	46	8	38	10	5	41	0	39	10
M.28	3	26	28	17	121	24	97	60	9	112	0	148	10
M.10	1	13	0	0	91	4	87	0	17	74	0	46	50
M.12	1	34	8	26	47	23	24	25	27	20	0	27	25

4.5 lentelės pabaiga

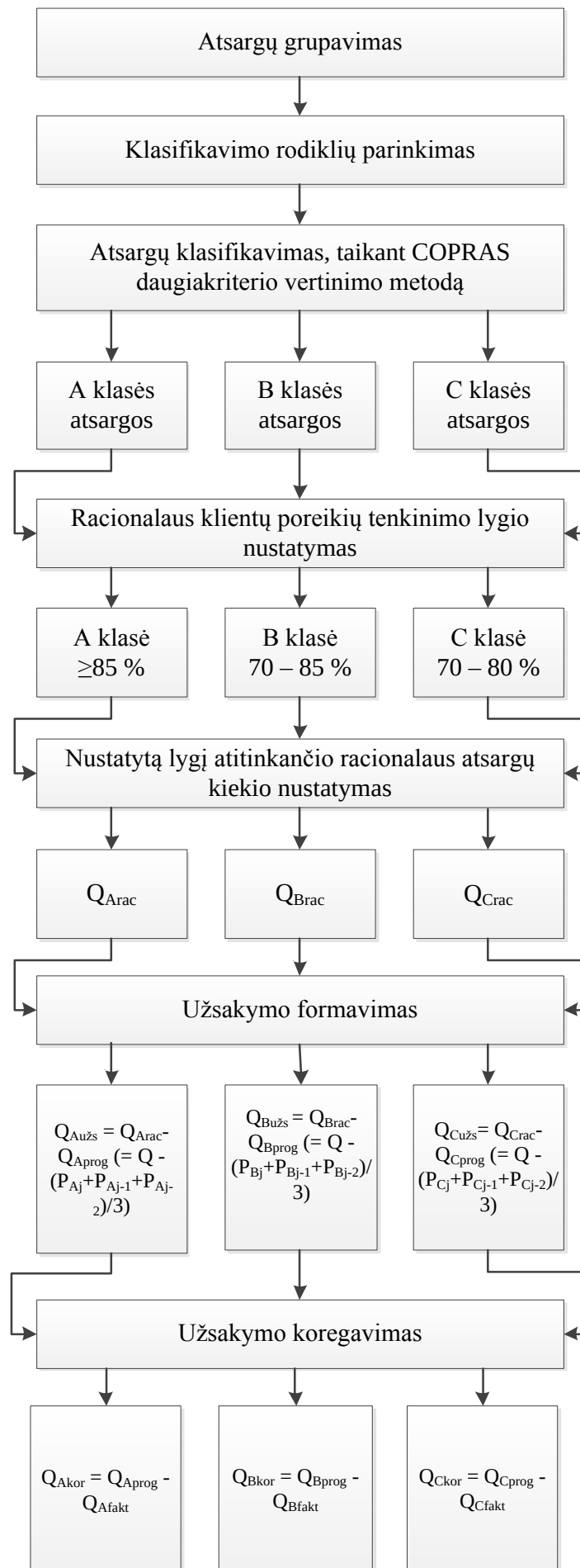
M.6	1	30	12	14	63	19	44	0	5	58	0	21	25
M.11	1	18	0	32	49	17	32	25	22	27	0	36	25
M.5	1	10	13	9	44	11	33	0	4	40	0	17	25
M.18	3	40	2	0	60	14	46	10	0	60	0	48	10
M.15	1	45	55	24	168	41	127	0	21	147	0	37	100
M.8	1	5	1	36	149	14	135	0	0	149	0	62	100
M.7	1	0	28	19	129	16	113	0	2	127	0	63	100
M.4	1	1	8	0	48	3	45	0	0	48	0	16	25

4.6 lentelė. Užsakymų formavimas L grupės atsargų vienetams

	T	P _j	P _{j-1}	P _{j-2}	Q	P _{prog}	Q _{prog}	Q _{užs}	P _{fakt}	Q _{fakt}	Q _{kor}	Q _{rac}	Q _{pak}
L.2	1	12	19	13	23	15	8	19	10	13	0	27	1
L.13	3	14	8	13	71	12	59	0	17	54	0	54	1
L.3	1	4	11	6	6	7	0	7	2	4	0	7	1
L.7	1	27	16	30	76	24	52	0	38	38	0	30	1
L.4	1	3	8	8	9	6	3	4	0	9	0	7	1
L.8	1	17	17	29	84	21	63	0	24	60	0	26	1
L.6	1	3	1	2	6	2	4	2	1	5	0	6	1
L.11	3	4	1	3	10	3	7	0	1	9	0	6	1
L.5	1	4	3	3	3	3	0	4	6	0	0	4	1
L.1	1	4	8	5	16	6	10	2	3	13	0	12	1
L.15	3	8	1	1	9	3	6	8	0	9	0	14	1
L.14	3	6	5	4	22	5	17	0	3	19	0	13	1
L.9	1	10	8	10	62	9	53	0	15	47	0	33	1
L.17	3	0	2	1	9	1	8	2	0	9	0	10	1
L.16	3	0	3	3	12	2	10	0	2	10	0	10	1
L.12	1	13	3	2	55	6	49	0	4	51	0	27	1
L.10	1	8	10	10	47	9	38	0	10	37	0	18	1
L.19	1	4	4	8	15	5	10	1	2	13	0	11	1

4.6 lenteļs pabaigā

L.18	1	11	5	10	14	9	5	5	6	8	0	10	1
L.20	1	0	2	0	3	1	2	1	2	1	1	3	1



4.2 pav. Siūlomo modelio algoritmas

IŠVADOS IR PASIŪLYMAI

Atlikus atsargų valdymo srities mokslinės literatūros analizę, aprašyti bendrieji atsargų valdymo principai. Nustatyta, kad ši mokslo sritis glaudžiai susijusi su kitomis mokslo sritimis – logistika, tiekimo grandinės valdymu. Apibrėžtas pagrindinis atsargų valdymo tikslas – užtikrinti efektyvų atsargų sistemos veikimą, sumažinant bendrąsias išlaidas, išlaikant aukštą vartotojų poreikių tenkinimo lygį.

Išanalizavus fundamentaliąsias atsargų valdymo sistemas ir metodiką nustatyta, kad jos gali būti panaudotos kaip pagrindas naujos, tobulesnės atsargų valdymo metodikos kūrimui.

Išanalizavus mokslinėse duomenų bazėse esančią medžiagą, buvo aprašyti naujausi atsargų valdymo modeliai, atspindintys atsargų valdymo mokslo raidos tendencijas ir kryptis. Nustatyta, kad trūksta kompleksinių modelių, kurie padėtų visapusiškai spręsti su atsargų valdymu susijusias problemas, didelė dalis siūlomų metodų yra orientuoti į paklausos prognozavimą, o tiksliai įvertinti paklausą, ypač prekybos sektoriuje, yra praktiškai neįmanoma.

Atlikus tradicinių ir modernių atsargų valdymo metodų apžvalgą bei įvertinus jų tinkamumą pagrindinių darbo tikslų įgyvendinimui, buvo pasiūlytas patobulintas atsargų valdymo modelis, atsargų valdymo problemą sprendžiantis dviem kryptimis: klasifikuojant atsargas, taikant COPRAS daugiakriterės analizės metodą bei nustatant racionalų klientų poreikio tenkinimo lygį kiekvienai atsargų klasei, taikant matematinės statistikos metodus. Šis modelis užtikrina objektyvų sprendimų priėmimą, geresnį atsargas kontroliuojančio įmonės personalo darbo laiko paskirstymą ir efektyvesnį įmonės finansinių išteklių naudojimą.

Pasiūlytas atsargų valdymo modelis buvo patikrintas, remiantis realios statybos sektoriaus įmonės veiklos rodikliais. Įrodyta, kad modelis leidžia nustatyti racionalų atsargų lygį, kurį pasirinkus sumažinamos bendrosios išlaidos.

Siūloma šį modelį taikyti, atsižvelgiant į įmonės atsargų specifiką, finansines galimybes klientų poreikius bei paklausos pobūdį. Įvertinus šiuos veiksnius, galima modelį pritaikyti kiekvienai konkrečiai prekybos ar gamybos įmonei.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

- Alagheband, S.; Alireza, S. 2011. Logistic Parties, in *Logistics operations and management: concepts and models*. Amsterdam: Elsevier, 71-91.
- Ameli, M.; Mirzazadeh, A.; Shirazi, M. A. 2011. Economic Order Quantity Model with Imperfect Items under Fuzzy Inflationary Conditions. *Trends in Applied Sciences Research* 6 (3): 294-303.
- Asadi, S. 2011. Logistics System: Information and Communication Technology, in *Logistics operations and management: concepts and models*. Amsterdam: Elsevier, 221 – 245.
- Axsäter, S. 2006. Inventory Control. Second Edition. Springer. 332 p.
- Benjaafar, S.; Gayon, J. P.; Tepe, S. 2010. Optimal control of a production – inventory system with customer impatience. *Operations Research Letters* 38: 267 – 272.
- Capon, N.; Hulbert, J. M. 2007. Managing Marketing in the Twenty-first Century. Wessex Publishing. 359 p.
- Chen, S.; Xu, Janjun. 2010. Note on the optimality of (s, S) policies for inventory systems with two demand classes. *Operations Research Letters* 38: 450 – 453.
- Christopher, M. 2007. Logistika ir tiekimo grandinės valdymas: pridėtinės vertės tinklų kūrimas. Vilnius: Eugrimas. 297 p.
- Coyle, J. J.; Langley, C. J.; Gibson, B. J.; Novack, R. A.; Bardi, E. J. 2008. Supply chain management: a logistics perspective. Cengage Learning. 705 p.
- Comelli, M.; Fenies, P.; Tchernev, N. 2008. A combined financial and physical flows evaluation for logistic process and tactical production planning: Application in a company supply chain. *Int. J. Production Economics* 112: 77–95.
- Croom, S.; Romano, P.; Giannakis, M. 2000. Supply chain management: an analytical framework for critical literature review. *European Journal of Purchasing & Supply Management* 6: 67-83.
- Dubrin, A. J. 2008. Essentials of management. Cengage Learning. 630 p.
- Gudehus, T.; Kotzab, H. 2009. Comprehensive Logistics. Springer. 891 p.

- Hai, D.; Hao, Z.; Ping, L. Y. 2011. Model Predictive Control for inventory Management in Supply Chain Planning. *Procedia Engineering* 15: 1154 – 1159.
- Jespersen, B. D.; Skjoett-Larsen, T. 2005. Supply Chain Management: in Theory and Practice. Copenhagen: Business School Press. 170 p.
- Kiesmüller, G. P.; de Kok, A. G.; Dabia, S. 2011. Single item inventory control under periodic review and a minimum order quantity. *Int. J. Production Economics* 133: 280-285.
- Kopytov, E.; Greenglaz, L.; Tissen, F. 2005. Stochastic inventory control model with two stages in ordering process. *Journal of Business Economics and Management* 7 (1): 21-24.
- Kotb, K. A. M.; Al – Shanbari, H. M. H. 2011. Constrained Probabilistic Economic Order Quantity Model under Varying Order Cost and Zero Lead Time Via Geometric Programming. *Journal of Mathematics and Statistics* 7 (4): 343-347.
- Kruger, B. 2012. Profit from 80/20 Rule. *Sales and service excellence*, January 2012, p. 11.
- Lam, C. Y.; Ip, W. H. 2011. A customer satisfaction inventory model for supply chain integration. *Expert Systems with Applications* 38: 875–883.
- Liao, H. C.; Chen, Y. K. 2003. Optimal payment time for retailer's inventory system. *International Journal of Systems Science* 34 (3): 245-253.
- Maiti, A. K.; Maiti, M. K.; Maiti, M. 2006. Two storage inventory model with random planning horizon. *Applied Mathematics and Computation* 183: 1084–1097.
- Minalga, R. Aprūpinimo logistika. 2008. Vilnius: Mykolo Romerio universiteto Leidybos centras. 265 p.
- Mohammaditabar, D.; Ghodsypour, S. H.; O'Brien. 2012. Inventory control system design by integrating inventory classification and policy selection. *International Journal of Production Economics* 140 (2): 655-659.
- Ng, W. L. 2007. A simple classifier for multiple criteria ABC analysis. *European Journal of Operational Research* 177: 344-353.

- Özen, U.; Dođru, M. K.; Tarim, S. A. 2012. Static - dynamic uncertainty strategy for a single-item stochastic inventory control problem. *Omega* 40: 348–357.
- Pasandideh, S. H. R.; Niaki, S. T. A.; Nia, A. R. 2011. A genetic algorithm for vendor managed inventory control system of multi-product multi-constraint economic order quantity model. *Expert Systems with Applications* 38: 2708–2716.
- Ramanathan, R. 2006. ABC inventory classification with multiple-criteria using weighed linear optimization. *Computers & Operation Research* 33: 695-700.
- Saxena, R. S. 2009 Inventory Management: Controlling in a Fluctuating Demand Environment. Global India Publications. 310 p.
- Swift, L. 2001 Quantitative Methods. Palgrave Macmillan. 880 p.
- Table: Chi-Square Probabilities [interaktyvus]. 2013. Jones, J. [žiūrėta 2013-04-20] Prieiga per internetą: <http://people.richland.edu/james>.
- Taleizadeh, A. A.; Aryanezhad, M. B.; Niaki, S. T. A. 2008. Optimizing Multi – Product Multi – Constraint Inventory Control Systems with Stochhhstic Replenishments. *Journal of Applied Sciences* 8 (7): 1228 – 1234.
- Teng, J. T. 2008. A simple method to compute economic order quantities. *European Journal of Operational Research* 198: 351–353.
- Teuner, R. H.; Babai, M. Z.; Syntetos, A. A. 2010. ABC Classification: Service Levels and Inventory Costs. *Production and Operations Management* 10 (3): 343-352.
- Torabi, S. A.; Hatefi, S. M.; Pay, B. S. 2012. ABC inventory classification in the presence of both quantitative and qualitative criteria. *Computers & Industrial Engineering* 63: 530-537.
- Tu, Y. C.; Hsu, K. H.; Huang, Y. F. 2008. Retailer's Economic Order Quantity Model under Trade Credit Period Depending on the Order Quantity Without Calculus. *Journal of Applied Sciences* 8 (15): 2785-2787.
- Wild, T. 2002. Best Practice in Inventory Management. Routledge. 265 p.

Wisner, J. D.; Tan, K. C.; Leong, G. K. 2008. Principles of Supply Chain Management with Infotrac: A Balanced Approach. Cengage Learning. 562 p.

Zavadskas, E. K.; Turskis, Z.; Ustinovichius, L.; Shevchenko, G. 2010. Attributes Weights Determining Peculiarities in Multiple Attribute Decision Making Methods. *Inžinerinė ekonomika* (21) 1: 32-43.

Zhu, W.; Gavirneni, S.; Kapuscinski, R. 2010. Periodic flexibility, information sharing, and supply chain performance. *IIE Transactions* 42: 173 – 187.

Гринглаз, Л; Копытов, Е. 2002. ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ. Рига: ВШЭК, МТС. 91 p.

3 способа оценки точности прогноза и выбора оптимальной модели? [interaktyvus]. 2013. Алексей Батулин. [žiūrėta 2013-05-11] Prieiga per internetą: <http://www.4analytics.ru/>.

PRIEDAI

A.1 priedas. Atrinktų atsargų vienetų 2011 ir 2012 m. pardavimų statistika

	S.1	S.2	S.3	S.4	S.5	S.6	S.7	S.8	S.9	S.10	S.11	S.12	S.13	S.14	S.15
Sausis	283	8	0	20	0	86	1	234	0	20	85	102	4	62	20
Vasaris	943	24	24	20	8	326	6	62	2	172	6	73	22	21	14
Kovas	320	104	0	298	50	384	0	24	50	161	4	80	30	30	14
Balandis	485	32	24	278	17	216	6	0	4	4	0	111	13	43	20
Gegužė	374	0	4	196	20	118	0	4	1	412	13	68	24	56	54
Birželis	971	0	16	50	20	286	0	38	4	137	0	62	17	24	0
Liepa	455	0	27	99	64	207	50	18	0	131	20	38	15	31	4
Rugpjūtis	1038	74	0	174	8	244	12	0	1	170	17	127	2	24	6
Rugsėjis	313	0	4	640	26	262	0	0	4	4	17	44	9	20	26
Spalis	484	6	8	22	0	300	0	78	3	38	16	56	28	27	22
Lapkritis	199	8	17	34	0	164	0	12	2	278	19	51	4	51	34
Gruodis	697	20	21	123	0	105	7	144	5	35	12	75	11	50	6
Sausis	651	24	12	287	12	305	2	4	1	78	14	90	4	33	0
Vasaris	718	0	2	248	0	281	0	60	11	47	20	36	31	55	16
Kovas	358	8	0	195	0	198	8	0	0	117	12	102	16	40	6
Balandis	371	10	2	155	0	72	0	4	10	145	25	42	27	46	0
Gegužė	1781	0	88	100	0	73	0	1	1	61	10	83	9	84	12
Birželis	1596	0	19	60	22	20	0	4	56	297	34	55	52	18	0
Liepa	589	1	5	115	4	167	6	0	2	198	16	45	55	36	8
Rugpjūtis	3485	32	20	642	50	230	6	45	12	30	18	56	8	53	30
Rugsėjis	205	28	0	16	38	345	20	106	7	10	55	59	50	44	33
Spalis	2833	0	4	233	24	153	10	8	5	154	24	46	10	59	56
Lapkritis	898	5	4	407	18	168	4	10	2	100	14	123	6	66	26
Gruodis	1331	0	4	491	0	187	6	4	1	36	18	12	20	78	8

A.1 priedo tęsinys

	S.16	S.17	S.18	S.19	S.20	S.21	S.22	S.23	S.24	S.25	S.26	S.27	S.28	S.29	S.30
Sausis	97	0	0	8	0	64	16	4	28	0	52	6	95	784	652
Vasaris	79	0	0	16	2	6	0	7	0	42	4	284	222	532	125
Kovas	34	31	13	28	6	47	58	0	0	91	49	340	217	850	472
Balandis	42	11	2	9	4	27	0	12	2	4	3	249	74	952	2280
Gegužė	36	6	13	17	2	50	7	18	70	18	16	142	104	1060	176
Birželis	27	2	6	21	0	15	0	12	0	30	6	220	72	510	346
Liepa	29	31	0	8	20	33	76	3	16	0	0	98	225	1060	64
Rugpjūtis	11	9	10	2	4	35	36	14	0	10	2	124	81	540	571
Rugsėjis	37	10	0	5	4	44	14	39	0	2	7	190	139	868	268
Spalis	42	0	0	34	18	18	54	0	12	21	6	110	108	666	378
Lapkritis	70	0	12	44	10	47	22	24	20	4	18	546	299	1134	90
Gruodis	22	16	0	6	16	65	6	8	0	40	36	151	91	356	402
Sausis	22	8	3	3	2	44	72	8	0	1	10	179	117	1432	805
Vasaris	52	6	2	0	0	100	0	28	44	52	7	166	112	100	272
Kovas	53	33	17	6	4	23	22	17	0	32	60	180	171	200	1120
Balandis	69	8	2	5	2	20	78	26	0	6	12	56	132	894	1331
Gegužė	21	12	19	13	6	35	42	62	0	60	61	66	52	1100	229
Birželis	19	0	16	17	0	19	24	0	56	12	9	53	26	792	1345
Liepa	31	6	10	14	0	29	0	10	0	12	34	112	139	733	186
Rugpjūtis	42	0	6	12	0	51	64	30	50	1	4	184	30	538	358
Rugsėjis	51	0	19	9	6	12	22	24	0	20	29	154	196	608	1228
Spalis	56	8	6	10	0	70	13	7	4	10	20	248	139	1559	898
Lapkritis	29	3	4	20	6	65	1	11	0	70	39	185	111	1134	980
Gruodis	67	9	0	0	0	12	106	15	16	8	18	143	171	446	138

A.1 priedo tęsinys

	M.1	M.2	M.3	M.4	M.5	M.6	M.7	M.8	M.9	M.10	M.11	M.12	M.13	M.14	M.15
Sausis	50	46	8	0	0	8	114	60	57	23	25	9	16	101	46
Vasaris	47	274	0	3	15	0	23	37	89	57	6	0	70	0	20
Kovas	135	330	22	8	14	3	5	153	81	30	6	60	50	29	0
Balandis	126	54	13	27	1	2	11	32	48	28	27	4	53	33	0
Gegužė	92	195	5	4	4	0	100	33	95	17	23	9	16	91	12
Birželis	100	113	16	3	1	0	86	22	159	40	76	4	78	27	10
Liepa	89	139	6	23	0	36	8	4	79	26	8	2	30	72	17
Rugpjūtis	143	87	0	2	2	9	10	30	76	67	17	4	140	50	15
Rugsėjis	57	185	0	0	0	0	42	9	196	46	7	8	99	65	29
Spalis	120	58	14	5	3	19	57	49	20	40	11	0	66	81	29
Lapkritis	105	228	14	9	2	5	51	59	176	37	68	29	59	24	85
Gruodis	96	104	3	1	0	2	13	29	74	43	23	30	143	82	25
Sausis	99	190	8	25	30	14	14	0	39	10	36	19	43	24	10
Vasaris	136	152	1	1	0	1	60	13	49	12	6	12	142	45	14
Kovas	133	123	19	24	6	7	63	17	71	14	21	27	68	27	25
Balandis	83	201	11	11	9	2	68	0	50	49	21	27	169	34	2
Gegužė	82	165	44	13	18	49	13	6	60	9	0	21	42	10	28
Birželis	53	152	12	9	2	1	24	16	135	27	16	16	38	46	42
Liepa	46	113	0	11	16	2	14	32	140	6	9	0	111	69	0
Rugpjūtis	157	124	0	7	14	10	0	15	38	10	25	27	220	50	22
Rugsėjis	215	164	71	1	20	12	24	89	107	1	6	6	116	142	15
Spalis	163	105	44	1	33	41	4	36	74	63	26	6	95	104	3
Lapkritis	123	86	22	10	21	1	27	60	100	21	5	25	110	49	12
Gruodis	71	103	11	8	7	6	19	23	43	0	20	14	103	17	40

A.1 priedo tęsinys

	M.16	M.17	M.18	M.19	M.20	M.21	M.22	M.23	M.24	M.25	M.26	M.27	M.28	M.29	M.30
Sausis	305	38	18	199	17	37	19	5	26	13	86	84	2	26	56
Vasaris	359	36	36	130	23	24	50	22	10	11	93	38	57	57	87
Kovas	253	19	22	128	21	27	8	4	19	17	19	85	112	6	71
Balandis	218	26	0	102	74	6	1	12	4	5	77	17	118	28	97
Gegužė	621	23	0	108	1	44	0	53	0	10	131	54	49	35	218
Birželis	362	60	7	117	41	22	31	20	0	1	108	107	11	20	167
Liepa	530	1	8	55	29	31	6	92	0	0	93	20	38	36	76
Rugpjūtis	219	30	23	28	36	12	4	83	0	8	68	50	22	24	141
Rugsėjis	72	18	12	80	11	18	3	15	13	22	9	65	41	27	55
Spalis	106	25	2	43	48	17	14	98	5	2	21	33	8	2	74
Lapkritis	145	58	7	81	33	94	8	38	7	10	36	23	9	21	88
Gruodis	204	37	2	38	14	45	0	56	0	6	37	89	65	1	100
Sausis	83	102	2	73	42	7	0	0	43	39	14	31	32	31	114
Vasaris	106	81	8	26	7	14	0	33	1	7	28	39	39	62	77
Kovas	212	52	9	98	43	18	22	9	1	28	34	29	26	17	65
Balandis	119	31	0	232	41	23	5	11	2	8	50	44	27	1	161
Gegužė	279	23	8	14	70	30	0	59	0	17	46	101	24	0	34
Birželis	132	62	0	38	8	32	10	13	13	23	44	26	20	14	177
Liepa	116	5	33	30	52	31	7	11	2	10	6	50	9	36	39
Rugpjūtis	168	60	0	75	22	28	7	23	0	18	50	33	7	39	233
Rugsėjis	253	14	12	32	7	31	6	57	22	14	26	38	4	2	23
Spalis	163	45	9	49	34	44	0	16	0	6	40	91	32	6	238
Lapkritis	119	11	1	21	35	19	20	9	8	34	35	51	42	36	132
Gruodis	138	7	2	49	13	5	28	2	0	2	57	47	11	14	51

A.1 priedo tęsinys

	L.1	L.2	L.3	L.4	L.5	L.6	L.7	L.8	L.9	L.10
Sausis	1	10	1	2	1	1	10	11	14	0
Vasaris	0	11	2	3	4	0	17	12	44	18
Kovas	0	14	2	2	1	2	23	18	35	6
Balandis	4	13	5	4	1	4	17	20	36	12
Gegužė	2	13	4	7	4	5	26	17	26	12
Birželis	3	19	7	7	1	3	21	13	34	20
Liepa	0	10	2	5	0	1	18	15	40	13
Rugpjūtis	2	30	6	4	2	4	24	10	26	29
Rugsėjis	4	31	5	3	2	1	20	20	22	12
Spalis	4	28	1	2	0	0	17	15	24	19
Lapkritis	4	17	6	4	3	1	20	25	32	12
Gruodis	9	15	7	4	3	5	24	11	29	10
Sausis	10	14	3	7	2	2	14	19	20	12
Vasaris	12	22	6	1	2	4	30	15	10	13
Kovas	7	12	3	1	1	0	24	23	20	15
Balandis	13	27	7	10	2	6	24	27	18	15
Gegužė	13	12	5	3	4	7	27	17	22	13
Birželis	13	17	5	6	1	7	22	14	20	7
Liepa	8	21	7	3	4	3	19	30	27	20
Rugpjūtis	15	23	5	2	3	5	24	17	23	22
Rugsėjis	10	24	8	9	2	10	29	20	24	14
Spalis	15	33	5	9	8	3	43	30	20	9
Lapkritis	8	30	10	6	3	5	34	42	22	11
Gruodis	5	17	8	5	1	0	19	10	6	2

A.1 priedo tęsinys

	L.11	L.12	L.13	L.14	L.15	L.16	L.17	L.18	L.19	L.20
Sausis	1	7	13	1	2	1	1	4	4	0
Vasaris	0	13	5	2	0	3	1	11	5	1
Kovas	3	10	12	2	8	2	4	7	6	0
Balandis	2	4	8	1	2	0	0	9	5	0
Gegužė	1	7	15	1	2	2	3	9	7	0
Birželis	1	6	13	4	2	1	6	3	7	1
Liepa	2	12	7	3	2	0	0	12	11	0
Rugpjūtis	3	4	16	1	2	1	0	14	13	3
Rugsėjis	1	9	13	10	1	2	1	4	16	1
Spalis	2	6	13	5	6	3	1	5	8	0
Lapkritis	0	9	15	5	1	3	1	10	7	1
Gruodis	2	2	15	2	3	5	3	7	7	1
Sausis	0	4	17	0	1	1	0	3	6	0
Vasaris	1	7	19	7	2	0	1	11	6	3
Kovas	2	4	5	1	6	0	1	10	12	1
Balandis	0	9	17	3	6	6	0	4	11	0
Gegužė	2	6	18	1	9	5	1	11	15	3
Birželis	3	12	16	3	4	2	2	7	10	1
Liepa	1	2	16	3	2	1	2	7	6	1
Rugpjūtis	5	8	23	5	2	0	0	6	3	0
Rugsėjis	0	7	15	6	5	0	0	10	7	0
Spalis	1	5	18	3	4	7	1	3	6	0
Lapkritis	3	12	24	7	0	1	0	4	9	9
Gruodis	2	12	17	3	4	1	1	7	4	1

A.2 priedas. Atrinktų atsargų vienetų 2013 m. sausio – kovo mėn. pardavimų statistika

	S.1	S.2	S.3	S.4	S.5	S.6	S.7	S.8	S.9	S.10	S.11	S.12	S.13	S.14	S.15
Sausis	734	0	4	54	16	137	0	42	20	72	18	83	6	89	28
Vasaris	667	0	34	173	18	220	0	36	3	87	26	129	15	96	10
Kovas	551	20	46	83	28	225	12	127	0	0	54	20	21	30	22
	S.16	S.17	S.18	S.19	S.20	S.21	S.22	S.23	S.24	S.25	S.26	S.27	S.28	S.29	S.30
Sausis	73	14	2	30	6	39	11	56	9	20	5	226	38	216	619
Vasaris	67	2	2	29	0	19	36	60	0	91	34	171	90	850	92
Kovas	60	6	0	6	5	64	88	22	70	8	18	174	238	1378	646

	M.1	M.2	M.3	M.4	M.5	M.6	M.7	M.8	M.9	M.10	M.11	M.12	M.13	M.14	M.15
Sausis	136	118	5	1	10	30	0	5	100	13	18	34	23	26	45
Vasaris	102	156	9	8	13	12	28	1	54	0	0	8	143	61	55
Kovas	80	109	23	0	9	14	19	36	102	0	32	26	48	17	24
	M.16	M.17	M.18	M.19	M.20	M.21	M.22	M.23	M.24	M.25	M.26	M.27	M.28	M.29	M.30
Sausis	93	5	40	77	31	35	4	48	7	0	21	5	26	10	55
Vasaris	123	32	2	58	40	14	2	7	0	13	25	19	28	11	53
Kovas	78	30	0	94	29	20	0	2	16	13	7	72	17	33	122

	L.1	L.2	L.3	L.4	L.5	L.6	L.7	L.8	L.9	L.10
Sausis	12	14	4	27	3	17	3	4	4	4
Vasaris	19	8	11	16	8	17	1	1	3	8
Kovas	13	13	6	30	8	29	2	3	3	5
	L.11	L.12	L.13	L.14	L.15	L.16	L.17	L.18	L.19	L.20
Sausis	8	6	10	0	0	13	8	4	11	0
Vasaris	1	5	8	2	3	3	10	4	5	2
Kovas	1	4	10	1	3	2	10	8	10	0

B priedas. Ekspertų apklausos anketos