



Kauno technologijos universitetas

Ekonomikos ir verslo fakultetas

Veiksniai, darantys įtaką naftos produktų krovos apimtims Klaipėdos uoste

Baigiamasis magistro projektas

Tadas Selskis

Projekto autorius

Vyresn. lekt. Tomas Stravinskas

Vadovas

Kaunas, 2026



Kauno technologijos universitetas

Ekonomikos ir verslo fakultetas

Veiksniai, darantys įtaką naftos produktų krovos apimtims Klaipėdos uoste

Baigiamasis magistro projektas

Verslo ekonomika (6211JX042)

Tadas Selskis

Projekto autorius

Vyresn. lekt.

Tomas Stravinskas

Vadovas

Prof.

Vaidas Gaidelys

Recenzentas

Kaunas, 2026



Kauno technologijos universitetas

Ekonomikos ir verslo fakultetas

Tadas Selskis

Veiksniai, darantys įtaka naftos produktų krovos apimtims Klaipėdos uoste

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdama(s) kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasi(s) Lietuvos Respublikos autorių teisių ir gretutinių teisių įstatymo nuostatų, Kauno technologijos universiteto (toliau – Universitetas) intelektinės nuosavybės valdymo ir perdavimo nuostatų bei Universiteto akademinės etikos kodekse nustatytų etikos reikalavimų;
2. baigiamajame projekte visi pateikti duomenys ir tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti teisėtai, nei viena šio projekto dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar elektroninių šaltinių, visos baigiamojo projekto tekste pateiktos citatos ir nuorodos yra nurodytos literatūros sąrašė;
3. įstatymų nenumatytų piniginių sumų už baigiamąjį projektą ar jo dalis niekam nesu mokėjęs (-usi);
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalinta(s) iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Tadas Selskis

Patvirtinta elektroniniu būdu

Selskis, Tadas. Veiksniai, darantys įtaka naftos produktų krovos apimtims Klaipėdos uoste. Magistro baigiamasis projektas / vadovas vyresn. lekt. Tomas Stravinskas; Kauno technologijos universitetas, Ekonomikos ir verslo fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Socialiniai mokslai, Ekonomika.

Reikšminiai žodžiai: naftos produktų krova, Klaipėdos uostas, makroekonominiai veiksniai, laiko eilučių analizė, ARIMA, ARIMAX.

Kaunas, 2026. 67 p.

Santrauka

Naftos produktų krova Klaipėdos valstybiniame jūrų uoste pastaraisiais metais patyrė reikšmingų pokyčių, ypač po 2020-2021 m. laikotarpio, kai krovos apimtys nebegrįžo į ankstesnius lygius. Ši dinamika kelia klausimą, ar stebimas krovos mažėjimas susijęs su uosto veiklos ypatumais, ar jį lemia išoriniai ekonominiai ir energetikos veiksniai. Atsižvelgiant į Klaipėdos uosto vaidmenį energetinių krovinių logistikoje, tokio pobūdžio pokyčių analizė yra aktuali uosto trumpalaikio planavimo kontekste.

Šio darbo tikslas – empiriškai įvertinti makroekonominių ir energetikos veiksnių poveikį naftos produktų krovos apimtims Klaipėdos uoste, identifikuojant statistinius ryšius trumpuoju laikotarpiu. Tyrime siekiama atskirti pačios krovos inercinius svyravimus nuo išorinių ekonominių veiksnių poveikio ir įvertinti, kokių mastu pasirinktų rodiklių pokyčiai paaiškina trumpalaikę krovos dinamiką.

Teorinėje darbo dalyje apžvelgiami moksliniai tyrimai, nagrinėjantys uostų krovos priklausomybę nuo ekonominio aktyvumo, energetikos kainų ir geopolitinių sukrėtimų. Literatūroje pabrėžiama, kad energetinių krovinių segmentas pasižymi didesniu trumpalaikiu nepastovumu ir jautrumu išoriniams šokams nei bendra uostų krova. Šios įžvalgos pagrindžia laiko eilučių metodų taikymą, leidžiantį analizuoti dinamiškus ryšius tarp kintamųjų ir jų vėlavimus laike, orientuojantis į vieną priklausomą rodiklį.

Empirinei analizei naudojami 2010-2023 m. mėnesiniai duomenys. Naftos produktų krova laikoma priklausomu kintamuoju, o paaiškinamaisiais kintamaisiais pasirenkami Lietuvos pramonės gamybos indeksas ir „Brent“ žaliavinės naftos kaina. Analizėje taikomi ARIMA ir ARIMAX modeliai, leidžiantys įvertinti tiek vidinę krovos dinamiką, tiek išorinių veiksnių poveikį. Šiame darbe ARIMAX metodas taikomas Klaipėdos uosto naftos produktų krovos analizei, siekiant įvertinti trumpalaikius ryšius ir stebėti krovos dinamikos pokyčius nagrinėjamu laikotarpiu.

Tyrimo rezultatai rodo, kad naftos produktų krova Klaipėdos uoste pasižymi ryškiu cikliškuumu ir keliais galimais struktūriniais lūžiais, iš kurių reikšmingiausias siejamas su 2020-2021 m. laikotarpiu. Empirinė analizė atskleidė teigiamą ir statistiškai reikšmingą pramonės gamybos aktyvumo poveikį krovos pokyčiams, o „Brent“ žaliavinės naftos kainos įtaka pasireiškia kaip trumpalaikis ir neigiamas veiksnys. Tai patvirtina, kad krovos dinamika priklauso ne vien nuo ankstesnių laikotarpių reikšmių, bet ir nuo išorinės ekonominės bei energetinės aplinkos pokyčių.

Praktinio taikymo analizė parodė, kad empiriškai sudarytas ARIMAX modelis pakankamai tiksliai atspindi naftos produktų krovos pokyčių kryptį už imties ribų, ypač laikotarpiais be staigių ekonominių sukrėtimų. Išorinės imties testavimo rezultatai patvirtino, kad modelio prognozės yra

tikslesnės nei naiviosios prognozės, o hipotetinės ekonominės aplinkos analizė leido įvertinti pagrindinių makroekonominių veiksnių pokyčių poveikį krovos apimtims trumpuoju laikotarpiu.

Selskis, Tadas. Factors Affecting Oil Product Transshipment Volumes at the Port of Klaipėda. Master's Final Degree Project supervisor Sr. Lect. Tomas Stravinskas; School of Economics and Business, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Social Science, Economics.

Keywords: oil products transshipment, Klaipėda Port, macroeconomic factors, time series analysis, ARIMA, ARIMAX.

Kaunas, 2026. 67 p.

Summary

In recent years, petroleum product handling volumes at the Klaipėda Port have undergone significant changes, particularly after the 2020-2021 period, when cargo volumes did not return to their previous levels. This dynamic raises the question of whether the observed decline in handling volumes is related to port-specific operational characteristics or driven by external economic and energy-related factors. Given the role of Klaipėda Seaport in energy cargo logistics, the analysis of such changes is particularly relevant in the context of short-term port planning.

The aim of this study is to empirically assess the impact of macroeconomic and energy-related factors on petroleum product handling volumes at Klaipėda Seaport by identifying statistical relationships in the short term. The analysis seeks to distinguish inertial fluctuations in cargo handling from the effects of external economic factors and to evaluate the extent to which changes in selected indicators explain short-term dynamics in handling volumes.

The theoretical part of the study reviews scientific research examining the dependence of port cargo handling on economic activity, energy prices, and geopolitical shocks. The literature emphasizes that the energy cargo segment is characterized by higher short-term volatility and greater sensitivity to external shocks compared to overall port cargo volumes. These insights support the application of time series methods, which allow for the analysis of dynamic relationships between variables and their time lags while focusing on a single dependent variable.

The empirical analysis is based on monthly data for the period from 2010 to 2023. Petroleum product handling volumes are treated as the dependent variable, while the Lithuanian industrial production index and Brent crude oil prices are selected as explanatory variables. ARIMA and ARIMAX models are applied to assess both the internal dynamics of cargo handling and the impact of external factors. In this study, the ARIMAX methodology is applied to the analysis of petroleum product handling at Klaipėda Seaport in order to evaluate short-term relationships and observe changes in cargo handling dynamics over the analyzed period.

The results indicate that petroleum product handling at Klaipėda Seaport exhibits pronounced cyclicity and several possible structural breaks, with the most significant associated with the 2020-2021 period. The empirical findings reveal a positive and statistically significant impact of industrial production activity on handling volume changes, while the influence of Brent crude oil prices appears to be short-term and negative. This confirms that cargo handling dynamics depend not only on past values but also on changes in the external economic and energy environment.

The practical application analysis demonstrates that the empirically estimated ARIMAX model adequately captures the direction of petroleum product handling changes outside the estimation sample, particularly during periods without abrupt economic shocks. Out-of-sample testing confirms that the model's forecasts outperform naive benchmarks, while the analysis of hypothetical economic scenarios allows for the assessment of the short-term impact of key macroeconomic factors on handling volumes.

Turinys

Lentelių sąrašas	8
Paveikslų sąrašas	9
Santrumpų ir terminų sąrašas	10
Įvadas.....	11
1. Naftos produktų krovos uostuose problemos analizė.....	13
1.1. Tarptautinių ekonominių pokyčių poveikis uostų veiklai: taikymas Klaipėdos atvejui.....	13
1.2. Naftos produktų krovos dinamikos pokyčiai Klaipėdos uoste	14
1.3. Problemos struktūra ir empirinės analizės poreikis.....	16
2. Naftos produktų krovos uostuose teoriniai sprendiniai.....	19
2.1. Makroekonominių veiksnių poveikis uostų veiklai.....	19
2.2. Energetikos rinkų dinamika.....	25
2.3. Empiriniai jūrų transporto ir uostų krovos tyrimai.....	32
3. Veiksnių, darančių įtaką naftos produktų krovos apimtims tyrimo metodologija	37
3.1. Ekonominių sąsajų pagrindimas ir modelio kintamųjų atranka	37
3.2. ARIMAX metodo pasirinkimo ir taikymo Klaipėdos uosto atvejui pagrindimas.....	38
3.3. Duomenys ir empirinio tyrimo eiga	39
4. Veiksnių, darančių įtaką naftos produktų krovos apimtims tyrimo rezultatai ir diskusija.....	42
4.1. Empirinio tyrimo duomenų aprašymas ir parengimas analizei	42
4.2. ARIMAX modelių taikymas ir empiriniai rezultatai.....	47
4.3. ARIMAX modelio rezultatų atsparumo analizė.....	54
4.4. Tyrimo rezultatų diskusija.....	56
4.5. Praktinis modelio naudojimas	58
Išvados	63
Literatūros sąrašas	65
Priedai.....	68
1 priedas. Bazinio ARIMAX modelio specifikacija ir įverčiai („Gretl“).....	68
2 priedas. ARIMAX modelių specifikacijos ir įverčiai („Gretl“)	69
3 priedas. Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcijos naftos produktų krova	72
4 priedas. Prognozuotos ir hipotetinės naftos produktų krovos duomenys (2022-2023 m.), tūkst. tonų.....	73
5 priedas. ARIMAX modelio trumpalaikių prognozių vertinimo rezultatai (dln_Y)	74
6 priedas. Baziniai (netransformuoti) duomenys naudojami ARIMAX modeliuose	75
7 priedas. Logaritminių pirmųjų skirtumų (dln) duomenys, naudoti ARIMAX modeliuose.....	79

Lentelių sąrašas

- 1 lentelė. Pagrindiniai makroekonominiai ir rinkos rodikliai, darantys įtaką uostų veiklai.
- 2 lentelė. Makroekonominiai rodikliai planuojami naudoti ARIMAX analizėje.
- 3 lentelė. Bazinio ARIMAX modelio empiriniai rezultatai Klaipėdos uosto naftos produktų krovos pokyčiams.
- 4 lentelė. Bazinio ARIMAX modelio likučių ARCH testo rezultatai (ARCH(12)).
- 5 lentelė. Bazinio ARIMAX modelio palyginimas su alternatyvių modelių rezultatais.
- 6 lentelė. ARIMAX (5 modelio) išorinės imties prognozės tikslumo metrikos (2022-2023 m.).
- 7 lentelė. Hipotetinės ekonominės situacijos scenarijaus prielaidos (2022-2023 m.).

Paveikslų sąrašas

- 1 pav. Baltijos ir Šiaurės Europos uostų CPPI 2020-2024 m.
- 2 pav. Naftos produktų krovos dinamika Klaipėdos uoste 2008-2024 m., tūkst. tonų.
- 3 pav. Naftos produktų krovą Klaipėdos uoste formuojantys veiksniai ir jų tarpusavio sąsajos.
- 4 pav. „Brent“ žaliavinės naftos kainų dinamika 1990-2025 m.
- 5 pav. Europos nauji dyzelino tiekėjai 2023 m.
- 6 pav. Tonų-mylių, krovininių tonų ir mylių vienam tonui dinamika 2000-2024 m.
- 7 pav. Klaipėdos uosto naftos produktų krovos lygio dinamika ir svyravimų pokyčiai 2010-2023 m., tūkst. tonų.
- 8 pav. „Brent“ žaliavinės naftos kainos dinamika 2010-2023 m., USD/barelį.
- 9 pav. Lietuvos pramonės gamybos indekso (IPI) dinamika 2010-2023 m.
- 10 pav. Ukrainos naftos produktų importo kiekiai 2010-2023 m., TJ
- 11 pav. Bazinio ARIMAX modelio likučių dinamika laike.
- 12 pav. Bazinio ARIMAX modelio likučių autokoreliacijos (ACF) ir dalinės autokoreliacijos (PACF) funkcijos (iki 12 vėlavimų)
- 13 pav. Bazinio ARIMAX modelio likučių pasiskirstymo histograma
- 14 pav. Bazinio ARIMAX modelio likučių Q-Q grafikas.
- 15 pav. Faktinės ir prognozuotos naftos produktų krovos pokyčių reikšmės su 95 % pasikliautiniais intervalais (2022-2023 m.).
- 16 pav. Faktinės ir prognozuotos Klaipėdos uosto naftos produktų krovos palyginimas pagal 5 ARIMAX modelį (2022-2023 m.).

Santrumpų ir terminų sąrašas

Santrupos:

- AR – autoregresinis komponentas (angl. Autoregressive component)
- ADF – išplėstinis Dickey–Fuller testas (angl. Augmented Dickey–Fuller test)
- ACF – autokoreliacijos funkcija (angl. Autocorrelation Function)
- PACF – dalinės autokoreliacijos funkcija (angl. Partial Autocorrelation Function)
- ARIMA – autoregresinis integruotas slankiojo vidurkio modelis (angl. Autoregressive Integrated Moving Average model)
- ARIMAX – ARIMA modelis su išoriniais kintamaisiais (angl. ARIMA with exogenous variables)
- ARCH – autoregresinis sąlyginės heteroskedastiškumo modelis (angl. Autoregressive Conditional Heteroskedasticity model)
- ARCH-LM – ARCH Lagrange multiplikatoriaus testas (angl. ARCH Lagrange Multiplier test)
- BDI – Baltijos sausų birių krovinių indeksas (angl. Baltic Dry Index)
- BIC – Bajeso informacijos kriterijus (angl. Bayesian Information Criterion)
- BVP – bendrasis vidaus produktas
- CPPI – konteinerių uostų veiklos indeksas (angl. Container Port Performance Index)
- CTI – švarių tanklaivių indeksas (angl. Clean Tanker Index)
- DTI – nešvarių tanklaivių indeksas (angl. Dirty Tanker Index)
- ETS (ATLPS) – apyvartinių taršos leidimų prekybos sistema (angl. Emissions Trading System)
- ES – Europos Sąjunga
- EU27 – 27 Europos Sąjungos valstybių narių visuma
- EUR/USD – euro ir JAV dolerio valiutų kursas
- ŠESD – šiltnamio efektą sukeliančios dujos (angl. Greenhouse Gases, GHG)
- IEA – Tarptautinė energetikos agentūra (angl. International Energy Agency)
- IMO – Tarptautinė jūrų organizacija (angl. International Maritime Organization)
- IPI – pramonės gamybos indeksas (angl. Industrial Production Index)
- LM – Lagrange multiplikatoriaus testas (angl. Lagrange Multiplier test)
- MA – slankiojo vidurkio komponentas (angl. Moving Average component)
- OECD – Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacija (angl. Organisation for Economic Co-operation and Development)
- Q–Q – kvantilių–kvantilių grafikas (angl. Quantile–Quantile plot)
- SCFI – Šanchajaus konteinerių frachtų indeksas (angl. Shanghai Container Freight Index)
- SVAR – struktūrinė vektorinė autoregresija (angl. Structural Vector Autoregression)
- VAR – vektorinė autoregresija (angl. Vector Autoregression)
- VLSFO, HSFO – mažos, didelės sieros kiekio laivų kuras (angl. Very Low, High Sulphur Fuel Oil)

Ivadas

Naftos produktų logistika išlieka reikšminga tarptautinės prekybos ir energetikos sistemų dalimi, nepaisant pastaraisiais metais spartėjančių žaliosios energetikos transformacijos procesų. Energetinių išteklių judėjimas tarp regionų yra glaudžiai susijęs su ekonominiu aktyvumu, pramonės struktūra ir politiniais sprendimais, todėl jūrų uostai šioje sistemoje atlieka strateginį vaidmenį. Uostų krovos apimtys tampa ne tik logistikos sektoriaus veiklos rodikliu, bet ir platesnių ekonominių bei geopolitinių procesų atspindžiu.

Klaipėdos valstybinis jūrų uostas išsiskiria Baltijos jūros regione kaip neužšalantis uostas, leidžiantis užtikrinti nepertraukiamą krovos veiklą ištisus metus. Šis infrastruktūrinis pranašumas istoriškai sudarė palankias sąlygas energetinių krovinių srautų koncentracijai ir lėmė reikšmingą uosto vaidmenį regioninėje logistikos sistemoje. Naftos produktų krova Klaipėdos uoste ilgą laiką sudarė svarbią bendros krovos dalį, todėl šio segmento pokyčiai turi pastebimą poveikį uosto veiklos rezultatams ir jo konkurencinei pozicijai Baltijos regione.

Naftos produktų logistikos svarbą Klaipėdos uoste sustiprino ir specializuotos infrastruktūros plėtra. Uosto teritorijoje esantys skystųjų energijos produktų terminalai buvo projektuojami atsižvelgiant į regioninius naftos perdirbimo pajėgumus, įskaitant tiek Lietuvos, tiek kaimyninių šalių gamyklas. Dėl to infrastruktūra buvo pritaikyta didelio masto naftos produktų, ypač tamsiųjų, krovai ir ilgą laiką atliko reikšmingą vaidmenį užtikrinant stabilų energetinių krovinių srautą.

Pastaraisiais metais energetinių krovinių srautų struktūra Baltijos jūros regione iš esmės pasikeitė. Rusijos karas Ukrainoje ir jį sekusios tarptautinės sankcijos Rusijai bei Baltarusijai reikšmingai paveikė tradicines prekybos kryptis ir energetikos logistikos modelius. Dalis anksčiau stabiliais laikytų naftos produktų srautų buvo nutraukti, o tai turėjo tiesioginį poveikį uostų krovos apimtims. Susidariusi situacija lėmė, kad dalis infrastruktūros pajėgumų šiuo metu nėra visiškai išnaudojami, o bendroji naftos produktų krova uoste pasižymi mažėjimo tendencijomis.

Tokiomis sąlygomis uostų veikla tampa labiau priklausoma nuo išorinių ekonominių, energetikos ir politinių veiksnių, o krovos apimčių pokyčiai įgauna struktūrinį pobūdį. Tai skatina ieškoti ne tik praktinių sprendimų, susijusių su infrastruktūros pritaikymu naujiems, žaliems energijos produktų srautams, bet ir analitinių priemonių, leidžiančių geriau suprasti krovos dinamiką. Žinios apie veiksnius, darančius įtaką naftos produktų krovos apimtims, tampa svarbios tiek vertinant praeities pokyčius, tiek formuojant trumpalaikes prognozes ir pagrindžiant strateginius sprendimus.

Atsižvelgiant į tai, naftos produktų krovos Klaipėdos uoste analizė yra aktuali ne tik akademinio, bet ir praktinio požiūriu. Kompleksinis makroekonominių ir energetikos veiksnių vertinimas leidžia geriau interpretuoti uosto veiklos rezultatus ir suprasti, kokie išoriniai procesai lemia krovos apimčių svyravimus besikeičiančioje energetikos ir geopolitinėje aplinkoje.

Tyrimo objektas – naftos produktų krova Klaipėdos uoste.

Tyrimo tikslas – įvertinti makroekonominių ir energetikos veiksnių poveikį naftos produktų krovos apimtims Klaipėdos uoste.

Tyrimo uždaviniai:

1. Išanalizuoti naftos produktų krovos dinamiką Klaipėdos uoste ir identifikuoti pagrindinius struktūrinius pokyčius.

2. Išnagrinėti mokslinėje literatūroje aptariamus makroekonominių ir energetikos veiksnių poveikio uostų veiklai teorinius aspektus.
3. Parinkti ir pagrįsti empirinio tyrimo metodologiją, tinkamą krovos ir ją veikiančių veiksnių analizei.
4. Empiriškai įvertinti pasirinktų veiksnių poveikį naftos produktų krovos apimtims Klaipėdos uoste.
5. Apibendrinti gautus rezultatus ir įvertinti jų interpretavimo ribotumus.

Tyrimo metodai: mokslinės literatūros analizė, statistinių duomenų apdorojimas, koreliacijos ir regresijos analizė, laiko eilučių analizė (ARIMA ir ARIMAX modeliai).

1. Naftos produktų krovos uostuose problemos analizė

Naftos produktų krova jūrų uostuose yra itin jautri tiek ekonominiams, tiek geopolitiniais veiksniams, nes šis krovinių segmentas tiesiogiai priklauso nuo energijos paklausos, perdirbimo apimčių, tarptautinės prekybos srautų bei reguliacinės aplinkos.

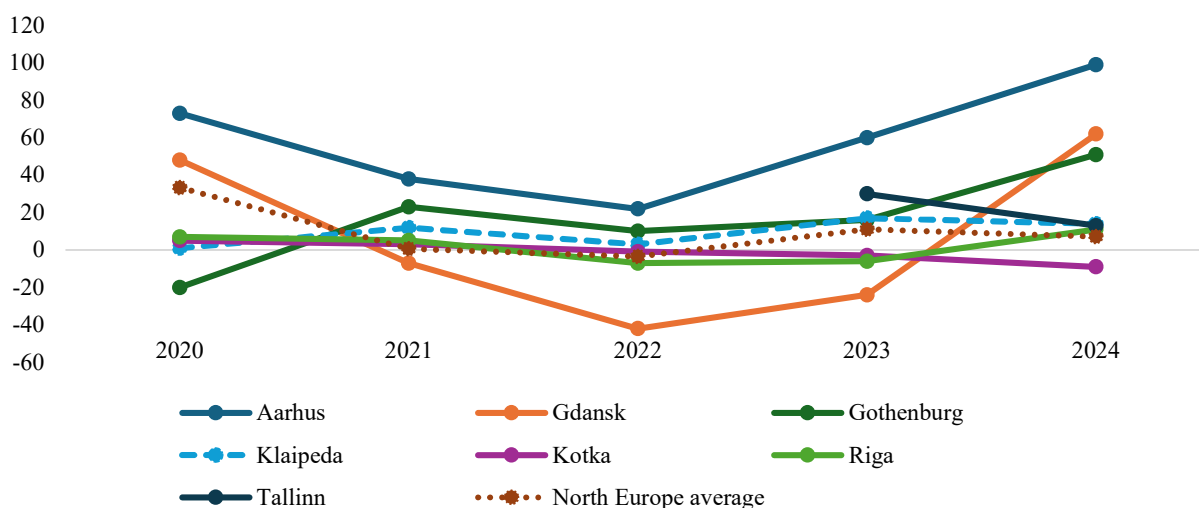
Klaipėdos valstybinis jūrų uostas yra vienas svarbiausių energetinių logistikos taškų Baltijos jūros regione, aptarnaujantis tiek Lietuvos vidaus poreikius, tiek tranzitinius naftos produktų srautus. Ilgą laiką reikšmingą uosto krovos dalį sudarė Rytų krypties eksportas, įskaitant ir Baltarusijos naftos produktų srautus. Dėl šios priežasties Klaipėdos uosto veiklos rezultatai istoriškai buvo glaudžiai susiję su regioninėmis geopolitinėmis ir energetikos rinkų sąlygomis.

2008-2024 m. laikotarpiu naftos produktų krovos apimtys Klaipėdos uoste patyrė reikšmingus struktūrinius pokyčius. Šiuos pokyčius lėmė ne tik pasaulinės žaliavinės naftos kainų svyravimai ar makroekonominių rodiklių dinamika, bet ir išoriniai šokai, tokie kaip COVID-19 pandemija bei Rusijos karas Ukrainoje nuo 2022 m., kurie iš esmės pakeitė energetinių srautų kryptis Europoje.

Papildomą analitinį sudėtingumą sukuria tai, kad naftos produktų krova dažnai reaguoja ne tik į ilgalaikius paklausos pokyčius, bet ir į trumpalaikius kainų, maršrutų bei reguliacinius impulsus. Skirtingai nei daugelyje kitų krovinių segmentų, čia svarbų vaidmenį atlieka ne vien krovinių kiekiai, bet ir sprendimų priėmimo greitis – perdirbimo apimčių koregavimas, eksporto grafikų keitimas ar maršrutų perskirstymas. Dėl to krovos svyravimai gali būti staigūs ir neproporcingi bendram ekonomikos ciklui, o jų paaiškinimui nepakanka vien infrastruktūrinių ar operacinių rodiklių analizės.

1.1. Tarptautinių ekonominių pokyčių poveikis uostų veiklai: taikymas Klaipėdos atvejui

Uostų produktyvumo ir veiklos efektyvumo rodikliai apibrėžia, kaip greitai uostas sugeba reaguoti į paklausos pokyčius ir paversti juos realia krovos apimtimi. Konteinerių uostų veiklos indeksas (angl. Container Port Performance Index, toliau – CPPI) vertina uostų operacinių efektyvumą pagal laivų aptarnavimo laiką, koordinavimo lygį ir procesų skaitmenizavimą.



1 pav. Baltijos ir Šiaurės Europos uostų CPPI 2020-2024 m.

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal World Bank (2024), CPPI 2020-2024 Annex dataset.

CPPI rezultatai rodo, kad Šiaurės Europos uostai pasižymi skirtingu operacinio efektyvumo profiliu. Klaipėdos, Rygos ir Kotkos rodikliai per visą laikotarpį išlieka gana stabilūs, be reikšmingų svyravimų, kas būdinga uostams su tolygia paklausa ir nuosekliai veikiančiomis terminalų sistemomis. Gdanskio ir Aarhus uostuose matomas aiškus V formos efektyvumo ciklas: 2022 m. kritimas ir spartus atsigavimas 2023-2024 m. Tai gali būti susiję su operacinių pajėgumų pertvarka, terminalų apkrovos pokyčiais ar procesų optimizavimu, tačiau CPPI pats savaime nesuteikia informacijos apie konkrečias priežastis.

Regioniniu lygmeniu po 2022 m. pastebimas nuosaikus efektyvumo pagerėjimas gali būti siejamas su tiekimo grandinių persitvarkymu ir energetikos srautų nukreipimu po geopolitinio šoko, tačiau šios sąsajos laikytinos tikėtinomis, o ne iš anksto apibrėžtomis. Grafikas rodo, kad Klaipėda pasižymi stabilia operacine dinamika, o dalis kaimyninių uostų patyrė ryškesnius efektyvumo ciklus.

Pasaulio banko (World Bank, 2024) analizė atskleidžia, kad aukštesnį CPPI turintys uostai greičiau prisitaiko prie ekonominių svyravimų: jie efektyviau panaudoja infrastruktūrą, sumažina prastovas ir operatyviau apdoroja padidėjusį krovinių srautą. Tuo tarpu žemesnio našumo uostai lėčiau reaguoja į paklausos pokyčius, todėl gali riboti bendrą logistikos grandinės laidumą ir didinti transportavimo trukmę.

European Commission (2025) atkreipia dėmesį, kad emisijų leidimų sistema didina laivybos sąnaudas ir verčia peržiūrėti maršrutų struktūrą, o tai gali pakeisti uostų pasirinkimą. Europos Parlamentas ir Taryba (2023) pabrėžia, kad alternatyvių degalų infrastruktūra artimiausiais metais taps svarbiu konkurenciniu veiksniu: uostai, gebantys pasiūlyti mažesnę emisijų pėdsaką, įgis rinkos pranašumą.

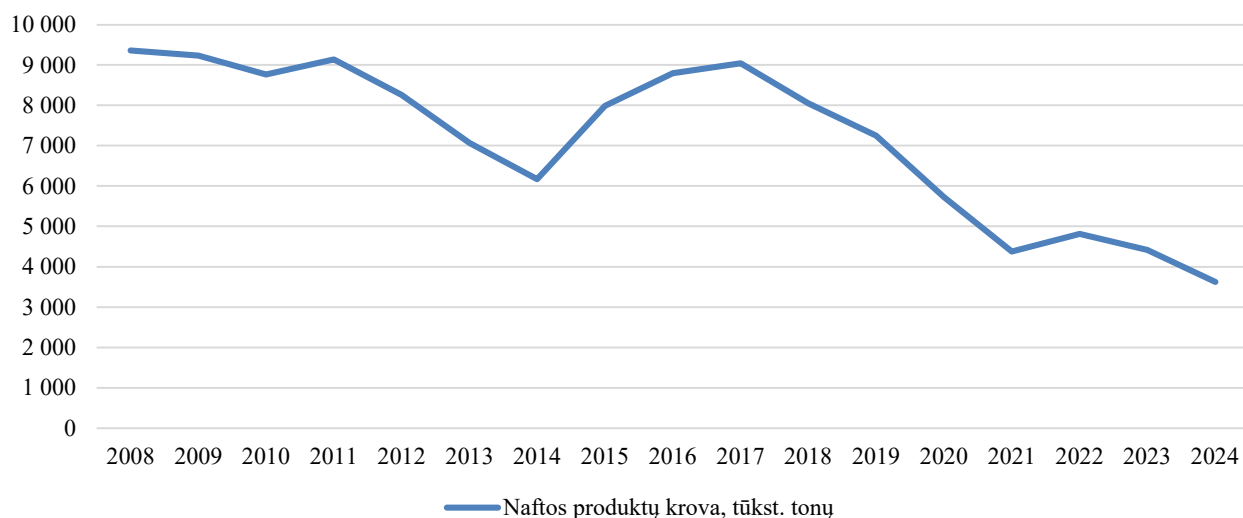
IMO (2023) ir Vakili ir kt. (2023) nustato, kad lėto plaukimo praktika mažina degalų sąnaudas, bet keičia laivų atvykimo ritmą ir gali didinti sezoniškumą. Degiuli ir kt. (2024) pabrėžia, kad tokie operaciniai pokyčiai tiesiogiai veikia terminalų apkrovos tolygumą ir gali sukelti trumpalaikių pajėgumų disbalansų.

World Bank & S&P Global Market Intelligence (2025) rodo, kad aukštesnio produktyvumo uostai greičiau prisitaiko prie tokių išorinių impulsų: efektyvesnė infrastruktūra sumažina tiek paklausos, tiek sąnaudų šokų poveikį.

Klaipėdos uosto atveju šie procesai aktualūs dėl aiškos priklausomybės nuo regioninės prekybos, energetikos ciklų ir eksporto srautų struktūros. Augant prekybos intensyvumui gali didėti eksporto galimybės, o energetikos arba reguliavimo sąnaudų kilimas gali veikti priešinga kryptimi. Tai yra teorinis veikimo modelis, kurio tinkamumas bus vertinamas atliekant empirinę analizę.

1.2. Naftos produktų krovos dinamikos pokyčiai Klaipėdos uoste

Naftos produktų krovos dinamika Klaipėdos uoste 2008-2024 m. laikotarpiu pasižymi ryškiais cikliniais svyravimais ir keliais reikšmingais lygio poslinkiais. Analizuojami duomenys rodo, kad iki 2012 m. krova išliko santykinai aukštame lygyje – viršijo 8–9 mln. tonų per metus, o didžiausia apimtis fiksuota 2008 m. (9 361 tūkst. tonų). Šis laikotarpis gali būti siejamas su nekintančiais, gana pastoviais regioniniais tranzito srautais ir palankia tarptautinės prekybos aplinka. Bendra krovos dinamika pateikiama grafike:



2 pav. Naftos produktų krovos dinamika Klaipėdos uoste 2008-2024 m., tūkst. tonų.
Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcijos duomenis.

Pirmasis reikšmingas krovos sumažėjimas matomas 2012–2014 m., kai naftos produktų krova sumažėjo nuo 9 139 tūkst. tonų 2011 m. iki 6 171 tūkst. tonų 2014 m. Šis kritimas žymi persilaužimą, po kurio ankstesni maksimalūs krovos lygiai nebebuvo pasiekti (daugiau nei 9,0 mln tonų). Minėtas laikotarpis sutaptų su geopolitinių įtampų augimu Rytų Europoje, Rusijos-Ukrainos konflikto pradžia ir pirmosiomis sankcijomis, kurios paveikė energetinių žaliavų ir produktų srautus regione.

2015-2018 m. laikotarpiu stebimas laikinas krovos atsistatymas ir stabilizacija. Krova vėl padidėjo iki 7,9-9,0 mln. tonų per metus, o didžiausia reikšmė po 2014 m. kritimo pasiekta 2017 m. (9 043 tūkst. tonų). Šis laikotarpis gali būti vertinamas kaip adaptacijos fazė, kai uosto veikla prisitaikė prie pasikeitusių prekybos sąlygų ir išlaikė reikšmingą energetinių krovinių srautą.

Vis dėlto nuo 2019 m. fiksuojama nuosekli mažėjimo tendencija, kuri ypač sustiprėjo 2020-2021 m. laikotarpiu. 2020 m. naftos produktų krova sumažėjo iki 5 727 tūkst. tonų, o 2021 m. pasiekė žemiausią viso laikotarpio lygį – 4 375 tūkst. tonų. Šis laikotarpis laikytinas ryškiausiu visos analizuojamos laiko eilutės nuosmukio epizodu.

Tikėtina, kad tokį staigų kritimą galėjo lemti keli tarpusavyje susiję veiksniai. Pirma, COVID-19 pandemija smarkiai sumažino transporto ir pramonės degalų paklausą Europoje, ypač aviacinio kuro ir dyzelino segmentuose, taip pat benzino pardavimus Jungtinėse Amerikos Valstijose. Antra, dėl sumažėjusios paklausos dalis naftos perdirbimo įmonių mažino gamybos apimtis, o tai tiesiogiai paveikė eksportuojamų naftos produktų srautus. Trečia, pandemijos laikotarpiu sutriko tarptautinės tiekimo grandinės, buvo ribojamas mobilumas ir laivybos apimtys, tai galėjo papildomai prisidėti prie bendrai krovos sumažėjimo uostuose.

Po 2021 m. kritimo situacija iš dalies stabilizavosi, tačiau grįžimo prie ankstesnių krovos lygių nepastebima. 2022-2024 m. laikotarpiu naftos produktų krova svyravo 3,6-4,8 mln. tonų ribose, išlaikydama žemesnį, tačiau santykinai stabilų lygį. Šis etapas rodo, kad po pandemijos šoko ir Baltarusijos vežamų krovinių sumažėjimo, uosto naftos produktų krova perėjo į naują pusiausvyros etapą, kuriam būdingos mažesnės apimtys ir didesnis jautrumas struktūriniams energetikos bei geopolitiniams veiksniams.

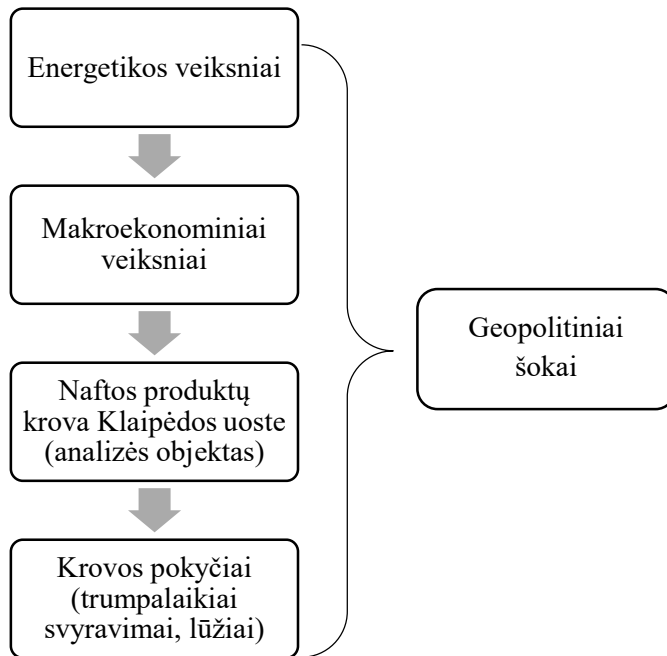
Išanalizavus pateiktus duomenis matyti, jog nustatyti krovos sumažėjimo etapai skiriasi savo pobūdžiu. 2013-2014 m. ir 2020–2021 m. kritimai nėra vien laikini cikliniai nuokrypiai, jie pasižymi ilgalaikiu poveikiu krovos lygiui, ypač paskutinis kritimas, kadangi po pirmojo krova dar grįžo į pradinį lygį.

Analizuojamas grafikas atskleidžia tris pagrindines problemas: reikšmingą krovos sumažėjimą 2014 m., vėlesnį laikotarpį su santykinu stabilizavimusi ir laikinu atsistatymu į pradinį lygį, bei nuolatinį mažėjimą po 2020-2021 m. lūžio. Tai pagrindžia poreikį toliau empiriškai tirti, kokių mastu ir kokie makroekonominiai, energetikos veiksniai lemia trumpalaikius ir ilgalaikius naftos produktų krovos pokyčius Klaipėdos uoste.

1.3. Problemos struktūra ir empirinės analizės poreikis

1.2 poskyryje pateikta analizė atskleidžia, kad Klaipėdos uosto naftos produktų krova pasižymi skirtingais elgsenos režimais, kai kuriais laikotarpiais krova atsistato, kitais – pereina į naują žemesnį lygį. Tuo pačiu pastebima, kad net esant santykinai stabiliai uosto operacinei bazei (kaip rodo CPPI analizė), naftos produktų krova gali reikšmingai kisti. Tai signalizuoja apie galimą skirtį tarp uosto infrastruktūrinio pajėgumo ir faktinių krovinų srautų, kuriuos formuoja išoriniai veiksniai – energijos paklausa, kainų dinamika, pramonės aktyvumas ir tarptautinės prekybos sąlygos.

Atsižvelgiant į nustatytą naftos produktų krovos dinamikos kompleksiskumą, tikslinga schematiškai apibrėžti pagrindinius veiksnius ir jų tarpusavio sąsajas. Toks struktūrinis vaizdavimas leidžia aiškiau identifikuoti, kaip skirtingų lygių veiksniai formuoja galutinį analizės objektą – naftos produktų krovos apimtį Klaipėdos uoste.



3 pav. Naftos produktų krovą Klaipėdos uoste formuojantys veiksniai ir jų tarpusavio sąsajos.

Šaltinis: sudaryta autoriaus.

3 paveiksle pateikta schema paaiškintų, kad naftos produktų krova Klaipėdos uoste formuojasi veikiant kelių tarpusavyje susijusių veiksnių grupių. Energetikos ir makroekonominiai veiksniai tiesiogiai veikia krovos apimtį per paklausos ir kainų mechanizmus, tuo tarpu geopolitiniai šokai gali paveikti visą sistemą. Toks daugiasluoksnis poveikio pobūdis leidžia struktūruoti problemą į

veiksnių grupes, kurios vėliau gali būti tikrinamos empiriškai, siekiant geriau suprasti vidinės krovos dinamikos ir išorinių veiksnių sąveiką.

„Ankstesni tyrimai dažnai vertina priežastingumą visoje imtyje, nors ji gali patirti struktūrinių pokyčių; tokių pokyčių egzistavimas gali lemti šališkus rezultatus, nes ryšys tarp naftos kainų ir frachtų kaštų pasižymi laiko kintamumu ir neapibrėžtumu“ (Khan et al., 2025, p. 2). Ši įžvalga aktuali uostų krovos analizei, nes frachtų kaštų ir energijos kainų sąveika skirtingais laikotarpiais gali nevienodai veikti prekybos maršrutus ir krovinių srautus.

Jeon ir kt. (2025) teigia, kad „ryšiai tarp jūrinių frachtų tarifų ir juos lemiančių veiksnių nėra vienaareikšmiai ir išlieka diskusijų objektu“, todėl vien fundamentinių rodiklių analizė ne visuomet leidžia pilnai paaiškinti stebimą dinamiką. Autoriai taip pat pabrėžia, jog „didelis frachtų tarifų nepastovumas negali būti paaiškintas vien rinkos fundamentaliais veiksniais, nes skirtumai tarp tikėtinų ir faktiškai stebimų tarifų gali būti siejami ir su rinkos sentimentais“ (Jeon et al., 2025, p. 2). Tai rodo, kad transporto ir logistikos rinkų svyravimai formuojasi veikiant ne tik paklausos ir pasiūlos mechanizmams.

Makroekonominėje literatūroje analizuojama, kad skirtingi pasiūlos šokai veikia ekonomiką nevienodai. De Santis (2024) rodo, jog tiekimo grandinių sutrikimų šokai pasižymi stipresniu ir labiau ilgalaikiu poveikiu ekonominiam aktyvumui ir kainų dinamikai, tuo tarpu energijos pasiūlos šokų poveikis dažniau yra trumpalaikis ir epizodinis. Autorius teigia, kad didelio masto sukrėtimai, tokie kaip COVID-19 pandemija ar geopolitiniai konfliktai, iškreipia įprastus ekonominius ryšius ir apsunkina trumpalaikių reakcijų identifikavimą. Tai leidžia teigti, kad krovos dinamikos analizė tokioje aplinkoje reikalauja atsižvelgti į skirtingo pobūdžio išorinius impulsus ir jų nevienodą poveikio trukmę (De Santis, 2024).

Tarkun (2025) taip pat pažymi, kad „naftos kainų šokai daro nevienodą poveikį jūrų transportui, o jų poveikis stiprėja ekonominių ir geopolitinių krizių laikotarpiais“. Tai parodo, jog agreguoti rodikliai gali paslėpti skirtingų transporto segmentų reakcijas į išorinius sukrėtimus.

Apžvelgus literatūroje išskiriamas pagrindines problemas galima teigti, kad naftos ar kitų produktų krovos ir su ja susijusių laivybos rodiklių dinamika formuojasi veikiant keliems tarpusavyje persidengiantiems, tačiau nevienodai pasireiškiantiems veiksniams:

- ryšiai tarp naftos kainų ir frachtų kaštų pasižymi laiko kintamumu, todėl analizės, grindžiamos visa imtimi, gali neatskleisti struktūrinių pokyčių poveikio (Khan et al., 2025);
- fundamentiniai paklausos ir pasiūlos rodikliai ne visada paaiškina stebimą svyravimų mastą, nes rinkos dalyvių lūkesčiai ir sentimentai taip pat veikia kainų bei srautų elgseną (Jeon et al., 2025);
- skirtingo pobūdžio pasiūlos šokai daro nevienodą poveikį ekonominiam aktyvumui – tiekimo grandinių sutrikimai pasižymi ilgesniu poveikiu nei energijos pasiūlos svyravimai, o tai apsunkina trumpalaikių reakcijų identifikavimą (De Santis, 2024);
- jūrų transporto sektoriuje kainų ir apimčių dinamika dažnai neatspindi momentinių prekybos pokyčių dėl pasiūlos inertiškumo, kapitalo ciklų bei rinkos dalyvių lūkesčių vaidmens (Tarkun, 2025 ir Park et al., 2023).

Stebimi naftos produktų krovos pokyčiai Klaipėdos uoste savaime dar neleidžia vienareikšmiškai interpretuoti jų priežasčių. Tas pats krovos sumažėjimas gali būti susijęs tiek su laikiniais paklausos svyravimais, tiek su gilesniais struktūriniais prekybos, energetikos ar geopolitinės aplinkos pokyčiais.

Be empirinės analizės sunku nustatyti ar fiksuojami pokyčiai atspindi trumpalaikę reakciją į išorinį impulsą, ar ilgalaikį krovos lygio persitvarkymą. Toks neapibrėžtumas yra reikšmingas ir praktiniu požiūriu, nes sprendimai dėl infrastruktūros panaudojimo, terminalų apkrovos ar veiklos planavimo dažnai remiasi prielaida, kad stebima dinamika atspindi bendras rinkos tendencijas. Jei krovos svyravimus lemia skirtingo pobūdžio veiksniai, turintys nevienodą poveikio trukmę, tokios prielaidos gali būti klaidinančios. Kartu ilgalaikis tradicinių naftos produktų krovos mažėjimas gali būti interpretuojamas ne tik kaip neigiamas reiškinys, bet ir kaip signalas apie besikeičiančią energetikos ir transporto struktūrą, kurioje ilginiui gali didėti alternatyvių ir mažesnį anglies pėdsaką turinčių energijos srautų vaidmuo.

2. Naftos produktų krovos uostuose teoriniai sprendiniai

Šiame skyriuje pateikiama teorinė uostų veiklos ir naftos produktų krovos analizės apžvalga, kuria siekiama atskleisti pagrindinius veiksnius, lemiančius uostų krovos apimčių pokyčius. Apžvelgiami mokslinėje literatūroje nagrinėjami ryšiai tarp makroekonominių procesų, energetikos rinkų ir uostų veiklos rezultatų, taip pat aptariami dažniausiai taikomi analitiniai požiūriai uostų krovos tyrimuose. Ši teorinė bazė sudaro pagrindą vėlesnei empirinei analizei.

Kartu teorinėje literatūroje minima, kad uostų krovos procesai dažnai pasižymi trumpalaikiu nepastovumu ir jautrumu išoriniams šokams, todėl teoriniai ryšiai empirinėje analizėje dažniausiai vertinami kaip statistinės priklausomybės, o ne iš anksto nulemti veiksniai.

2.1. Makroekonominių veiksnių poveikis uostų veiklai

Šiame poskyryje nagrinėjamas makroekonominių veiksnių poveikis uostų veiklai, ypatingą dėmesį skiriant ekonominio aktyvumo, pramonės gamybos, energijos paklausos ir kainų svyravimų įtakai krovos apimtims. Analizuojama, kaip šie veiksniai veikia uostų krovos dinamiką tiek tiesiogiai, tiek per tarptautinės prekybos ir energetikos rinkų veiksnius.

Literatūra taip pat atskleidžia, jog makroekonominių veiksnių poveikis uostų krovai nėra pastovus ir gali sustiprėti ekonominių sukrėtimų ar struktūrinių pokyčių laikotarpiais, todėl jų analizė reikalauja platesnio, dinaminio požiūrio.

Ekonominis augimas, prekybos ciklai ir jūrų transporto paklausa

Makroekonominiai rodikliai veikia kaip pagrindiniai signalai, tiesiogiai formuojantys krovinių srautus, laivybos kainodarą ir uostų apkrovą. Bendrasis vidaus produktas (BVP) apima visus ekonominės veiklos segmentus: gamybą, paslaugas, vartojimą todėl tiksliai atspindi bendrą šalies ekonominį aktyvumą. Augant BVP, įmonės plečia gamybą, prekybos mainai intensyvėja, didėja transportavimo poreikis, kartu auga konteinerių ir birių krovinių apyvarta, o tarifų lygis turi tendenciją kilti. Ekonomikos nuosmukiai mažina transporto paklausą ir daro spaudimą tarifams, o tai veikia visos laivybos rinkos dinamiką (Pepur et al., 2022).

Šiame darbe energetinių krovinių segmentu laikomi skystieji energetiniai kroviniai – žaliavinė nafta ir naftos produktai, kurių krova Klaipėdos uoste sudaro didžiausią energetinių srautų dalį. Šio segmento dinamika pasižymi didesniu trumpalaikiu nepastovumu, nes ji tiesiogiai priklauso nuo energetikos kainų svyravimų, paklausos pokyčių ir geopolitinių veiksnių, todėl energetiniai kroviniai literatūroje dažnai analizuojami atskirai nuo bendros uostų krovos.

Literatūroje taip pat pažymima, kad energetinių krovinių paklausa trumpuoju laikotarpiu pasižymi santykinio neelastingumu, kadangi ji susijusi su būtinais energijos poreikiais ir esamais technologiniais gamybos procesais. Dėl to ekonominio augimo ar nuosmukio poveikis energetinių krovinių srautams dažnai pasireiškia per kainų, maržų ir logistikos sprendimų pokyčius, kurie vėliau atsispindi uostų krovos dinamikoje.

Empiriniai tyrimai, atlikti įvairiuose regioniniuose ir tarptautiniuose uostų ekonomikos darbuose, taip pat patvirtina priklausomybę tarp BVP ir uostų krovos apimčių. Tarp jų galima išskirti Pepur ir kt. (2022), kurie analizuoja makroekonominių rodiklių ir logistikos paklausos sąsajas, bei Delfin-Ortega ir kt. (2025), empiriškai įrodžiusius BVP reikšmingumą uostų produktyvumui APEC regione. Šie

tyrimai parodo, kad BVP, tiek nacionalinis, tiek pagrindinių prekybos partnerių yra vienas svarbiausių veiksnių, paaiškinančių uostų krovos dinamiką.

Ekonominio nuosmukio laikotarpiais, kai vartojimas ir gamyba lėtėja, laivybos paklausa taip pat mažėja. Dėl to krinta tarifai, nes rinkoje atsiranda perteklinis laivų pasiūlos kiekis (angl. idle capacity) ir mažėja krovinių kiekis. Tokiais atvejais uostai susiduria su pajėgumų panaudojimo problemomis: dalis infrastruktūros lieka nenaudojama, tai mažina efektyvumą ir didina krovos vieneto sąnaudas. Šis reiškinys ypač aktualus regionuose, kuriuose prekyba itin priklauso nuo kelių stambių ekonominių partnerių, todėl globalūs ekonominiai svyravimai gali turėti tiesioginį poveikį vietinei uostų veiklai (Pepur et al., 2022).

Pepur ir kt. (2022), analizuodami Baltijos biržos sausų bierių krovinių gabenimo jūrų keliais indeksas (angl. Baltic dry index, toliau - BDI) svyravimus, parodo, kad jūrų transporto rodikliai juda kartu su bendrais ekonomikos ciklais. Panašiai Delfin-Ortega ir kt. (2025) literatūros apžvalgoje pažymi, kad BVP dinamika yra siejama su uostų veiklos rodikliais ir šį ryšį verta nagrinėti tiek verslo sprendimams, tiek moksliniams tyrimams. Todėl BVP šiame darbe traktuojamas kaip apibendrintas paklausos ir prekybos ciklų rodiklis, padedantis paaiškinti uosto krovos pokyčius.

Nors BVP laikomas vienu iš pagrindinių ekonominio aktyvumo rodiklių, praktiniuose trumpalaikių uostų krovos tyrimuose jo taikymas yra ribotas dėl žemo duomenų dažnio ir vėluojančio publikavimo. Dėl šios priežasties literatūroje dažnai naudojami aukštesnio dažnio pakaitiniai rodikliai, tokie kaip pvz. pramonės gamybos indeksas, kurie leidžia tiksliau fiksuoti trumpalaikius ekonominio ciklo svyravimus ir jų poveikį transporto paklausai.

Rinkos indeksai atlieka svarbų vaidmenį vertinant ir prognozuojant uostų veiklos paklausos ciklus. Jie veikia kaip greitai reaguojantys ekonominiai veiksniai, leidžiantys analizuoti tiek žaliavų paklausos pokyčius, tiek laivybos sektoriaus pajėgumų balansą. Balkelių (biriems kroviniams pritaikytas laivas) rinkoje ypač reikšmingas yra BDI, apimantis kelių pagrindinių laivybos maršrutų frachtų kainas ir tiksliai atspindintis santykį tarp laivų pasiūlos ir transporto paslaugų paklausos (Kim et al., 2025). Autoriai teigia, kai indeksas kyla, tai dažniausiai rodo augančią žaliavų paklausą pramonėje ir gamyboje, o indekso kritimas atspindi globalios ekonomikos lėtėjimą ar perteklinį laivų skaičių rinkoje. Chang ir kt. (2023) nustatė, kad BDI nuosmukiai dažnai pasirodo anksčiau nei prekybos sulėtėjimas, todėl šis indeksas gali būti naudojamas kaip ankstyvojo perspėjimo indikatorius apie paklausos mažėjimą.

Konteinerių rinkoje analogišką vaidmenį atlieka Šanchajaus konteinerių frachtų indeksas (SCFI), nusakantis pagrindinių pasaulinių maršrutų tarifus. Pulido (2023) teigia, kad 2020-2022 m. staigūs SCFI šuoliai buvo tiesiogiai susiję su pandemijos metu susiformavusiomis tiekimo grandinių perkrovomis, maršrutų perplanavimu ir konteinerių disbalansu. Kim ir kt. (2025) pažymi, kad vėlesnis SCFI normalizavimasis atspindi rinkos stabilizaciją, kai laivų frachtavimo ir transporto tarifai grįžta prie ilgalaikės pusiausvyros.

Nors tokie indeksai kaip BDI ar SCFI plačiai taikomi vertinant bendrą jūrų transporto paklausą, jų informacinė vertė energetinių krovinių analizei yra ribota, nes šie indeksai neatspindi skystųjų krovinių segmentui būdingų kainodaros ir maršrutų ypatumų. Dėl šios priežasties energetinių krovinių paklausos analizėje būtina kliautis papildomais makroekonominiais ir energetikos rodikliais, kurie geriau atspindi šio segmento specifiką.

Tiek BDI, tiek SCFI indeksai yra praktiški uostų planavimo ir veiklos valdymo instrumentai. Jų svyravimai daro tiesioginį poveikį uosto terminalų panaudojimui, laivų aptarnavimo laikui bei pajamų struktūrai (Park et al., 2024). Pavyzdžiui, kai tarifai kyla, didėja terminalų apkrova ir pajamų srautai, tačiau kartu išauga operaciniai iššūkiai – perkrovos vėlavimai, turimų pajėgumų ribos. Kai tarifai krenta, uostai patiria pajamų sumažėjimą ir neefektyvų infrastruktūros panaudojimą. Todėl šių indeksų stebėsena tampa ne papildoma, o būtina strateginio ir investicinio planavimo dalimi.

Skystųjų krovinių segmente pagrindiniai rodikliai yra tanklaivių frachtų indeksai – nešvarių tanklaivių indeksas (angl. Dirty Tanker Index DTI) ir švarių tanklaivių indeksas (angl. Clean Tanker Index CTI). DTI atspindi žaliavinės naftos vežimo tarifus, o CTI – perdirbtų produktų, tokių kaip dyzelinas, benzinas ar reaktyvinis kuras. UNCTAD (2024) pabrėžia, kad tanklaivių rinka yra itin jautri geopolitiniams pokyčiams ir maršrutų pailgėjimui, nes šie veiksniai keičia laivų užimtumą ir transporto trukmę. Tuo tarpu Oxford Institute for Energy Studies (2023) akcentuoja energetikos kainų įtaką tanklaivių tarifams: kylant žaliavinės naftos ar dyzelino kainoms, didėja laivybos sąnaudos, o tai tiesiogiai veikia tanklaivių rinkos kainodarą. Abu šaltiniai vieningai rodo, kad tanklaivių tarifų dinamika yra susijusi su energetikos srautų pokyčiais ir turi tiesioginę reikšmę skystų krovinių eksportui bei uostų apkrovai. Vis dėlto istoriniai DTI ir CTI duomenys nėra viešai prieinami, nes juos licencijuotai teikia Baltic Exchange ir Clarksons Research. Todėl šiame darbe tanklaivių indeksai aptariami kaip reikšmingi teoriniai indikatoriai, tačiau nėra naudojami pasirinkto modelio empiriniams skaičiavimams.

Pasaulinės prekybos ciklai tiesiogiai lemia jūrų transporto paklausos fazes. Augimo laikotarpiais didėja krovinių srautai, ilgėja tonų-mylių atstumai ir kyla frachtų tarifai, o ekonomikos sulėtėjimas mažina transporto paklausą ir krovos apimtis. UNCTAD (2024) pabrėžia, kad prekybos apimtys glaudžiai seka pasaulinio BVP pokyčius, todėl jūrų transportas yra vienas jautriausių sektorių makroekonominiams svyravimams.

European Central Bank (2024) tyrimai taip pat parodo, kad prekybos dinamika tiesiogiai susijusi su globalios gamybos ciklais: gamybai lėtėjant, mažėja žaliavų ir tarpinių prekių paklausa, o tai greitai atsispindi jūrų transporto srautuose (Bai et al., 2024). Šis mechanizmas paaiškina, kodėl jūrų transporto paklausa pasižymi ryškiu cikliškumu ir dažnai reaguoja stipriau nei bendri ekonomikos rodikliai.

Cikliškumą dar labiau stiprina tiekimo sutrikimai ir padidėjęs neapibrėžtumas. European Central Bank (2024) pažymi, kad tiekimo grandinių trikdžiai didina gamybos ir transportavimo sąnaudas, todėl trumpuoju laikotarpiu sustiprėja tarifų nepastovumas. De Santis (2024) pabrėžia, kad energijos tiekimo šokai ir tiekimo grandinių disbalansai veikia prekybos bei gamybos apimtis, todėl logistikos sektorius tampa pagrindiniu makroekonominių svyravimų perdavimo veiksmu.

Geopolitiniai, prekybos ir tiekimo grandinių šokai energetinių krovinių rinkoje

Prekybos politikos sprendimai – sankcijos, tarifai ir tiekimo grandinių pertvarkymai sukuria papildomus ciklinius svyravimus tarptautinėje prekyboje. UNCTAD (2024) pabrėžia, kad nuo 2022 m. didėjantis protekcionizmas ir geopolitinė įtampa mažina prekybos augimo tempą, ypač energetikos ir žaliavų segmentuose. Globalios tiekimo grandinės tampa labiau fragmentuotos, o prekybos srautai jautresni politiniams ir reguliaciniams pokyčiams.

Analizuojant geopolitinių ir prekybos šokų poveikį pastebima, kad geopolitinių ir prekybos šokų poveikis energetiniams kroviniams pasižymi asimetrija, palyginti su kitais krovinių segmentais. Energetikos produktų srautai dažnai išlieka būtini net ir esant prekybos apribojimams, tačiau keičiasi jų maršrutai, transportavimo atstumai ir logistiniai sprendimai. Dėl to geopolitiniai sukrėtimai ne visada lemia staigų krovos apimčių sumažėjimą, bet dažnai lemia didesnę nepastovumą, kainų svyravimus ir struktūrinius srautų persiskirstymus.

Pandeminiai tiekimo grandinių šokai parodė, jog uostų veiklos stabilumas priklauso ne tik nuo paklausos apimtys, bet ir nuo trikdžių geografinės lokalizacijos. 2020-2021 m. pasaulinė pandemija pakeitė vartojimo struktūrą: paklausa smarkiai persikėlė iš paslaugų sektoriaus į prekes, ilgo vartojimo produktus. Šis staigus pokytis sukėlė nenumatytą konteinerinės logistikos grandinių perkrovą. Laivybos linijos ir uostai, pritaikyti pastovesniam krovinių pasiskirstymui, nesugebėjo greitai prisitaikyti prie naujo paklausos modelio, todėl transporto sistemoje susidarė ilgalaikiai srautų kamščiai (Notteboom et al., 2021).

Pandemijos laikotarpiu situaciją dar labiau komplikavo darbo jėgos trūkumas ir veiklos ribojimai terminaluose. Uostuose buvo įvesti griežti sveikatos saugumo protokolai, riboję personalo skaičių bei krovos operacijų tempą. Šie apribojimai sukėlė vadinamąjį neapibrėžtumo arba plakimo botagu efektą (angl. bullwhip effect), kai nedideli paklausos svyravimai mažmeninės prekybos lygmenyje lėmė neproporcingus svyravimus visoje tiekimo grandinėje (Pulido, 2023). Dėl šių trikdžių konteinerių tarifai pasiekė rekordines aukštumas. Kai kuriais atvejais kelis kartus viršijo iki pandemijos buvusių lygių. Tai nulėmė tiek uostų perkrovas, tiek laivų prastovas, kadangi dėl netolygaus srautų pasiskirstymo laivai turėjo ilgai laukti krovinių iškrovimo ar pakrovimo vietos.

Notteboom ir kt. (2021) pažymi, jog didieji globalūs uostai dažniau veikia kaip srautų persiskirstymo centrai, tuo tarpu regioniniai uostai patiria didesnę srautų nepastovumą ir operacinį neapibrėžtumą. Energetinių krovinių segmente tai pasireiškia ne tiek nuolatiniu krovos apimčių mažėjimu, kiek staigiais maršrutų pokyčiais, nereguliariu laivų atvykimu ir didesne priklausomybe nuo pavienių tiekimo krypčių. Park ir kt. (2024) teigia, kad tokiose situacijose transportavimo kaštų ir tarifų pokyčiai į regioninius uostus perduodami greičiau ir su didesne amplitude, todėl trumpalaikiai išoriniai šokai gali turėti neproporcingą poveikį jų krovos dinamikai.

Tiekimo grandinių šokų poveikis išryškėjo ne tik laivybos, bet ir žemyninės logistikos segmentuose. Perkrovos uostuose lėmė krovinių vėlavimus geležinkelio ir kelių transporto sistemoje, o tai tiesiogiai paveikė produktų prieinamumą mažmeninės prekybos ir gamybos įmonėms. Dėl to atsirado disbalansas tarp paklausos ir pasiūlos, kuris sukėlė infliacinį spaudimą įvairiose ekonomikos srityse (Notteboom et al., 2021). Kitaip tariant, uostų veiklos trikdžiai tapo veiksniumi, per kurį kainų šokai iš transporto sektoriaus perduodami į platesnę ekonomiką.

European Central Bank (2024) papildomai parodė, kad tiekimo sutrikimų indeksai turi nevienodą poveikį makroekonominiams rodikliams. Kai kurie iš jų glaudžiau koreliuoja su kainų spaudimu, kiti – su gamybos apimčių ribojimais (Bai et al., 2024). Tokie skirtumai svarbūs jūrų transportui, nes infliaciniai procesai ir gamybos sulėtėjimas tiesiogiai lemia krovinių srautų kryptis, apimtį ir laivybos tarifų elgseną. Uostai šiuos poveikius patiria tiek per krovos kiekių pokyčius, tiek per paslaugų paklausos struktūros transformacijas.

Kainų ir finansiniai rodikliai sudaro esminį kanalą, per kurį globalūs ekonominiai pokyčiai persiduoda jūrų transportui ir uostų veiklai. Pagrindiniai veiksniai – naftos kainų dinamika, palūkanų

normos ir valiutų kursai – tiesiogiai lemia laivybos kaštus, kapitalo prieinamumą ir eksporto konkurencingumą. Didėjant naftos kainai, brangsta transportavimas ir mažėja eksporto apimtys (Park et al., 2024). Kylant palūkanų normoms, mažėja investicijos į laivyną, todėl rinkos pasiūla reaguoja lėčiau (Jeon et al., 2025). Stiprėjant vietinei valiutai, mažėja eksportas ir krova (Kim et al., 2025). Šie veiksniai kartu formuoja rinkos indeksų BDI ir SCFI trajektorijas, kurios per kainodarą ir tarifus atsispindi uostų srautuose ir veiklos intensyvume.

Svarbu pažymėti, kad geopolitinių ir tiekimo grandinių šokų poveikis energetiniams kroviniams dažniausiai pasireiškia trumpuoju laikotarpiu – per staigius svyravimus, neapibrėžtumą ir laikinus struktūrinius pokyčius. Tokie procesai sunkiai identifikuojami taikant vien aprašomąją analizę, todėl jų vertinimui būtini dinaminiai metodai, leidžiantys atskirti pačios krovos inerciją nuo išorinių šokų poveikio. Tai pagrindžia laiko eilučių modelių taikymą analizuojant energetinių krovinių dinamiką uostuose.

Aplinkosauginiai veiksniai jūrų transporte

Instituciniai ir reguliaciniai rodikliai vis labiau veikia jūrų transporto sektoriaus veiklos logiką, keisdami kaštų struktūrą, technologinius sprendimus ir maršrutų pasirinkimą. 2023 m. Tarptautinės jūrų organizacijos (IMO) atnaujinta šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) mažinimo strategija išsikėlė tikslą – pasiekti grynąjį nulį iki maždaug 2050 m., taip pat įtvirtino tarpinius 2030 ir 2040 m. siekius (IMO, 2023). Ši strategija skatina spartesnę laivyno perėjimą prie mažai anglies dioksido išskiriančių degalų, tokių kaip metanolis, amoniakas ar biokuras, bei naujų technologijų diegimą, įskaitant hibridines ir elektrines sistemas. Tiesioginis poveikis atsispindi laivybos įmonių investicijų struktūroje ir kuro sąnaudose, o netiesioginis – uostų lygmeniu, kur didėja poreikis infrastruktūrai alternatyviems degalams tiekti, įdiegti elektros tiekimo nuo kranto (angl. shore power) sistemas ir skaitmenizuoti procesus (U.S. Department of Transportation, 2023).

Europos Parlamentas ir Taryba (2023) priėmė reglamentą FuelEU Maritime, kuriuo nustatyta, kad nuo 2025 m. jūrų transporto sektoriuje palaipsniui mažinama degalų šiltnamio efektą sukeliančių dujų intensyvumo riba. Ši politika skatina pereiti prie alternatyvių degalų ir diegti elektros tiekimo nuo kranto sistemas, todėl uostams atsiranda papildomų investicijų infrastruktūrai poreikis.

Šios tendencijos rodo, kad tvarumo reikalavimai tampa nauju konkurencingumo veiksnium tiek laivybos, tiek uostų sektoriuose. Uostai, kurie pirmieji investuoja į atsinaujinančių energijos šaltinių tiekimo infrastruktūrą, geba pritraukti daugiau modernių laivų ir taip stiprina savo pozicijas globaliuose maršrutuose. Priešingai, lėčiau prisitaikantys uostai rizikuoja prarasti dalį krovinių srautų dėl nepakankamo techninio pasirengimo. Toks institucinės transformacijos procesas rodo, kad aplinkosaugos politika tampa ne tik reguliacine, bet ir ekonomine dimensija, tiesiogiai lemiančia investicinius prioritetus ir ilgalaikę veiklos strategiją (IMO, 2023; U.S. DOT, 2023).

Nuo 2024 m. jūrų transportas įtrauktas į Europos Sąjungos apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemą (ATLPS, angl. ETS), todėl emisijų mažinimas tampa ne tik aplinkosauginiu, bet ir finansiniu imperatyvu. Pagal šią sistemą laivybos įmonės privalo įsigyti leidimus už išmetamą anglies dioksido kiekį, o tai tiesiogiai didina laivų reiso sąnaudas (European Commission, 2025).

Empiriniai modeliavimai rodo, kad ETS tikėtina sumažins emisijas, tačiau jo poveikis prekybos apimtims ir BVP išliks ribotas, nes didesnes sąnaudas iš dalies kompensuoja rinkos prisitaikymas ir masto ekonomija (Flodén et al., 2024).

Kitame tyrime nustatyta, kad griežtesnė emisijų politika gali paskatinti laivybos įmones peržiūrėti maršrutus ir ieškoti kaštus mažinančių sprendimų, o tai lemia uostų pasirinkimo pokyčius ir galimus srautų perskirstymus (Kotzampasakis et al., 2025).

Papildomai Tran ir kt. (2025) argumentuoja, kad dalis rinkos dalyvių gali reaguoti į vadinamąsias „anglies vengimo“ strategijas – rinktis alternatyvius uostus, trumpesnius maršrutus ar kitus eksporto kanalus. Šie pokyčiai rodo, kad emisijų politika gali turėti netiesioginį poveikį regioninei uostų konkurencijai, nors jos pirminis tikslas – aplinkosaugos tikslų įgyvendinimas.

Vakili ir kt. (2023) pažymi, kad siekdamas atitikti emisijų ribas, laivybos įmonės vis dažniau taiko lėto plaukimo strategiją, mažinančią degalų sąnaudas ir išmetimus. Degiuli ir kt. (2024) teigia, kad lėtas plaukimas tapo viena iš pagrindinių tvarių priemonių konteinerinės laivybos segmente, nors ši praktika ilgina kelionių trukmę ir didina uostų apkrovos sezoniskumą.

Artimiausiais metais uostų ir logistikos rezultatams didelę reikšmę turės makroekonominių, prekybos ir aplinkos veiksnių sąveika. UNCTAD (2024) apžvalga pažymi, kad globalios jūrų prekybos srautai tampa vis jautresni sutrikimams strateginiuose jūrų transporto taškuose (angl. choke points), tokiuose kaip Sueco ar Panamos kanalai. Šiuose taškuose bet kokie gamtiniai reiškiniai ar operaciniai apribojimai – pavyzdžiui, žemas vandens lygis, audros, incidentai ar laikini navigacijos ribojimai gali sukelti maršrutų nukrypimus, pailginti tranzito laiką ir padidinti logistikos kaštus. Tokie sutrikimai keičia regioninių uostų strateginę svarbą ir gali laikinai perskirstyti krovinių srautus. Ilgainiui dekarbonizacijos procesai skatins tiek laivyno, tiek uostų infrastruktūros atnaujinimą, taip keičiant kaštų struktūrą, technologinius poreikius ir maršrutų geografiją (UNCTAD, 2024).

Tyrimai rodo, kad šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) kainodara gali padidinti jūrų transporto sąnaudas iki 20 %, tačiau šis poveikis globaliai prekybai ir BVP bus ribotas, jei uostuose bus taikomos masto ekonomijos priemonės ir infrastruktūros pritaikymai (Tran et al., 2025). Tai reiškia, jog energetinės transformacijos išlaidos gali būti amortizuotos per technologinį atsinaujinimą ir skaitmeninę optimizaciją, o uostų atsparumas priklausys nuo gebėjimo derinti tvarumo ir efektyvumo prioritetus.

Ateityje uostų konkurencingumą vis labiau lems gebėjimas integruoti energetinius ir skaitmeninius sprendimus. Strateginis prioritetas – sujungti makroekonominių rodiklių ir frachtų indeksų analizę su CPPI produktyvumo rodikliais, kad planavimas apimtų tiek paklausos indikatorius, tiek operacinį atsaką. Tokia integruota analizė leistų ne tik įvertinti makroekonominių veiksnių poveikį, bet ir iš anksto numatyti, kaip jie materializuosis realiuose krovos procesuose bei per investicijų poreikį.

Aplinkosauginiai reikalavimai transformuoja jūrų transportą ne tik per techninius standartus, bet ir per platesnę ekonominę logiką. Naujos emisijų mažinimo taisyklės didina operacines sąnaudas, keičia maršrutų pasirinkimą, spartina alternatyvių degalų infrastruktūros poreikį ir stiprina uostų technologinius bei organizacinius reikalavimus. Uostams tampa būtina vienu metu valdyti ekologinės atitikties kaštus, išlaikyti konkurencingumą ir prisitaikyti prie galimų srautų perskirstymų. Praktinis atsakas apima žaliųjų investicijų plėtrą, procesų skaitmeninimą ir didesnę operacinę lankstumą. Tokia kryptis leidžia uostams amortizuoti aplinkosaugos politikos poveikį ir pasirengti ilgalaikiai, tvaresnei jūrų transporto sistemos raidai.

Siekiant aiškiai apibendrinti pagrindinius ekonominius, rinkos ir reguliacinius veiksnus, lemiančius uostų veiklą, žemiau pateikiama lentelė, apibendrinanti jų poveikio kryptis:

1 lentelė. Pagrindiniai makroekonominiai ir rinkos rodikliai, darantys įtaką uostų veiklai

Rodiklis / įvykis	Poveikis uostų veiklai	Poveikio kryptis	Pagrindiniai šaltiniai
BVP (vietinis ir partnerių)	Atspindi bendrą paklausos lygį transportui ir prekybai	↑ BVP → ↑ krovos apimtys, ↑ tarifai	Pepur ir kt., 2022; Delfin-Ortega ir kt., 2025
BDI (Baltic Dry Index)	Rodo birių krovinių paklausos ir pasiūlos balansą	↑ BDI → ↑ krovos intensyvumas, ↓ prastovos	Kim ir kt., 2025
SCFI (Shanghai Container Freight Index)	Parodo konteinerių tarifų pokyčius ir rinkos apkrovą	↑ SCFI → ↑ terminalų apkrova, ↑ pajamos	Pulido, 2023; Park ir kt., 2024
Naftos (laivų kuro) kaina	Didina laivybos sąnaudas ir tarifus	↑ kaina → ↑ transporto kaštai	Park ir kt., 2024
Palūkanų normos	Lemiamas kapitalo kainos ir laivyno investicijų veiksnys	↑ palūkanos → ↓ investicijos → ↓ pasiūla	Jeon ir kt., 2025
Valiutų kursai (EUR/USD)	Keičia eksportuotojų konkurencingumą	↑ EUR → ↓ eksportas → ↓ krova	Kim ir kt., 2025
Tiekimo grandinių šokai	Sukelia perkrovas, vėlavimus ir tarifų šuolius	Šokai → ↑ tarifai, ↑ prastovos	Notteboom ir kt., 2021; Pulido, 2023; Bai ir kt., 2024
Reguliavimas (IMO, ETS)	Keičia kaštų struktūrą, skatina technologinius pokyčius	Griežtėjimas → ↑ kaštai, bet ↑ inovacijos	IMO, 2023; European Commission, 2025
CPPI	Rodo, kaip greitai uostai reaguoja į paklausos pokyčius	↑ CPPI → greitesnis atsistatymas po šokų	World Bank, 2024
Sutrikimai strateginiuose jūrų transporto taškuose	Sukelia maršrutų pasikeitimus ir logistikos sutrikimus	Sutrikimai → vėlavimai, prastovos ↑ operaciniai kaštai	UNCTAD, 2024; Tran ir kt., 2025

2.2. Energetikos rinkų dinamika

Energetikos rinkų raida per pastaruosius metus tapo vienu svarbiausių veiksnių, darančių įtaką tarptautinei prekybai, laivybos ekonomikai ir uostų veiklai. Naftos kainų svyravimai, perdirbimo maržų pokyčiai, tanklaivių frachtų dinamika ir geopolitiniai sukrėtimai po 2022 m. Rusijos karo prieš Ukrainą pakeitė Europos energetikos tiekimo struktūrą ir logistikos maršrutus (Oxford Institute for Energy Studies, 2023). Jungtinių Tautų prekybos ir plėtros konferencija (UNCTAD, 2024) pažymi, kad šie pokyčiai paveikė ir pasaulinę prekybos geografiją, didindami transporto sąnaudas, ilgindami logistikos grandines ir sukurdami naujus rizikos taškus jūrų maršrutuose.

Klaipėdos uostui ši dinamika yra ypač svarbi: jis funkcionuoja kaip vienas iš Baltijos regiono energetinių taškų, aptarnaujantis tiek Lietuvos, tiek regiono šalių naftos produktų tranzitą. Energetikos ciklai ir geopolitiniai įvykiai lemia tiek gamybos apimtis, tiek eksportuojamų naftos produktų srautus, kuriuos uostas perkelia į realią operacinę veiklą.

Naftos kainų ciklai

2020 m. pandemijos sukelti mobilumo apribojimai sukėlė istorinį transporto degalų paklausos nuosmukį. Kaip rodo Energetikos agentūros (IEA) paklausos ataskaitos, aviacinio kuro vartojimas sumažėjo labiausiai, o benzino ir dyzelino paklausa krito iki keliolikos metų žemumų (IEA, 2020). Šis paklausos kritimas išprovokavo žaliavinės naftos kainų smukimą: 2020 m. pavasarį „Brent“ žaliavinės naftos kaina trumpam pasiekė istorines žemumas. Šiuos pokyčius galima iliustruoti grafiku:



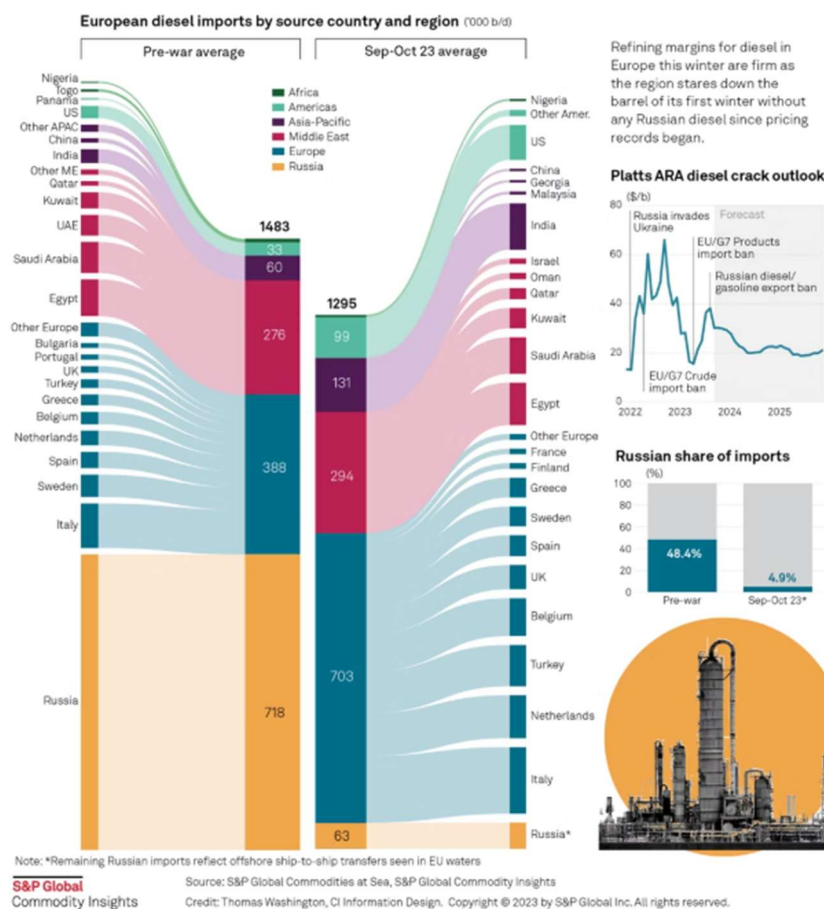
4 pav. „Brent“ žaliavinės naftos kainų dinamika 1990-2025 m.

Šaltinis: Federal Reserve Bank of St. Louis (2025). Global price of Brent Crude (POILBREUSDM). Prieiga: <https://fred.stlouisfed.org/series/POILBREUSDM>

Kaip nurodo Oxford Institute for Energy Studies (2023), perdirbimo įmonės dėl žemų kainų ir paklausos kritimo mažino naftos perdirbimo apimtį, o dalis eksporto srautų laikinai sumažėjo. Atkuriant paklausą 2021 m., rinka atsigaudavo nevienodai – aviacinio kuro vartojimas atsistatė lėtai, o dyzelino paklausa normalizavosi greičiau.

UNCTAD (2024) pažymi, kad Rusijos invazija į Ukrainą sukėlė struktūrinę energetikos šoką: nuo 2022 m. vidurio naftos ir dyzelino srautai į Europą reikšmingai sumažėjo, o importo geografija sparčiai keitėsi. ES draudimas importuoti rusišką žaliavinę naftą ir naftos produktus, G7 kainų ribos bei laipsniškai išleidžiamos strateginės atsargos pakeitė naftos ir dyzelino importo geografiją, padidino maršrutų ilgį ir išaugino logistikos sąnaudas (Oxford Institute for Energy Studies, 2023). Šiuos pokyčius iliustruoja Europos dyzelino importo transformacija:

Europe's new diesel suppliers



5 pav. Europos nauji dyzelino tiekėjai 2023 m.

Šaltinis: S&P Global Commodity Insights (2023). Europe's new diesel suppliers. Prieiga:

<https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/news-research/latest-news/crude-oil/111623-europes-diesel-market-seen-firm-ahead-of-first-winter-without-russian-supply>

Šaltinis rodo, kad iki karo 48 % Europos dyzelino importo sudarė rusiški srautai, tačiau 2023 m. šis rodiklis krito iki mažiau nei 5 %. Importo spragas užpildė JAV, Artimųjų Rytų ir Indijos tiekėjai. Šis nutolusių maršrutų dominavimas padidino tanklaivių poreikį ir palaikė aukštas dyzelino maržas Europos rinkoje (Oxford Institute for Energy Studies, 2023).

Oxford Institute for Energy Studies (2023) teigia, kad esant staigiems kainų šuoliams, fiziniai naftos ir produktų srautai dažnai prisitaiko palaipsniui – per perdirbimo sprendimus, atsargų naudojimą ir prekybos sutarčių peržiūrą. Dėl šios priežasties kainų pokyčių poveikis uostų krovai dažnai pasireiškia ne tiesioginiu apimčių kritimu ar augimu, o per padidėjusį neapibrėžtumą ir trumpalaikių svyravimų sustiprėjimą. UNCTAD (2024) taip pat pažymi, kad energetinių krovinių rinkoje kainų šokai dažniau veikia transporto organizavimą ir maršrutų pasirinkimą nei momentinius pervežamų kiekių pokyčius, todėl naftos kainos tampa svarbiu ciklinio nepastovumo, o ne vien kainų lygio indikatoriumi.

Empiriniai tyrimai taip pat rodo, kad naftos kainų ir frachtų sąveika gali keisti tanklaivių eksporto srautus. Khan ir kt. (2025) nustatė, kad kylant naftos kainoms frachtų tarifai ima labiau svyruoti, o tokie staigiesni ir dažnesni pokyčiai trumpuoju laikotarpiu gali riboti laivų atplaukimų skaičių.

2023-2025 m. regioninę riziką padidino vadinamoji „šešėlinio laivyno“ (angl. shadow fleet) veikla – senesni tanklaiviai, gabenantys sankcionuotą rusišką naftą, dažnai išjungiant AIS signalą. Atlantic Council (2024) ir Financial Times (2024) pažymi, kad ši praktika didina avarijų ir aplinkosauginių incidentų riziką. European Maritime Safety Agency (2023) taip pat fiksuoja AIS išjungimo atvejų augimą Baltijos regione. Šie veiksniai turi tiesioginį poveikį regioniniams uostams, įskaitant Klaipėdą, nes keičiasi tanklaivių srautai, jų tipas, draudimo apribojimai ir laivybos rizika.

Naftos perdirbimo maržos ir jų poveikis uostų veiklai

Naftos perdirbimo marža yra skirtumas tarp žaliavinės naftos ir perdirbtų produktų kainų. Jos lemia, kiek perdirbimo įmonės gamina, eksportuoja ir kokių intensyvumu naudojami uostų infrastruktūra.

Oxford Institute for Energy Studies (2023) nurodo, kad 2022-2023 m. dyzelino maržos Europoje buvo išskirtinai aukštos dėl dviejų priežasčių:

- apribotos galimybės pakeisti rusišką dyzeliną;
- nepakankami Europos perdirbimo pajėgumai, ypač Šiaurės Vakarų Europoje.

S&P Global Commodity Insights (2023) pažymi, kad kai kuriais laikotarpiais maržos viršijo priešpandeminį penkerių metų vidurkį, o tai skatino perdirbimo įmones dirbti maksimaliu pajėgumu.

Khan ir kt. (2025) tyrimas papildomai parodo, jog staigūs kainų svyravimai didina frachtų tarifų nepastovumą ir trumpuoju laikotarpiu riboja eksporto srautus.

Chen ir kt. (2024) tyrime analizuojami naftos rinkų informaciniai šokai ir jų perdavimas į tanklaivių frachtų tarifus. Nustatyta, kad net ir nedidelis pasiūlos sutrikimas greitai pabrangina tanklaivių frachtus. Frachtų pabrangimas mažina naftos produktų eksporto pelningumą ir gali riboti trumpalaikį eksportą per uostus.

Tarkun (2025) moksliniame darbe nagrinėjama, kaip naftos pasiūlos „netikėtumai“ (angl. supply surprises) skirtingai veikia įvairius energetikos produktus. Pastebėta, kad energetinių produktų segmentas reaguoja stipriau nei kitos žaliavos. Poveikis priklauso nuo trukmės: trumpalaikiai šokai mažina apimtį, vėliau esant aukštomis maržoms eksportas atsigauja.

Chen ir kt. (2024) parodo, kad naftos kainų šokai ir tanklaivių frachtų reakcija nėra pastovūs – jų ryšys kinta priklausomai nuo šoko tipo (pvz., pandemijos ar karo) ir nuo to, kokie maršrutai bei laivų segmentai labiausiai paveikiami. Tai reiškia, kad net esant panašiam perdirbimo maržų lygiui, eksportas per uostus gali svyruoti vien dėl logistikos sąlygų: frachtų šuolių, laivų prieinamumo ir maršrutų persiskirstymo. Autoriai pažymi laiko vėlavimą tarp naftos rinkos pokyčių ir frachtų rinkos reakcijos, todėl uostų krova į kainų ir maržų signalus dažnai reaguoja ne iškart, o su tam tikra inercija (Chen et al., 2024).

Apibendrinant galima išskirti tris ryškias maržų įtakos kryptis uostų krovai:

1. Maržų augimas → didesnis perdirbimas → daugiau eksporto → didesnė terminalų apkrova (Oxford Institute for Energy Studies, 2023).
2. Kainų šokai trumpuoju laikotarpiu mažina srautus, tačiau vėliau pasireiškia atsigavimas, kai maržos išlieka aukštos (Khan et al., 2025; Tarkun, 2025).
3. Frachtų pabrangimas veikia kaip tarpinis kanalas, ribojantis eksporto intensyvumą (Chen et al., 2024).

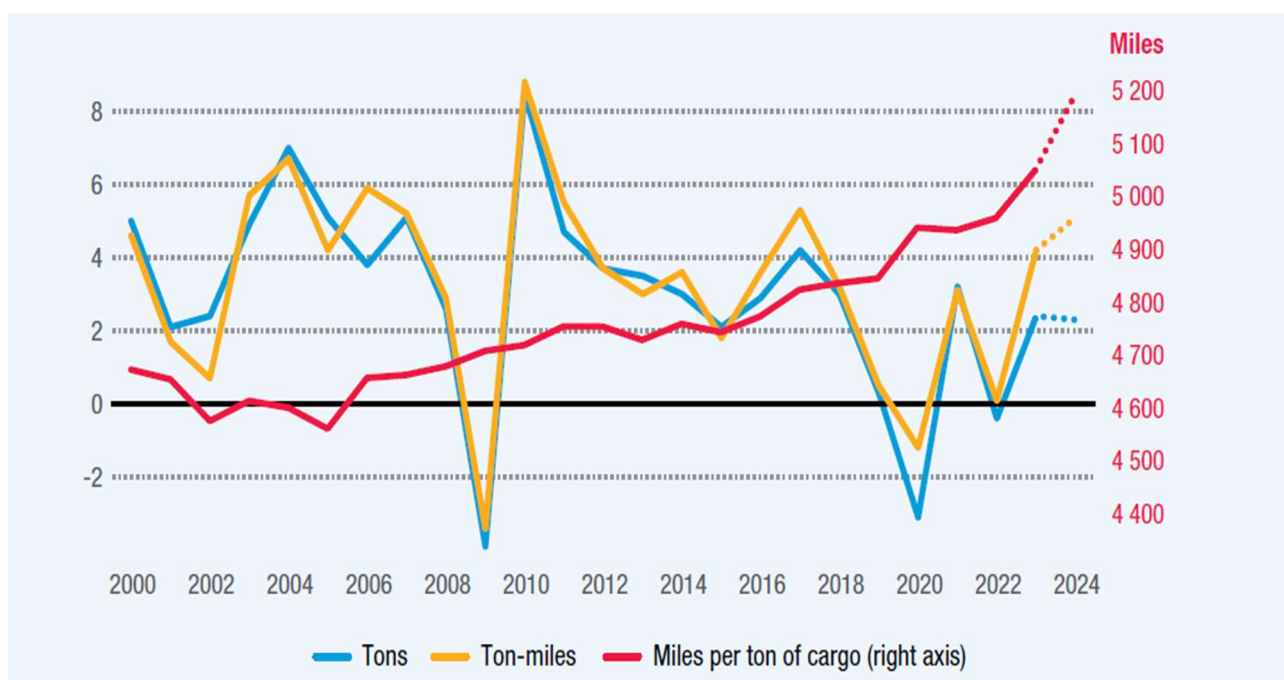
Šios maržų ir logistikos sąsajos ypač aktualios Klaipėdos uostui, kuris veikia kaip Baltijos regiono perdirbimo įmonių eksporto vartai į tarptautines rinkas.

Energetikos atsargų politika, tiekimo grandinių dinamika

Energetikos atsargų būklė ir tiekimo grandinių stabilumas yra vieni svarbiausių veiksnių, lemiančių naftos rinkų svyravimus ir jūrų transporto ciklus. Tarptautinė energetikos agentūra (IEA, 2023) pažymi, kad OECD šalių naftos atsargos nuo 2020 m. išlieka mažesnės nei ilgalaikiai istoriniai vidurkiai, o 2022 m. pasiekė žemiausią lygį per daugiau nei du dešimtmečius. Siekdamas stabilizuoti rinką, šalys iš strateginių atsargų išleido didelius kiekius naftos (ypač Jungtinės Valstijos), tačiau tai sukūrė struktūrinį atsargų deficitą, kuris didina rinkos jautrumą pasiūlos sukrėtimams (IEA, 2023).

UNCTAD (2024) pabrėžia, kad žemos atsargos mažina rinkos atsparumą, todėl kainų šokai greičiau veikia tarptautinę prekybą ir laivybą. Tokiose sąlygose tiekėjai dažniau keičia pristatymo grafikus, laivų paskirstymą ir sandėliavimo strategijas, o tai daro tiesioginį poveikį uostų apkrovai ir laivų atvykimo tolygumui.

Vienas iš svarbiausių kiekybinių rodiklių naftos logistikos ekonomikoje yra tonų-mylių (angl. ton-mile) indikatorius, kuris apibrėžia pervežto krovinio kiekio ir maršruto ilgio sandaugą:



6 pav. Tonų-mylių, krovininių tonų ir mylių vienam tonui dinamika 2000–2024 m.

Šaltinis: UNCTAD (2024), Review of Maritime Transport

Tonų-mylių rodiklis yra vienas svarbiausių jūrų transporto intensyvumo matų, nes atspindi ne tik pervežtų krovinio kiekį, bet ir faktinį transportavimo atstumą. Todėl jo dinamika leidžia identifikuoti tiek paklausos pokyčius, tiek maršrutų struktūros transformacijas: rodiklis mažėja, kai krinta fiziniai sratai, ir gali didėti net esant pastoviam tonų kiekiui, jei transporto maršrutai ilgėja.

Grafike išryškėja du nuosmukiai – 2020 m. ir 2022 m. 2020 m. tonų kritimas yra ryškesnis nei tonų-mylių sumažėjimas, o mylių per toną rodiklis šokteli aukštyn. Tai rodo situaciją, kai bendras transporto aktyvumas smuko, tačiau dalis likusių krovinio keliavo ilgesniais maršrutais nei įprasta. Labiausiai tikėtina, kad tokią dinamiką lėmė COVID-19 pandemijos poveikis: staigus mobilumo

apribojimų sukeltas paklausos kritimas kartu su tiekimo geografijos išsibalansavimu. 2022 m. kritimas švelnesnis: tiek tonų, tiek tonų-mylių sumažėjimas nedidelis, o mylių per toną rodiklis toliau nuosekliai didėja. Tikėtina, kad tam įtakos turėjo energetinių srautų nukreipimas iš Rusijos į nutolusius tiekėjus, sukėlęs maršrutų pailgėjimą be ženklaus fizinio importo sumažėjimo.

Bendra viso laikotarpio dinamika rodo, kad tonų-mylių rodiklis fiksuoja ne tik krovinų apimtį, bet ir platesnius logistikos struktūros pokyčius: maršrutų ilgėjimą, tinklo pertvarkymą ir tanklaivių užimtumo kitimą. Dėl to jis turi tiesioginę reikšmę vertinant regioninių uostų, įskaitant Klaipėdą, veiklos stabilumą ir prognozuojant jų apkrovos kitimą.

UNCTAD (2024) ir S&P Global Commodity Insights (2023) duomenimis, po ES sankcijų Rusijai įvedimo vidutinis Europos naftos importo maršrutas pailgėjo 3-5 kartus, o kai kuriais atvejais – iki 10 kartų. Tanklaivių dienų paklausa augo ne dėl didesnių fizinių importo kiekių, o dėl pailgėjusių maršrutų.

Tonų-mylių augimas turi kelias pasekmes uostams:

- padidėjusi tanklaivių paklausa lemia didesnę frachtų kainų jautrumą,
- pailgėję maršrutai didina laivų atvykimo neapibrėžtumą,
- aktyviau naudojami regioniniai terminalai, galintys priimti didesnio tonažo tanklaivius,
- trumpalaikiai srautų svyravimai tampa dažnesni.

Europos Centrinio Banko leidinyje parodoma, kad esant žemiems energetinių atsargų lygiams keičiasi ne tik kainų dinamika, bet ir prekybos bei logistikos sprendimų laiko struktūra. Įmonės linkusios iš anksto spartinti atsargų papildymą kainų ar geopolitinio neapibrėžtumo laikotarpiais, o tai sukelia vadinamąjį išankstinio importo efektą (angl. front-loading) – laikiną importo ir transporto srautų suintensyvėjimą, po kurio dažnai seka staigus aktyvumo sumažėjimas (Europe Central Bank, 2024). Tokia elgsena reiškia, jog uostų krova tampa labiau epizodinė: trumpais laikotarpiais fiksuojami krovos šuoliai, kurie nėra tiesiogiai susiję su galutinės paklausos augimu.

Europos Centrinio Banko tyrimai rodo, kad tiekimo sutrikimų indeksai glaudžiai koreliuoja su trumpalaikiais prekybos nuosmukiais, nes gamybos ir logistikos neapibrėžtumas didina tiek kainų, tiek pristatymo terminų svyravimus (Bai et al., 2024). Toks nepastovumas tiesiogiai atsispindi ir transporto sektoriuje, kuriame frachtų tarifų elgsena tampa labiau ciklinė.

De Santis (2024) pažymi, kad energijos kainų šokai dažnai riboja prekybos ir tranzito srautus, ypač regionuose, kuriuose didelę dalį pervežimų sudaro energetikos produktai. Tai ypač aktualu Baltijos jūros regiono uostams, įskaitant Klaipėdą, kur geopolitiniai pokyčiai ir maršrutų perskirstymas tiesiogiai veikia krovos apimtį ir uostų apkrovos struktūrą.

Energetikos kainų poveikis jūrų transporto sąnaudoms ir uostų operacijoms

Energetikos kainos daro tiesioginį poveikį laivybos sektoriaus sąnaudoms ir uostų veiklai. Kuro sąnaudos sudaro 50-70 % laivo eksploatacinių išlaidų, todėl jų kaita lemia tiek maršrutų pasirinkimą, tiek laivybos greičio strategijas (Clarksons Research, 2024). Kaip aptarta 2.1.3 poskyryje, papildomą kaštų komponentą sukuria ir aplinkosauginis reguliavimas – ypač ES apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemos (ETS) taikymas jūrų transportui. Šiame poskyryje ETS poveikis vertinamas per energetikos sąnaudų ir maršrutų pasirinkimo prizmę.

Tarptautinėje rinkoje svarbiausi du kuro tipai yra:

- mažos sieros kiekio kuras (VLSFO, 0,5 %) – plačiai naudojamas ES vandenyse,
- didelės sieros kiekio kuras (HSFO, 3,5 %) – leidžiamas tik laivuose, kuriuose įdiegta išmetamųjų dujų valymo įranga (sieros oksidų mažinimo sistema).

S&P Global Commodity Insights (2023) duomenimis, kainų skirtumas tarp šių kuro tipų 2022-2023 m. siekė 150-350 USD/t. Šis skirtumas tiesiogiai veikė laivybos operatorių elgseną – pabrangus VLSFO kurui laivai ėmė taikyti lėto plaukimo (angl. slow steaming) strategiją, mažindami greitį ir taupydami kurą. Dėl to:

- prailgėja kelionių trukmė,
- retėja atvykimai į uostus,
- didėja sezoniški apkrovos svyravimai.

Be kuro kainų, poveikį sąnaudoms daro ES apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemos (ETS) taikymas jūrų transportui: literatūra rodo didėjančius kaštus ir galimą maršrutų bei transporto rūšies pasirinkimo persiskirstymą.

Lugovskyy ir kt. (2025) teigia, kad griežtesni aplinkosauginiai reikalavimai gali didinti frachtų tarifus ir mažinti efektyvią laivybos pasiūlą (pvz., per greičio mažinimą), o tai skatina srautų persiskirstymą tarp maršrutų ir transporto rūšių. Todėl praktinės pasekmės uostų veiklai pasireiškia per maršrutų, infrastruktūros poreikių ir krovos laiko struktūros pokyčius.

Moksliniai tyrimai rodo:

- Flodén ir kt. (2024) teigia, kad ETS poveikis prekybos srautams bus ribotas, tačiau gali padidinti trumpalaikes logistikos išlaidas.
- Kotzampasakis ir kt. (2025) nustatė, kad ETS reikšmingai mažins emisijas, skatins žaliąją infrastruktūrą ir alternatyvius degalus.
- Lugovskyy, Skiba ir Turner (2025) parodo, kad griežtėjant aplinkosaugos politikai dalis krovinių gali būti nukreipiama į kitas transporto rūšis, ypač oro pervežimus. Didesni laivybos kaštai gali mažinti uostų aptarnaujamų krovinių srautus, todėl emisijų politika tampa svarbi uostų konkurencingumo vertinimui.

Praktinės pasekmės uostų veiklai:

1. Maršrutų geografijos pokyčiai – brangesni maršrutai gali būti aplenkiami.
2. Švaresnės infrastruktūros poreikis – krantinės elektros tiekimo sistemos diegimas, alternatyvių degalų talpos ir kita aplinkai draugiška uostų infrastruktūra.
3. Konkurencingumo persiskirstymas – laivai rinksis uostus, kuriuose emisijų kaštai mažesni.
4. Krovos sezoniškumo pokyčiai – brangstant kurui, srautai gali telktis į tam tikrus laikotarpius.

Klaipėdos uosto atveju šie procesai svarbūs dėl regioninės konkurencijos (Ventspilio, Rygos, Gdanskio, Būtingės terminalų) ir ilgalaikės energetikos politikos krypties.

Geopolitiniai veiksniai ir jūrų transporto rizikos Baltijos jūros regione

Geopolitiniai veiksniai nuo 2022 m. tapo vienu svarbiausių energetikos rinkų formavimo elementų. UNCTAD (2024) nurodo, kad Rusijos pradėtas karas prieš Ukrainą paskatino struktūrinę Europos

energetikos transformaciją: importas iš Rusijos sumažėjo iki minimumo, o jį pakeitė tiekimas iš Jungtinių Valstijų, Artimųjų Rytų ir Indijos. Tai sąlygojo esminius logistikos pokyčius.

European Maritime Safety Agency (2023) duomenys rodo, kad AIS signalų išjungimo atvejai, susiję su sankcionuotais tanklaiviais, nuo 2022 m. didėjo ne tik Baltijos, bet ir Juodosios jūros regionuose. Ataskaita pažymi, kad padidėjo:

- laivų, laikinai išjungiančių automatinio identifikavimo sistemos (AIS) signalą, skaičius,
- „šešėlinio laivyno“ aktyvumas (senesni ir neapdrausti tanklaiviai),
- avaringumo ir taršos rizika siauruose sąsiauriuose,
- draudimo kaštai (vadinamasis karo rizikos priedas).

Atlantic Council (2024) ir Financial Times (2024) pabrėžia, kad „šešėlinio laivyno“ veikla yra tiesiogiai susijusi su sankcionuotų krovinių pervežimu, o daugiausia tokie tanklaiviai juda Baltijos, Juodosios ir Viduržemio jūrų regionuose. Šie laivai dažnai neatitinka techninių ir saugos reikalavimų, todėl kelia papildomą riziką uostams ir navigacijos koridoriams.

Šie pokyčiai tiesiogiai veikia uostų veiklą:

1. Didėja srautų nepastovumas – laivai dažniau keičia grafiką ar maršrutą.
2. Didėja operacinės sąnaudos dėl papildomų saugos patikrų.
3. Kinta terminalų apkrova – kai kurie srautai gali būti nukreipiami į kitus regiono uostus.
4. Didėja rizikų valdymo kaštai – uostų administracijos turi investuoti į monitoringą ir saugos procedūras.

Šios geopolitinės ir saugumo rizikos svarbios ir empirinėje analizėje, nes padeda paaiškinti dalį struktūrinių krovos šuolių ir lūžių, kurių vien makroekonominiais ar energetikos rodikliais paaiškinti nepakanka.

Nors šios geopolitinės aplinkybės šiame darbe nėra tiesiogiai modeliuojamos ekonometrinuose modeliuose, jos sudaro svarbų kontekstą empirinės analizės rezultatų interpretacijai. Tai leidžia pagrįsti prielaidą, kad dalis staigių krovos pokyčių ir galimų struktūrinių lūžių gali būti siejami ne su fundamentaliais ekonominiais procesais, o su išoriniais geopolitiniais ir saugumo šokais, kurių poveikį kiekybiškai įvertinti vien makroekonominiais rodikliais yra sudėtinga.

2.3. Empiriniai jūrų transporto ir uostų krovos tyrimai

Empiriniai jūrų transporto ir uostų krovos tyrimai vis dažniau remiasi laiko eilučių modeliais, leidžiančiais atskirti vidinę krovos dinamiką nuo išorinių ekonominių veiksnių poveikio. Šiuose tyrimuose naudojami įvairūs metodai, tokie kaip VAR ir SVAR, kurie modeliuoja tarpusavio ryšius tarp kelių laiko eilučių (pavyzdžiui, frachtų tarifų, laivyno pasiūlos, prekybos apimčių ar energetikos kainų). Tokie modeliai padeda nustatyti, kurie makroekonominiai ir rinkos veiksniai formuoja laivybos ciklus ir kaip šie ciklai atsispindi krovinių srautuose. Remiantis šiomis įžvalgomis, toliau pagrindžiamas ARIMAX metodo pasirinkimas Klaipėdos uosto naftos produktų krovos modeliavimui, nes šis metodas leidžia tiesiogiai įtraukti išorinius ekonominius ir energetinius kintamuosius į laiko eilučių struktūrą.

Struktūriniai jūrų transporto rinkos modeliai ir uostų krovos priklausomybė nuo makroekonomikos

Frachtų tarifai ir uostų krovos apimtys formuojasi kaip makroekonominių, prekybos ir pasiūlos veiksnių sąveikos rezultatas. Kasimati ir kt. (2025) analizuoja šiuos ryšius, sudarydami balkerių laivybos rinkos modelį, paremtą kelių laiko eilučių tarpusavio priklausomybe. Šis modelio tipas vadinamas VAR (vektorine autoregresija), nes jame kiekvienas pagrindinis rinkos rodiklis laikomas vidiniu kintamuoju ir aiškinamas tiek savo praeitomis reikšmėmis, tiek kitų sistemos kintamųjų pokyčiais. Toks modeliavimas leidžia įvertinti, kaip rinkos rodikliai tarpusavyje veikia laike.

Kasimati ir kt. (2025) į modelį įtraukia penkis svarbiausius rinkos rodiklius: frachtų tarifus, laivyno pajėgumus, naujų laivų užsakymus, laivų kainas ir senų laivų išardymo mastą. Šių kintamųjų atranka atspindi realią rinkos struktūrą: didesni užsakymai skatina laivų statybą, aukštesni frachtai kelia laivų kainas, o nepalankūs kainų laikotarpiai skatina senų laivų išėmimą iš eksploatacijos. Tyrimo naujovė – aiškiai integruotas prekybos paklausos rodiklis, leidžiantis tiesiogiai vertinti globalios prekybos poveikį frachtų dinamikai. Ankstesniuose modeliuose prekybos paklausa dažnai būdavo įvertinama tik netiesiogiai.

Empiriniai rezultatai rodo, kad frachtų tarifų kilimą lemia didesnis laivyno panaudojimas ir intensyvesnė laivų apyvarta. Kasimati ir kt. (2025) taip pat nustato, kad laivų kainos ir naujų statybų užsakymai jautriai reaguoja į frachtų augimą, nes aukšti tarifai skatina investuoti į laivų statybą. Senų laivų išardymo mastas didėja, krintant laivų kainoms ir brangstant metalo laužui, kai tolesnė eksploatacija tampa ekonomiškai nepalanki. Šie tarpusavio ryšiai atskleidžia būdingą laivybos rinkos cikliškumą: paklausos augimas stiprina investicijas, o kainų kritimas mažina pasiūlą per spartesnį senų laivų išėmimą iš rinkos.

Tyrimo autoriai vertina ir modelio prognozavimo tikslumą. Jie nustato, kad VAR modelio prognozės yra tikslesnės nei ateities frachtų sandoriai (angl. Forward Freight Agreements), kurie dažnai naudojami kaip rinkos lūkesčių rodiklis. Tai rodo, kad struktūruotas modeliavimas, apimantis tiek paklausos, tiek pasiūlos veiksnus, gali suteikti informatyvesnių prognozių nei vien rinkos lūkesčiais paremti instrumentai.

Delfin-Ortega ir kt. (2025) nagrinėja APEC regiono uostų efektyvumą, taikydami dviejų pakopų metodiką. Pirmiausia uostų efektyvumas vertinamas DEA (angl. Data Envelopment Analysis) metodu, nustatant, kaip skirtingi uostai paverčia turimus pajėgumus realia krovos apimtimi. Antrajame etape taikomas dinaminių mažiausiųjų kvadratų (DOLS) modelis, skirtas įvertinti, kokie makroekonominiai veiksniai ilgainiui lemia efektyvumo pokyčius.

Tyrimo rezultatai atskleidžia, kad didžiausią poveikį uostų efektyvumui turi vienam gyventojui tenkantis BVP, o tai rodo, jog šalys su didesniu ekonominiu pajėgumu labiau investuoja į uostų infrastruktūrą ir technologinę pažangą. Jungiamumo su tarptautiniais jūrų maršrutais rodikliai taip pat reikšmingi, nes geresnės logistikos jungtys padidina uosto galimybes efektyviai apdoroti srautus. Ekonominio aktyvumo rodikliai turi mažesnę, bet vis tiek teigiamą poveikį, atspindintį didesnę krovos potencialą augančiose ekonomikose.

Nors frachtų tarifai dažnai naudojami kaip laivybos rinkos ciklų indikatorius, jų tiesioginis taikymas uostų krovos modeliavime gali būti ribotas dėl duomenų prieinamumo, dažnio ir maršrutų heterogeniškumo. Energetikos kainos, ypač „Brent“ žaliavinės naftos kaina, veikia kaip labiau universalus ir nuoseklus rodiklis, atspindintis tiek transportavimo sąnaudų pokyčius, tiek bendrą energijos paklausos būklę. Todėl energetikos kainų įtraukimas leidžia netiesiogiai įvertinti laivybos ciklų poveikį uostų krovai, išvengiant frachtų rinkoms būdingo fragmentiškumo.

Apibendrinant, uostų ir laivybos rinkų analizė reikalauja aiškos ekonominės struktūros: paklausos veiksniai (prekybos apimtys, BVP) formuoja srautų kryptį, o pasiūlos veiksniai (laivyno pajėgumai, uostų efektyvumas) lemia sistemos prisitaikymo greitį. Ši analitinė logika sudaro pagrindą taikyti laiko eilučių modelius, tokius kaip ARIMAX, nes jie leidžia tiesiogiai įtraukti išorinius makroekonominčius veiksniai (X kintamuosius) ir įvertinti jų poveikį krovos laiko eilutei.

Energetikos kainų ir frachtų sąveikos tyrimai

Energetikos rinkos ir jūrų transporto sektorius yra glaudžiai susiję dviem pagrindiniais aspektais: kuro sąnaudomis ir žaliavų srautų mastais. Frachtų tarifai atspindi transporto sąnaudų dinamiką, o naftos rinka nulemia didžiausią šių sąnaudų dalį, todėl bet kokie kainų ar nepastovumo pokyčiai greitai perduodami laivybai. Khan ir kt. (2025) nagrinėja šią sąveiką taikydami metodą, kuris leidžia vertinti ryšius tarp naftos kainų ir frachtų tarifų atskiruose laikotarpiuose, o ne tik viso laikotarpio vidurkiu. Be to, jie naudoja priežastingumo testus, leidžiančius nustatyti, kuri rinka tam tikru metu veikia kitą.

Khan ir kt. (2025) rezultatai rodo, kad ryšio kryptis tarp naftos ir frachtų nėra pastovi. Autoriai nustato laikotarpius, kai naftos kainų šokai pirmiausia lemia frachtų tarifų pokyčius. Tokiais atvejais naftos rinka tampa dominuojančiu veiksnium, formuojančiu laivybos sąnaudas ir trumpalaikes tarifų reakcijas. Tačiau kituose laikotarpiuose ryšys pasikeičia: frachtų dinamika pradeda veikti kaip ankstyvas rinkos signalas apie būsimus naftos kainų pokyčius. Ši dinamika paaiškinama tuo, kad laivybos rinkoje frachtai kartais reaguoja į lūkesčius dėl būsimos energijos paklausos, gamybos ciklų ar transporto pajėgumų ribojimų anksčiau nei tai atspindi žaliavinėje naftoje. Tokie rezultatai parodo, kad sąveika tarp energijos ir transporto rinkų yra dvilypė ir priklauso nuo ekonominės situacijos, geopolitinių veiksnių ir pasaulinės paklausos ciklų.

Khan ir kt. (2025) taip pat nustato, kad didesnis naftos kainų nepastovumas didina frachtų tarifų nepastovumą. Šis poveikis ypač ryškus trumpais laikotarpiais, kai laivybos bendrovės patiria didesnę riziką dėl svyruojančių sąnaudų ir neapibrėžtų maržų. Energetikos šokai perduodami į transporto rinką ne tik per kainų lygio pokyčius, bet ir per didėjančią neapibrėžtumą: kuo didesni naftos kainų svyravimai, tuo stipriau kinta frachtų tarifai. Tokios sąlygos gali mažinti kai kurių maršrutų pelningumą ir versti laivybos bendroves atsargiau planuoti apkrovas bei riboti įsipareigojimus ilgesniems kontraktams, kol rinkos svyravimai nurimsta.

Kitas svarbus Khan ir kt. (2025) rezultatas yra glaudus ryšys tarp naftos rinkos šokų ir laivybos rinkos reakcijos greičio. Autoriai parodo, kad rinkos jautrumas energetikos pokyčiams nėra vienodas visais laikotarpiais: kai pasaulinė paklausa didelė, frachtų rinka reaguoja greičiau ir stipriau; kai paklausa silpnesnė, reakcijos gali vėluoti arba būti silpnesnės. Tai reiškia, kad energetikos veiksnių įtaka laivybai priklauso nuo bendro ciklinio konteksto.

Ši empiriškai nustatyta sąveika tarp naftos ir frachtų turi tiesioginių pasekmių uostų krovos modeliavimui. Energetikos rodikliai – „Brent“ žaliavinės naftos kaina ir perdirbimo maržos – negali būti traktuojami kaip antraeiliai ar tik bendrą aplinką apibūdinantys veiksniai. Khan ir kt. (2025) rezultatai rodo, kad energijos rinka daro poveikį krovos procesams dviem kryptimis: tiesiogiai, per kainų lygio pokyčius, ir netiesiogiai, per didėjančius kainų svyravimus, kurie keičia rinkos riziką. Todėl energetikos rodiklių integravimas į krovos prognozavimo modelius yra metodologiškai pagrįstas.

ARIMAX modeliui tai suteikia aiškią metodologinę prielaidą: išoriniai energetikos veiksniai nėra papildomi ar antraeiliai, bet sudaro vieną pagrindinių mechanizmų, paaiškinančių dinamiškus krovo svyravimus. Energetikos kainų pokyčiai ir jų stiprumas leidžia geriau suprasti, kodėl krovo apimtys svyruoja skirtingais laikotarpiais. Šie rodikliai padeda atskirti, kurie krovo pokyčiai yra susiję su bendrais ekonominiais ciklais, kurie – su sezoniška paklausa, o kurie atsiranda dėl staigių ir trumpalaikių energijos rinkos šokų. Tokios informacijos neįmanoma gauti vien analizuojant pačią krovo dinamiką be išorinių veiksnių.

Makroekonominių ir rinkos šokų poveikis laivybos ciklams

Makroekonominių šokų poveikis jūrų transportui dažniausiai analizuojamas, taikant laiko eilučių modelius, kurie leidžia atskirti paklausos ir pasiūlos impulsus bei nustatyti jų poveikio trukmę. Park ir kt. (2023) nagrinėja šį poveikį balkerių laivybos rinkoje, taikydami struktūrinės vektorinės autoregresijos (SVAR) modelį. Tokio tipo modelis leidžia matyti, kaip pokyčiai vienoje ekonomikos dalyje veikia kitus rinkos segmentus, įvertinant tiek poveikio trukmę, tiek jo stiprumą.

Park ir kt. (2023) nustato, kad paklausos šokai (susiję su globalios prekybos ir pramonės gamybos pokyčiais) daro stipresnį ir ilgesnį poveikį BDI nei pasiūlos šokai. Tai reiškia, kad būtent paklausos dinamika lemia bendrą BDI kryptį, nes globalios prekybos intensyvumas tiesiogiai formuoja birių žaliavų pervežimo apimtį. Pasiūlos šokai – tokie kaip laivyno išplėtimas, naujų laivų pristatymai ar pajėgumų pokyčiai – veikia gerokai lėčiau, nes techniniai laivyno pokyčiai įvyksta tik po kelių ketvirčių. Tokiu būdu Park ir kt. (2023) parodo, kad BDI yra struktūriškai paaiškinamas rodiklis, jautrus tiek prekybos ciklams, tiek investiciniams sprendimams laivybos sektoriuje.

Papildomai Park ir kt. (2023) išskiria, kad paklausos šokai dažniausiai kyla dėl pasaulinio BVP kitimo, pramonės produkcijos svyravimų ir žaliavų paklausos pokyčių. Tuo tarpu pasiūlos šokus lemia laivų statybos apimtys, naujų laivų įvedimas į rinką ir laivyno pajėgumų pokyčiai. Ši analizė rodo, kad BDI atspindi tiek realios ekonomikos būklę, tiek struktūrinius pokyčius laivų rinkoje.

Park ir kt. (2024) nagrinėja platesnį makroekonominių šokų spektrą, į SVAR modelį įtraukdami pramonės gamybos, prekybos apyvartos, finansinio neapibrėžtumo ir naftos kainų rodiklius. Autoriai nustato, kad neigiami ekonomikos augimo šokai ir prekybos nuosmukiai mažina frachtų tarifus ir laivų užimtumą. Tai atspindi bendrą transporto paklausos mažėjimą, kai gamyba lėtėja ir krinta žaliavų srautai. Park ir kt. (2024) taip pat parodo, kad finansinis ir ekonominis neapibrėžtumas padidina frachtų tarifų svyravimus, nes rinkos dalyviai reaguoja į didesnę riziką trumpalaikiais kainų pokyčiais. Ilgesnėje perspektyvoje dalis šio poveikio sumažėja, tačiau trumpuoju laikotarpiu jis sukelia didesnę ciklišumą.

Svarbus Park ir kt. (2024) rezultatas yra naftos kainų poveikio dvigubas mechanizmas. Autoriai nustato, kad naftos kainų šokai veikia laivybą tiesiogiai – didindami kuro sąnaudas ir netiesiogiai, mažindami globalią paklausą, kai energijos kainų augimas riboja gamybą ir prekybą. Šis rezultatas sutampa su Khan ir kt. (2025) empirine išvada, kad energijos ir transporto rinkos tarpusavyje veikia abipusiškai, tačiau Park ir kt. (2024) analizė yra platesnė, nes apima realios ekonomikos rodiklius, o ne vien energijos kainų reakcijas.

Nors dauguma minėtų tyrimų orientuojasi į pasaulinius frachtų indeksus ir laivybos rinkų ciklus, jų rezultatai svarbūs ir analizuojant atskirų uostų krovo dinamiką. Paklausos šokai, pasireiškiantys per pramonės gamybos ar prekybos sulėtėjimą, mažina krovinių srautus visoje logistikos grandinėje, o

tai tiesiogiai veikia uostų apkrovą. Tuo tarpu energetikos kainų svyravimai daro poveikį tiek transportavimo sąnaudoms, tiek sprendimams dėl krovinių maršrutų ir apimčių. Todėl uostų krovos analizėje makroekonominiai ir energetiniai rodikliai gali būti interpretuojami kaip kanalai, per kuriuos pasauliniai laivybos ciklai persiduoda į regioninius ir vietinius krovos pokyčius.

Apibendrinant autorių tyrimus, laivybos ciklus lemia trijų tipų išoriniai veiksniai: makroekonominiai, energetiniai ir finansiniai. Paklausos šokai yra pagrindinis veiksnys, darantis tiesioginę įtaką frachtų tarifams ir BDI dinamikai, o pasiūlos šokų poveikis pasireiškia vėliau, nes laivyno pajėgumų pokyčiai reikalauja daugiau laiko. Energetikos kainų šuoliai, ypač susiję su naftos brangimu, padidina laivybos sąnaudas ir sustiprina tarifų svyravimus. Finansinio neapibrėžtumo epizodai (pvz., rinkos nervingumas, geopolitinė įtampa, gamtos stichijos ir pan.) skatina trumpalaikius kainų pokyčius, nes rinkos dalyviai atsargiau planuoja krovinius ir maršrutus. Todėl tokie rodikliai kaip BDI ir frachtų tarifai literatūroje laikomi jautriais ekonominės aplinkos indikatoriais, tačiau jų įtraukimas į empirinius modelius priklauso nuo duomenų prieinamumo ir dažnio suderinimo.

3. Veiksnių, darančių įtaką naftos produktų krovos apimtims tyrimo metodologija

Šio skyriaus tikslas – pagrįsti pasirinktą tyrimo metodologiją ir apibrėžti empirinio tyrimo struktūrą. Remiantis ankstesniuose skyriuose atlikta teorine apžvalga ir probleminės situacijos analize, šiame skyriuje formuluojamas tyrimo tikslas, uždaviniai bei pasirenkami analizei naudojami kintamieji.

Tyrimo tikslas – empiriškai įvertinti makroekonominių ir energetikos veiksnių poveikį naftos produktų krovos apimtims Klaipėdos uoste.

Tyrimo uždaviniai:

1. Identifikuoti pagrindinius makroekonominius ir energetikos rodiklius, galinčius daryti įtaką naftos produktų krovos apimtims.
2. Parengti naftos produktų krovos laiko eilutę ir įvertinti jos statistines savybes.
3. Taikant laiko eilučių analizės metodus, įvertinti pasirinktų veiksnių poveikį krovos dinamikai.
4. Įvertinti modelio tinkamumą ir gautų rezultatų interpretavimo ribotumus.

Atliekant empirinę analizę, priklausomas kintamasis yra naftos produktų krova Klaipėdos uoste, o nepriklausomi kintamieji apima pasirinktus makroekonominius ir energetikos rodiklius, apibūdinančius ekonominę ir energetikos aplinką nagrinėjamu laikotarpiu. Konkretūs kintamieji ir jų parinkimo motyvai pateikiami tolesniuose poskyriuose.

3.1. Ekonominių sąsajų pagrindimas ir modelio kintamųjų atranka

Klaipėdos uosto naftos produktų krovos apimtys analitiškai sietinos su šalies naftos perdirbimo sektoriaus veikla ir produkcijos paskirstymu tarp vidaus bei užsienio rinkų. Logiška manyti, kad eksportuojami kiekiai priklauso nuo bendros gamybos apimtys, vidaus vartojimo ir dalies produkcijos, nukreipiamos į specifines išorines rinkas, įskaitant Ukrainą. Šią struktūrinę sąsają galima išreikšti analitine prielaida:

$$\text{eksportuojamas kiekis} = \text{pagamintas kiekis} - \text{vidaus pardavimai} - \text{pardavimai Ukrainai}.$$

Ši prielaida leidžia nuosekliai identifikuoti galimus ekonominius ryšius tarp krovos ir paaiškinamųjų kintamųjų bei pagrįsti jų įtraukimą į ARIMAX modelį. Empirinėje dalyje vertinama, kaip ši prielaida atitinka faktinius duomenis.

Gamybos apimtis. Naftos produktų gamybos lygį lemia perdirbimo marža – skirtumas tarp žaliavinės naftos kainos ir perdirbtų produktų (dyzelino, benzino) kainų. Kai šios maržos didelės, perdirbimo įmonės dirba didesniu pajėgumu, o tai didina produkcijos kiekį ir eksporto potencialą. Mažėjant maržoms, gamyba ribojama, todėl mažėja ir eksportuojami kiekiai (IEA, 2025). Dėl šios priežasties perdirbimo maržos rodiklis laikomas teoriškai pagrįstu išoriniu veiksniu. Praktinėje dalyje, dėl ribotos viešos prieigos prie istorinių maržų duomenų, maržų rodiklis pakeičiamas į Lietuvos pramonės gamybos indeksą (angl. Industrial Production Index, toliau – IPI).

Šis rodiklis, literatūroje taikomas kaip apibendrintas realios ekonominės ir gamybos veiklos veiksnys. Chen ir kt. (2025) pažymi, kad IPI po neigiamų išorinių sukrėtimų, susijusių su padidėjusia jūrine rizika ir logistikos sutrikimais, iš pradžių reikšmingai sumažėja, tačiau vėliau gana greitai atsigauna.

Tai rodo, jog pramonės gamyba yra jautri trumpalaikiams išoriniams ekonominiais ir logistikos šokams, tačiau jų poveikis bendram pramonės aktyvumui ilgalaikėje perspektyvoje išlieka ribotas.

Vidaus pardavimai. Vidaus paklausą apibūdina bendrasis vidaus produktas (BVP) ir akcizų indeksas. BVP atspindi ekonominį aktyvumą – didėjant BVP, auga transporto ir energijos vartojimas, todėl didesnė naftos produktų dalis gali būti sunaudojama vidaus rinkoje (Pepur et al., 2022; Delfin-Ortega et al., 2025). Akcizų didėjimas didina galutinę degalų kainą vartotojams, todėl gali mažinti vidaus vartojimą ir didinti eksporto potencialą. Abu rodikliai įtraukiami kaip vidaus rinkos sąlygų indikatoriai, turintys skirtingas poveikio kryptis eksportui.

Pardavimai į Ukrainą. Klaipėdos uosto krovos apimtys pastaraisiais metais glaudžiai siejasi su Ukrainos naftos produktų importo apimtimi. Kai Ukrainos importas didėja, dalis Lietuvos produkcijos nukreipiama į šią rinką, todėl Klaipėdos uosto krova auga. Mažėjant Ukrainos importo poreikiui dėl rinkos prisotinimo ar logistikos ribojimų, eksportas per uostą gali mažėti (UNCTAD, 2024). Dėl duomenų prieinamumo ribojimų į mėnesinę formą proporcingai taikant vienodą pasiskirstymą per metus. Tai yra vienas iš tyrimo apribojimų.

Energijos kainodara. Papildomai į modelį įtraukiama žaliavinės naftos „Brent“ kaina, kuri veikia tiek gamybos sąnaudas, tiek transportavimo kaštus. Didėjant naftos kainai, didėja gamybos ir logistikos išlaidos, o tai gali mažinti eksportuojamus kiekius. Tuo tarpu kainai mažėjant, eksportas tampa konkurencingesnis ir gali augti (Park et al., 2024). Šis rodiklis įtraukiamas siekiant įvertinti energijos kainų ciklo poveikį krovos svyravimams.

2 lentelė. Makroekonominiai rodikliai planuojami naudoti ARIMAX analizėje

Rodiklis (X kintamasis)	Poveikis eksportui	Pagrindinis poveikio veiksnys	Šaltiniai
Pramonės gamybos indeksas (IPI)	Teigiamas (+)	Atspindi ekonominį ir pramoninį aktyvumą, susijusį su energijos vartojimu ir eksporto srtais	Chen et al (2025)
BVP (Europos sąjungos ir Lietuvos)	Dvipusis (±)	Ekonomikos augimo struktūra – ar BVP augimą lemia vidaus vartojimas, ar eksportas	Pepur ir kt. (2022); Delfin-Ortega ir kt. (2025)
Akcizų indeksas	Teigiamas (+)	Didina kainas vidaus rinkoje, skatina eksportą	European Commission (2025)
Ukrainos importo indeksas	Teigiamas (+)	Didesnė išorės paklausa didina eksportą	UNCTAD (2024)
„Brent“ žaliavinės naftos kaina	Dvipusis (±)	Sąnaudų ir konkurencingumo poveikis	Park ir kt. (2024)

3.2. ARIMAX metodo pasirinkimo ir taikymo Klaipėdos uosto atvejui pagrindimas

Atsižvelgiant į 3 paveiksle pateiktą veiksmų struktūrą, empirinėje analizėje aktualūs tokie metodai, kurie leidžia modeliuoti ne tik pačios krovos laiko eilutės elgseną, bet ir į ją įtraukti išorinius paaiškinamuosius kintamuosius. Moksliniuose tyrimuose tokiais atvejais taikomi tiek vektorinės autoregresijos (VAR) modeliai, tiek regresiniai laiko eilučių modeliai ar ARIMA tipo specifikacijos su papildomais paaiškinamaisiais kintamaisiais, o konkretaus metodo pasirinkimas priklauso nuo duomenų dažnio, struktūros ir tyrimo tikslo. Pavyzdžiui, Chen et al. (2024) taikė dinامينius laiko eilučių modelius energijos kainų ir jūrinių frachtų sąveikai tirti, o Chang et al. (2023) analizavo makroekonominių šokų poveikį laivybos ciklams naudodami laiko eilučių metodus. Konkretaus metodo pasirinkimas priklauso nuo duomenų dažnio, struktūros ir tyrimo tikslo.

ARIMAX modelis yra tinkamas metodinis pasirinkimas Klaipėdos uosto naftos produktų krovos analizei, nes leidžia vienu metu vertinti tiek laiko eilučių vidinę struktūrą, tiek išorinių ekonominių ir energetinių veiksnių poveikį. Tokia struktūra yra aktuali tais atvejais, kai tiriamas procesas priklauso nuo makroekonominės ir rinkų aplinkos, o jo dinamika negali būti paaiškinta vien praeities krovos reikšmėmis.

Kasimati ir kt. (2025) įrodo, kad laivybos rinkos ciklai formuojasi dėl išorinių ekonominių impulsų, o ne vien iš vidaus kylančių dinaminų procesų. Šios įžvalgos leidžia pagrįsti analitinę prielaidą, kad ir Klaipėdos uosto atveju verta tikrinti išorinių veiksnių – tokių kaip gamybos maržos, vidaus paklausa ar regioniniai importo srautai – poveikį krovos pokyčiams, jei tai bus patvirtinta empiriniais duomenimis.

Delfin-Ortega ir kt. (2025) nustato, kad BVP yra vienas svarbiausių uostų veiklos mastą lemiančių rodiklių įvairiose ekonominėse sistemose. Remiantis šia įžvalga galima teigti, jog BVP įtraukimas į ARIMAX modelį yra metodologiškai pagrįstas, siekiant patikrinti, ar vidaus ekonomikos pokyčiai gali paaiškinti krovos svyravimus. Tai ypač aktualu naftos produktų atveju, nes auganti vidaus paklausa gali mažinti eksportuojamąją dalį.

Khan ir kt. (2025) parodo, kad energetikos kainų kitimas veikia laivybą tiek per kainų lygio pokyčius, tiek per didėjančius kainų svyravimus. Ši įžvalga suteikia pagrindą energijos rodiklius, tokius kaip „Brent“ kaina, traktuoti kaip galimus išorinius paaiškinamuosius veiksnius. Poveikio kryptis gali būti nevienareikšmė, todėl galutinis rezultatas gali būti nustatytas tik po empirinės analizės.

Park ir kt. (2023, 2024) parodo, kad laivybos rinkos jautriai reaguoja į makroekonominis, energetinius ir neapibrėžtumo šokus. Tai leidžia metodiškai pagrįsti platesnį galimų išorinių rodiklių rinkinį, kuriame gali būti svarstomi tokie veiksniai kaip pramonės gamyba, prekybos apimtis arba frachtų rinkos rodikliai, nors ne visi jie bus tiesiogiai taikomi Klaipėdos uosto atvejui. Tyrimai padeda suformuoti nuoseklią ARIMAX modelio logiką.

Delfin-Ortega ir kt. (2025) taip pat pabrėžia, kad uostų veiklos pokyčius kartais lemia struktūriniai veiksniai – infrastruktūros atnaujinimas ar pajėgumų ribos. Todėl analizuojant ARIMAX modelio rezultatų likučius svarbu įvertinti, ar dalis ilgalaikių pokyčių neatsiranda dėl tokių struktūrinių transformacijų, kurių makroekonominiai kintamieji nepaaiškina.

Jeon ir kt. (2025) pabrėžia bendrą principą: logistikos ir laivybos rinkų prognozavimas turi apimti tiek vidaus, tiek išorės veiksnius. Nors jų modeliai yra kitokie, ši nuostata visiškai sutampa su ARIMAX konstrukcija, kur priklausomas rodiklis aiškinamas tiek istorine linija, tiek išoriniais šokais.

ARIMAX modelio taikymas leidžia empiriškai įvertinti, ar įvairūs makroekonominiai, energetikos ir regioniniai rodikliai – tokie kaip vidaus paklausos, prekybos srautai ar kainų veiksniai – yra statistiškai susiję su Klaipėdos uosto naftos produktų krovos pokyčiais. Konkretus kintamųjų rinkinys galutinėje modelio specifikacijoje nustatomas empirinės atrankos ir modelių palyginimo pagrindu.

3.3. Duomenys ir empirinio tyrimo eiga

Empirinio tyrimo eiga grindžiama laiko eilučių analizės metodika, sistemingai aprašyta Hyndman ir Athanasopoulos (2021). Autoriai pabrėžia, kad ARIMA ir išplėstų ARIMA tipo modelių, įskaitant ARIMAX, taikymas reikalauja ne tik tinkamos modelio struktūros parinkimo, bet ir kruopštaus

duomenų paruošimo bei statistinių prielaidų patikrinimo. Todėl šiame tyrime empirinė analizė organizuojama kaip nuoseklus procesas, susidedantis iš tarpusavyje susijusių etapų.

Pagal Hyndman ir Athanasopoulou (2021), ARIMAX modeliai taikomi tik laiko eilučių duomenims, kurie pasižymi pakankamu stebėjimų skaičiumi ir vienodu laiko intervalu. Šiame tyrime naudojami mėnesiniai duomenys, leidžiantys fiksuoti tiek trumpalaikius svyravimus, tiek vidutinio laikotarpio dinamiką. Autoriai nurodo, kad reguliarus laiko intervalas yra būtina sąlyga korektiškai interpretuoti autokoreliacijos struktūrą ir modelio parametrus.

Pirmasis empirinės analizės etapas – duomenų transformavimas. Hyndman ir Athanasopoulou (2021) pažymi, kad ekonominės laiko eilutės dažnai pasižymi nevienoda dispersija ir didelių reikšmių dominavimu, todėl prieš modeliavimą rekomenduojama taikyti transformacijas, stabilizuojančias duomenų savybes. Atsižvelgiant į šias rekomendacijas, visi tyrime naudojami kintamieji transformuojami taikant natūrinį logaritmą. Logaritminė forma leidžia sumažinti ekstremalių svyravimų įtaką ir sudaro prielaidas ekonominei rezultatų interpretacijai santykinų pokyčių terminais.

Toliau vertinamas transformuotų laiko eilučių stacionarumas. Pagal Hyndman ir Athanasopoulou (2021), stacionarumas yra esminė ARIMA ir ARIMAX modelių taikymo prielaida, nes tik stacionarios eilutės leidžia patikimai identifikuoti ryšius tarp stebėjimų skirtingais laikotarpiais. Nestacionarių eilučių naudojimas gali lemti tariamus statistinius ryšius, kai modelis fiksuoja bendras tendencijas, o ne tikrąją dinamiką.

Stacionarumui patikrinti šiame tyrime taikomas išplėstinis Dickey-Fuller testas (angl. Augmented Dickey-Fuller test, ADF), kuris, kaip nurodo Hyndman ir Athanasopoulou (2021), yra standartinis metodas vienietinės šaknies buvimui įvertinti. Šio testo rezultatai leidžia spręsti, ar laiko eilutė pasižymi ne stacionarumu ir ar reikalingos papildomos transformacijos.

Hyndman ir Athanasopoulou (2021) nurodo, kad jei pradinės laiko eilutės nėra stacionarios, rekomenduojama taikyti diferencijavimą. Vadovaujantis šiomis metodologinėmis nuostatomis, šiame tyrime nestacionarioms logaritminėms laiko eilutėms taikomas pirmosios eilės diferencijavimas. Šis žingsnis leidžia pašalinti ilgalaikes tendencijas ir stabilizuoti eilutės statistines savybes. Diferencijuotos logaritminės eilutės žymimos dln ir naudojamos tolesniame modeliavime.

Pakartotiniai ADF testai, atlikti jau diferencijuotoms laiko eilutėms, leidžia patikrinti, ar taikyta transformacija buvo pakankama. Hyndman ir Athanasopoulou (2021) pabrėžia, kad tik patvirtinus stacionarumą galima pereiti prie modelio struktūros identifikavimo ir parametrų vertinimo.

Kitas empirinės analizės etapas – vidinės laiko eilutės struktūros nustatymas. Šiam tikslui taikomos autokoreliacijos funkcijos (angl. Autocorrelation Function, ACF) ir dalinės autokoreliacijos funkcijos (angl. Partial Autocorrelation Function, PACF) diagramos. Pasak Hyndman ir Athanasopoulou (2021), šios funkcijos leidžia identifikuoti autoregresinių ir slankiojo vidurkio komponentų eiliškumą, kuris būtinas tinkamai ARIMAX modelio specifikacijai.

Remiantis nustatyta vidine struktūra ir teoriškai pagrįstais išoriniais veiksniais, sudaromas ARIMAX modelis. Hyndman ir Athanasopoulou (2021) apibrėžia ARIMAX kaip regresijos modelį su ARIMA tipo paklaidomis, leidžiantį vienu metu įvertinti tiek priklausomo kintamojo istorinę dinamiką, tiek

išorinių veiksnių poveikį. Modelio parametrai vertinami taikant maksimalaus tikėtimumo metodą (angl. exact maximum likelihood estimation), kuris užtikrina efektyvius ir nuoseklius rezultatus.

Galutiniame empirinės analizės etape atliekamas sudaryto modelio diagnostinis patikrinimas. Pagal Hyndman ir Athanasopoulou (2021), tinkamas ARIMAX modelis turi paaiškinti visą sistemingą duomenų dinamiką, todėl modelio likučiai – skirtumai tarp faktinių stebimų reikšmių ir modelio prognozuojamų reikšmių – turėtų elgtis kaip atsitiktinis triukšmas. Tai reiškia, kad likučiuose neturi likti jokios struktūrinės informacijos, kuri galėtų būti sistemingai paaiškinta.

Likučių autokoreliacijai įvertinti taikomas Ljung–Box testas, kuris leidžia patikrinti, ar likučiai nėra tarpusavyje susiję skirtingais laiko vėlavimais. Pagal Hyndman ir Athanasopoulou (2021), tinkamai specifiкуoto laiko eilučių modelio likučiai turėtų elgtis kaip baltasis triukšmas, t. y. neturėti reikšmingos autokoreliacijos. Reikšminga autokoreliacija likučiuose reikštų, kad modelis neviseiškai užfiksavo analizuojamos laiko eilutės dinamiką.

Papildomai vertinamas likučių svyravimų stabilumas taikant ARCH testą, kuris leidžia patikrinti, ar paklaidų dispersija laikui bėgant nekinta. Hyndman ir Athanasopoulou (2021) pabrėžia, kad kintantis likučių svyravimų intensyvumas gali lemti nepatikimas standartinės paklaidas ir iškraipytą parametru reikšmingumą. Taip pat atliekamas likučių pasiskirstymo vertinimas, siekiant įsitikinti, ar nėra ryškių nukrypimų, galinčių signalizuoti apie neįvertintus struktūrinius veiksnus. Šie diagnostiniai patikrinimai leidžia įvertinti modelio tinkamumą ir sudaro pagrindą empirinės analizės rezultatų interpretacijai (Hyndman & Athanasopoulou, 2021).

4. Veiksnių, darančių įtaką naftos produktų krovos apimtims tyrimo rezultatai ir diskusija

Šiame skyriuje pateikiami empirinio tyrimo rezultatai, gauti taikant 3 skyriuje aprašytą tyrimo metodologiją. Tyrimo tikslas – įvertinti, kurie makroekonominiai ir energetiniai veiksniai statistiškai reikšmingai veikia Klaipėdos uosto naftos produktų krovos dinamiką, nustatyti šių veiksnių poveikio kryptį bei intensyvumą ir įvertinti gautų rezultatų patikimumą.

Empirinė analizė grindžiama ARIMAX tipo laiko eilučių modeliais, kurie leidžia atskirti vidinę laiko eilučių dinamiką nuo išorinių ekonominių veiksnių poveikio vadovaujantis Hyndman ir Athanasopoulos (2021) metodika aptarta 3 skyriuje. Šiame skyriuje nuosekliai pateikiami tyrimo rezultatai, pradedant naudotų duomenų aprašymu ir pirminės dinamikos analize, toliau pristatant bazinio modelio rezultatus, jų diagnostinius patikrinimus bei atsparumo analizę, ir baigiant gautų rezultatų diskusija teoriniame kontekste.

Skyriuje taip pat aptariami tyrimo apribojimai, galimos tolesnių tyrimų kryptys bei formuluojamos praktinės rekomendacijos, susijusios su Klaipėdos uosto naftos produktų krovos prognozavimu ir sprendimų priėmimu, remiantis ekonominių rodiklių stebėseną.

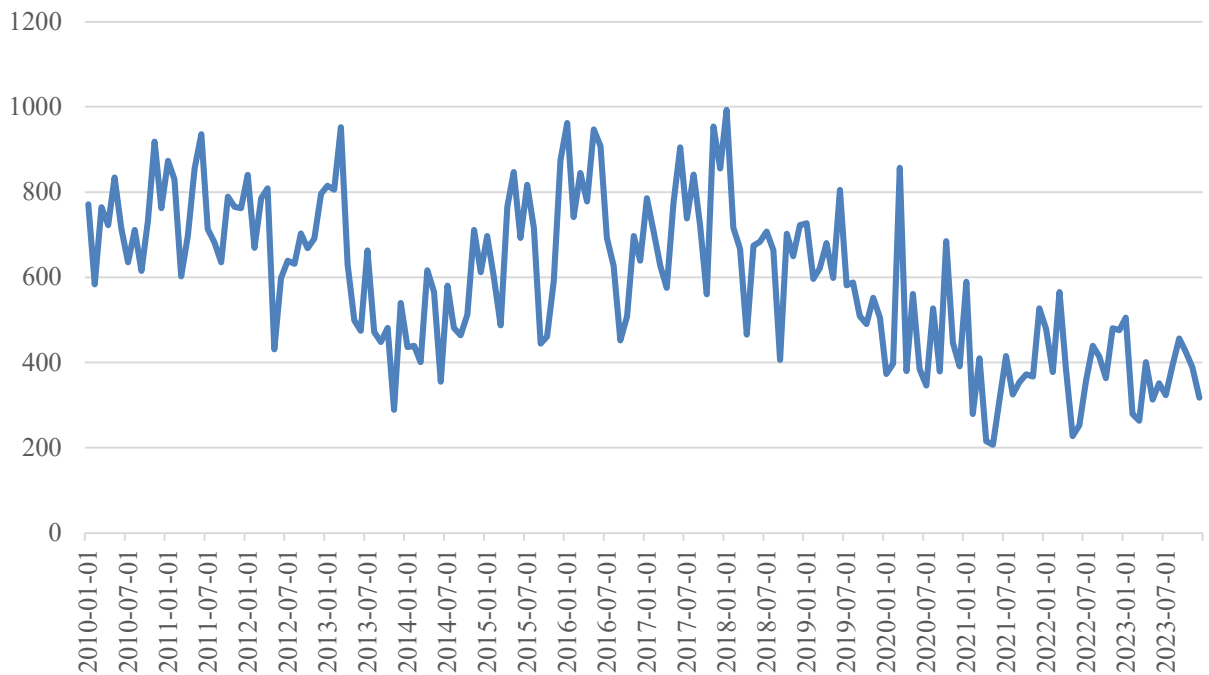
4.1. Empirinio tyrimo duomenų aprašymas ir parengimas analizei

Šiame poskyryje aprašoma empirinio tyrimo duomenų bazė ir jos parengimo veiksmai iki ekonometrinio modeliavimo. Tikslas – parodyti, kokie duomenys naudojami, koku laikotarpiu ir dažniu jie suformuoti, kokie taikyti parengimo ir transformavimo žingsniai, kad duomenys atitiktų laiko eilučių analizės prielaidas ir būtų tinkami ARIMAX tipo modeliui. Ši dalis apima duomenų struktūrą, matavimo vienetų, šaltinių, suderinimo principus ir transformacijas.

Empiriniame tyrime naudojami mėnesiniai duomenys, apimantys laikotarpį nuo 2010 m. vasario iki 2023 m. gruodžio. Mėnesinis dažnis pasirinktas dėl dviejų priežasčių - jis suteikia pakankamą stebėjimų skaičių patikimai laiko eilučių analizei (mėnesiniai duomenys sudaro ilgesnę imtį nei ketvirtiniai), mėnesinis dažnis leidžia fiksuoti trumpalaikius svyravimus, kurie uostų krovos atveju gali būti reikšmingi dėl sezoniškumo, rinkos šokų ir logistikos grandinių persiorientavimo.

Laikotarpio pradžia parinkta atsižvelgiant į praktinį duomenų prieinamumą ir nuoseklumą tarp skirtingų šaltinių, o pabaiga – pagal pilnus turimus metus duomenų bazėje. Sudaryta duomenų bazė yra vieno tipo laiko eilutė, kur kiekvienam mėnesiui priskiriamos priklausomojo kintamojo ir paaiškinamųjų kintamųjų reikšmės.

Tyrimo priklausomasis kintamasis yra Klaipėdos uosto naftos produktų krova (toliau – krova). Šis rodiklis atspindi per uostą perkraunamus naftos produktų srautus ir yra tiesioginis tiriamo reiškinių matas. Duomenys suformuoti mėnesio pjūviu. Empirinėje analizėje naudojama ne pradinė krovos lygio reikšmė, bet jos transformuota forma – natūrinio logaritmo pagrindu apskaičiuoti mėnesiniai krovos pokyčiai, kurie leidžia analizuoti santykinius dinamikos pokyčius ir palyginti skirtingus laikotarpius tarpusavyje.



7 pav. Klaipėdos uosto naftos produktų krovos lygio dinamika ir svyravimų pokyčiai 2010-2023 m., tūkst. tonų.

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal KVJUD krovos duomenis.

Kadangi naftos produktų krovos apimtys nagrinėjamu laikotarpiu kinta plačiame intervale, iš pradinės laiko eilutės matyti, jog didesniems krovos lygiams būdingi ir didesni absoliutūs mėnesiniai svyravimai. Pavyzdžiui, 2011-2012 m. laikotarpiu, kai mėnesinės krovos apimtys dažniausiai siekė apie 700-900 tūkst. tonų, fiksuojami ir santykinai dideli mėnesiniai nuokrypiai, dažnai siekiantys apie 100-150 tūkst. tonų (7 pav.).

2016-2018 m. stebima tendencija, kai aukštesnio bendro krovos lygio laikotarpiais krovos reikšmės tarp gretimų mėnesių svyravo dar didesne amplitude, kai kuriais atvejais viršijančia apie 200 tūkst. tonų. Tuo tarpu vėlesniu laikotarpiu, ypač po 2020 m., kai bendras krovos lygis sumažėjo iki maždaug 300-500 tūkst. tonų per mėnesį, absoliutinių mėnesinių svyravimų mastas taip pat tapo mažesnis ir dažniausiai neviršijo apie 50-100 tūkst. tonų.

Kitaip tariant, augant bendram krovos mastui, didėja ir absoliučių mėnesinių pokyčių amplitudė, o mažėjant krovos lygiui – mažėja ir absoliutinių svyravimų dydis. Dėl šios priežasties prieš taikant ekonometrinius modelius krova transformuojama taip, kad analizė būtų orientuota į santykinius pokyčius, o ne absoliučius lygius. Tokia transformacija leidžia sumažinti skirtingų laikotarpių palyginamumo problemas ir sudaro prielaidas stabilesnei laiko eilučių analizei.

Remiantis 3 skyriuje pagrįsta ekonomine logika, empirinėje analizėje naudojami keli paaiškinamieji kintamieji, kurie atspindi skirtingus veiksnius, potencialiai veikiančius krovos pokyčius. Šiame tyrime pasirenkami tokie rodikliai, kuriuos galima interpretuoti ekonomiškai ir kuriems įmanoma gauti nuoseklius laiko eilučių duomenis per visą tiriamą laikotarpį.

Energetikos kainų veiksnys – „Brent“ žaliavinės naftos kaina (USD/bbl). Šis rodiklis atspindi energijos kainų ciklą, kuris gali veikti naftos produktų gamybos sąnaudas, kainodarą, paklausą ir

logistikos sprendimus. Kadangi naftos produktų sektorius glaudžiai susijęs su žaliavinės naftos kaina, šis kintamasis yra pagrindinis energetinis paaiškinamasis veiksnys.



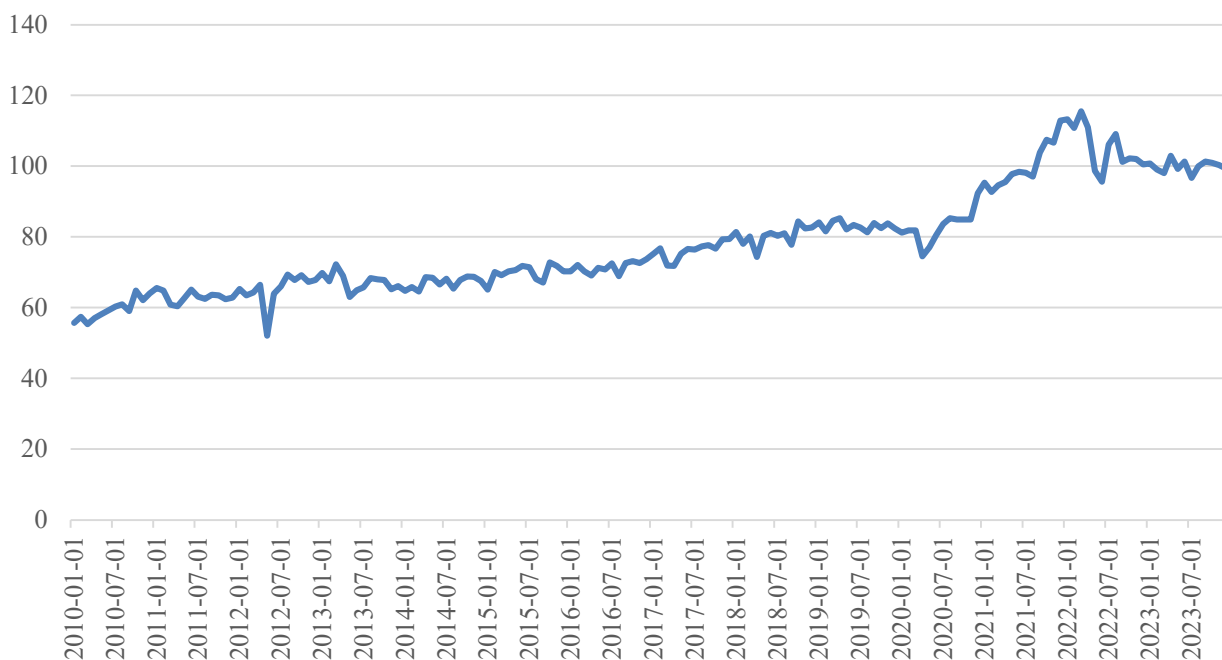
8 pav. „Brent“ žaliavinės naftos kainos dinamika 2010-2023 m., USD/barelį.

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal U.S. Energy Information Administration (EIA) duomenis.

Bendra „Brent“ žaliavinės naftos kainos dinamika rodo, kad nagrinėjamu laikotarpiu šis rodiklis pasižymi ryškiais cikliniais svyravimais, staigiais lygio pasikeitimais ir nevienodu pastovumo intensyvumu skirtingais laikotarpiais. Tokia kainų dinamika reiškia, kad absoliučios kainų reikšmės ir jų pokyčiai nėra tiesiogiai palyginami tarp skirtingų laikotarpių, o trumpalaikiai svyravimai gali būti „užtemdyti“ bendrų kainų lygio pokyčių.

Dėl šios priežasties, siekiant tinkamai įvertinti ryšį tarp naftos kainų pokyčių ir Klaipėdos uosto naftos produktų krovos dinamikos, reikalinga taip pat taikyti duomenų transformacijas, kurios leistų analizuoti santykinius kainų pokyčius ir sumažintų didelių lygio svyravimų įtaką. Tai sudaro prielaidas stabilesnei ir metodologiškai pagrįstai priklausomybių analizei taikant ARIMAX modelį.

Makroekonominis veiksnys – Lietuvos pramonės gamybos indeksas. Šis rodiklis naudojamas kaip bendro ekonominio aktyvumo ir pramonės sektoriaus būklės indikatorius. Teoriškai pramonės aktyvumas siejasi su energijos vartojimu, logistikos srtais ir prekių judėjimu, todėl gali būti susijęs ir su naftos produktų krovos pokyčiais.



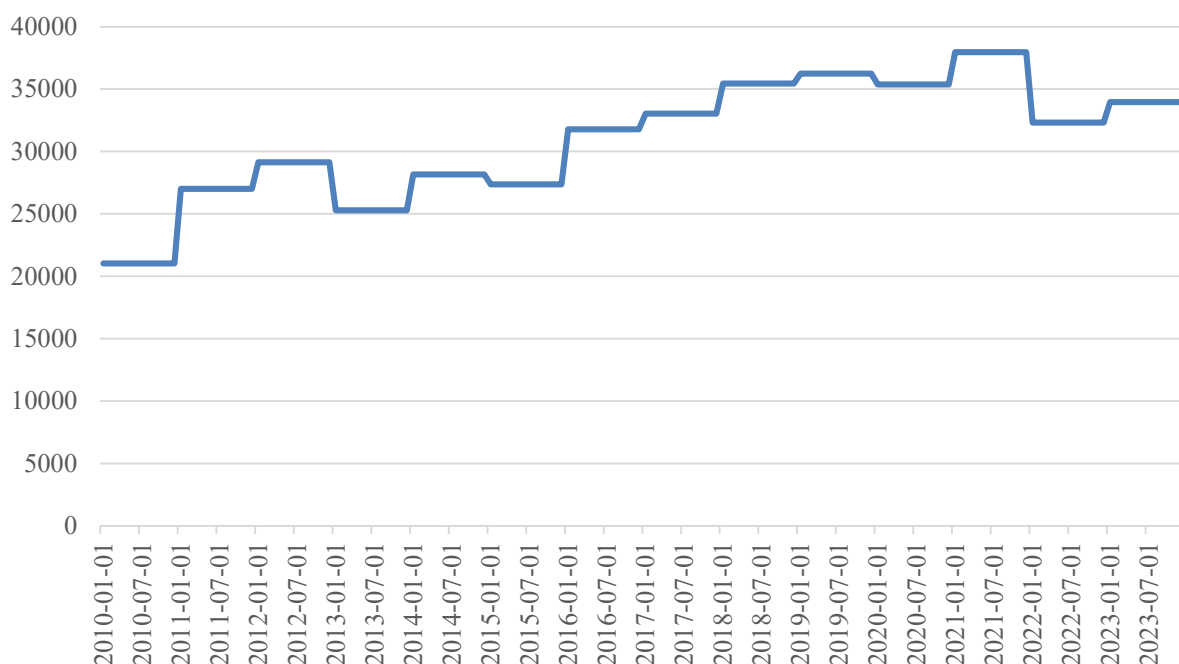
9 pav. Lietuvos pramonės gamybos indekso (IPI) dinamika 2010-2023 m.
Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal Eurostat duomenis.

Nors pramonės gamybos indeksas pasižymi santykinai stabilesne ir nuoseklesne dinamika, lyginant su krovos ar energetikos kainų rodikliais, jo laiko eilutėje vis dėlto stebima ilgalaikė augimo tendencija. Tai reiškia, kad indekso lygio reikšmės nėra stacionarios, todėl, siekiant užtikrinti suderinamumą su ARIMAX modelio prielaidomis ir palyginamumą su kitais kintamaisiais, empirinėje analizėje naudojami santykiniai pramonės aktyvumo pokyčiai.

Fiskalinis veiksnys – Lietuvos akcizų indeksas degalams, suformuotas iš teisės aktų ir suvestas mėnesiniais pjūviais. Akcizų pokyčiai gali veikti vidaus degalų kainą ir vartojimą, o per tai – ir produkcijos paskirstymą tarp vidaus rinkos ir eksporto kanalų. Skirtingai nei rinkos rodikliai, akcizų indeksas pasižymi diskretine dinamika – jo pokyčiai įvyksta tik priėmus fiskalinius sprendimus, o tarp šių sprendimų rodiklio reikšmė ilgą laiką išlieka nepakitusi.

Dėl tokio pobūdžio akcizų indekso laiko dinamika nėra vizualiai informatyvi, todėl šiame skyriuje jis nėra detalai analizuojamas grafiškai. Nepaisant to, akcizų rodiklis įtraukiamas į ekonometrinį modelį kaip galimas fiskalinis veiksnys, galintis netiesiogiai paveikti degalų kainas, vidaus vartojimą ir produkcijos paskirstymą tarp vidaus rinkos ir eksporto srautų. Jo poveikis krovos dinamikai vertinamas analizės metu.

Regioninis paklausos veiksnys – Ukrainos naftos produktų importo rodiklis, šio rodiklio duomenis gauti tik metiniu dažniu, dėl to perskaičiuotas į mėnesinę formą proporcingai (dalinant metinę reikšmę iš 12). Šis sprendimas taikomas kaip kompromisas: rodiklis leidžia bent iš dalies įtraukti regioninės paklausos kontekstą, tačiau kartu reikia pripažinti, kad tokiu būdu prarandama mėnesinė dinamika ir sezoniškumas (tai vėliau aptariama tyrimo apribojimuose).



10 pav. Ukrainos naftos produktų importo kiekiai 2010-2023 m., TJ.
Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal International Energy Agency (IEA) duomenis.

Iš grafike pateiktos dinamikos matyti, kad Ukrainos naftos produktų importo apimtys nagrinėjamu laikotarpiu kito nevienodai, tačiau didžiąją laikotarpio dalį išlaikė santykinai stabilų arba nuosaikiai augantį lygį. Kadangi rodiklis perskaičiuotas iš metinių duomenų, grafike atsispindi ilgalaikės paklausos tendencijos, o ne trumpalaikiai svyravimai. Toks vaizdas leidžia šį kintamąjį interpretuoti kaip struktūrinį regioninės paklausos veiksnį, papildantį kitus, didesniu trumpalaikiu nepastovumu pasižyminčius paaiškinamuosius veiksnius.

Papildomi rodikliai atsparumo analizei – Lietuvos BVP ir ES (EU27) BVP rodikliai, kurie dėl žemesnio pradinio dažnio taip pat buvo perskaičiuoti į mėnesinę formą, taikant paprastą proporcinį paskirstymą. Taip pat į analizę įtrauktas EUR/USD valiutos kursas (Europos Centrinio Banko duomenys), suformuotas kaip mėnesinis vidurkis, siekiant suderinti jį su kitų kintamųjų dažniu. Šie rodikliai pagrindiniame duomenų aprašyme pateikiami kaip alternatyvūs paaiškinamieji kintamieji, skirti patikrinti, ar bazinio modelio išvados išlieka nepakitusios keičiant makroekonominių veiksnių rinkinį.

Apibūdinus kiekvieną rodiklį ir jų suvienodinimus, paruošta tyrimo duomenų bazė suformuota taip, kad atitiktų laiko eilučių analizės reikalavimus ir leistų nuosekliai tirti Klaipėdos uosto naftos produktų krovos pokyčius. Tyrime naudojami mėnesiniai duomenys apima pakankamai ilgą laikotarpį, leidžiantį identifikuoti tiek ilgalaikes tendencijas, tiek trumpalaikius svyravimus, susijusius su ekonominiais, energetiniais ir regioniniais veiksniais. Priklausomasis kintamasis ir pagrindiniai paaiškinamieji veiksniai transformuoti taip, kad analizė būtų orientuota į santykinius pokyčius, o ne absoliučius lygius, ir būtų užtikrintas skirtingų laikotarpių palyginamumas.

Paaiškinamųjų kintamųjų rinkinys parinktas remiantis ekonomine logika ir teoriniais argumentais, išdėstytais ankstesniuose darbo skyriuose, bei atsižvelgiant į duomenų prieinamumą ir jų nuoseklumą laike. Energetikos kainų, pramonės aktyvumo, fiskalinių ir regioninės paklausos rodiklių dinamika leidžia įvertinti skirtingus veiksnius, galinčius turėti įtakos naftos produktų krovos svyravimams.

Papildomi makroekonominiai ir finansiniai rodikliai numatyti vėlesniame empirinio tyrimo etape, siekiant patikrinti pagrindinių rezultatų atsparumą alternatyvioms specifikacijoms.

Atlikti duomenų parengimo ir pirminės analizės veiksmai sudaro tvirtą pagrindą tolesniam ekonometriniam modeliavimui. Kitame poskyryje pereinama prie ARIMAX modelių taikymo ir rezultatų analizės, kurioje bus vertinamas pasirinktų veiksnių poveikis Klaipėdos uosto naftos produktų krovos dinamikai.

4.2. ARIMAX modelių taikymas ir empiriniai rezultatai

Šiame poskyryje pateikiami empirinio tyrimo rezultatai, gauti taikant ARIMAX tipo laiko eilučių modelius 4.1 skyriuje aprašytiems ir parengtiems duomenims. Empirinė analizė atliekama laikantis Hyndman ir Athanasopoulos (2021) aprašytos ARIMAX modelių taikymo sekos, kuri numato stacionarių laiko eilučių naudojimą, vidinės laiko eilučių dinamikos modeliavimą ir išorinių veiksnių poveikio įvertinimą.

Pagrindinis šio etapo tikslas – nustatyti, kaip pasirinkti energetiniai, makroekonominiai, fiskaliniai ir regioniniai veiksniai veikia Klaipėdos uosto naftos produktų krovos santykinius mėnesinius pokyčius, kartu atsižvelgiant į pačios krovos priklausomybę nuo ankstesnių laikotarpių reikšmių. Tokia analizė leidžia atskirai pažiūrėti į išorinių veiksnių poveikį atskiriant juos nuo vidinės krovos dinamikos.

Empirinė analizė pradedama sudarant bazinį ARIMAX modelį. Priklausomasis kintamasis šiame modelyje yra Klaipėdos uosto naftos produktų krovos santykiniai mėnesiniai pokyčiai, apskaičiuoti kaip logaritminės pirmosios skirtuminės reikšmės. Toks priklausomojo kintamojo apibrėžimas leidžia analizuoti krovos dinamiką santykinų pokyčių terminais ir užtikrina duomenų suderinamumą su ARIMAX modelio prielaidomis.

Į bazinį modelį įtraukiami 4.1 skyriuje aprašyti paaiškinamieji kintamieji, atspindintys skirtingus galimus poveikio veiksnus. Energetikos kainų poveikis vertinamas naudojant „Brent“ žaliavinės naftos kainos pokyčius. Makroekonominis kontekstas aprašomas Lietuvos pramonės gamybos indekso pokyčiais, atspindinčiais bendrą ekonominį ir pramoninį aktyvumą. Fiskalinis poveikis į modelį įtraukiamas per degalų akcizų indeksą, o regioninės paklausos aspektas – per Ukrainos naftos produktų importo rodiklį, perskaičiuotą į mėnesinę formą.

Be išorinių ekonominių veiksnių, modelyje taip pat įvertinama pati krovos laiko eilutės vidinė dinamika. Autoregresiniai nariai leidžia įvertinti, ar dabartiniai krovos pokyčiai yra susiję su ankstesnių laikotarpių svyravimais, taip atskirti išorinių veiksnių poveikį nuo vidinių trumpalaikių tendencijų. Tokiu būdu užtikrinama, kad nustatytas išorinių kintamųjų poveikis nebūtų klaidingai priskiriamas vidinei krovos dinamikai. Autoregresinės struktūros parinkimas atliekamas remiantis 3.3 skyriuje aprašyta metodologija, naudojant autokoreliacijos ir dalinės autokoreliacijos analizę.

Bazinio ARIMAX modelio parametrai vertinami taikant maksimalaus tikėtimumo metodą, kuris leidžia gauti efektyvius ir nuoseklius vertinimus. Gauti koeficientai interpretuojami kaip paaiškinamųjų veiksnių poveikis Klaipėdos uosto naftos produktų krovos santykiniams mėnesiniams pokyčiams, kartu atsižvelgiant į vidinę laiko eilutės dinamiką.

Toliau pateikiami bazinio ARIMAX modelio vertinimai ir jų statistinis reikšmingumas.

3 lentelė. Bazinio ARIMAX modelio empiriniai rezultatai Klaipėdos uosto naftos produktų krovos pokyčiams

Kintamasis	Koeficientas	Standartinė paklaida	p reikšmė
Pastovioji (konstanta)	-0,0143	0,0051	0,005 ***
ϕ_1 AR(1) parametras	0,1675	0,1141	0,142
θ_1 MA(1) parametras	-0,7758	0,0769	<0,001 ***
dln_Brent	-0,3965	0,1093	0,000 ***
dln_IPI	2,7913	0,4356	<0,001 ***
dln_Excise	-0,1364	1,0785	0,899
dln_UAimp	0,2958	0,3851	0,442

Rodiklis	Reikšmė
Determinacijos koeficientas (R^2)	0,438
Pakoreguotas determinacijos koeficientas	0,421
Logaritminė tikėtino funkcijos reikšmė	27,75
Akaike informacijos kriterijus (AIC)	-39,51
Bajeso informacijos kriterijus (BIC)	-14,56
Likučių vidurkis	-0,0009
AR šaknis	5,97
MA šaknis	1,29

Pastaba. Priklausomasis kintamasis – Klaipėdos uosto naftos produktų krovos santykiniai mėnesiniai pokyčiai (dln_Y). ϕ_1 – pirmojo laipsnio autoregresinis parametras (AR(1)), θ_1 – pirmojo laipsnio slankiojo vidurkio parametras (MA(1)). *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,1$.

Vadovaujantis 3.3 skyriuje aprašyta metodologija, sudarytas bazinis ARIMAX modelis, kuriame priklausomasis kintamasis yra Klaipėdos uosto naftos produktų krovos santykiniai mėnesiniai pokyčiai (dln_Y). Maksimalaus tikėtino metodo leidžia parinkti modelio parametrus taip, kad stebimi krovos pokyčiai būtų labiausiai tikėtini pagal pasirinktą ARIMAX modelio struktūrą. Naudojami 2010 m. vasario – 2023 m. gruodžio mėnesinius duomenis ($T = 167$). Bazinio modelio empiriniai rezultatai pateikiami 3 lentelėje.

Modelio specifikacijoje įtraukta autoregresinė pirmos eilės dedamoji (AR(1)) ir slankiojo vidurkio pirmos eilės dedamoji (MA(1)), kurios leidžia atsižvelgti į vidinę krovos laiko eilutės struktūrą. Šios dedamosios naudojamos siekiant atskirti išorinių veiksnių poveikį nuo vidinės dinamikos, susijusios su ankstesnių laikotarpių pokyčiais ir trumpalaikiais atsitiktiniais svyravimais.

Slankiojo vidurkio dedamoji (MA(1)) yra statistškai reikšminga ir neigiama. Tai reiškia, kad netikėti trumpalaikiai krovos pokyčiai vienu laikotarpiu yra linkę būti iš dalies kompensuojami priešingos krypties pokyčiais vėlesniuose laikotarpiuose. Kitaip tariant nėra „atminties grandinės“, krovos reakcinės yra trumpalaikė ir greitai išnykstanti, pokyčius gali sukelti įvairūs veiksniai pvz. oro sąlygos, nuokrypiai nuo planinės logistikos grafiko, gamybos sutrikimai ir t.t.

Papildomi bandymai įtraukti aukštesnio laipsnio slankiojo vidurkio dedamąsias (MA(2), MA(3)) neatskleidė papildomos statistškai reikšmingos informacijos. Aukštesnių eilių MA nariai buvo nereikšmingi, o modelio informaciniai kriterijai nepagerėjo, todėl pasirinkta paprastesnė ir empiriškai pagrįsta MA(1) struktūra.

Tuo tarpu autoregresinė dedamoji (AR(1)) šiame modelyje nėra statistiškai reikšminga. Tai reiškia, kad dabartiniai krovos pokyčiai nėra tiesiogiai nulemti ankstesnio mėnesio pokyčių dydžio. Kitaip tariant krova augo ar mažėjo praėjusį mėnesį, savaime neleidžia patikimai prognozuoti dabartinio pokyčio.

Energetikos kainų veiksnys („Brent“), pasižymi statistiškai reikšmingu neigiamu poveikiu Klaipėdos uosto naftos produktų krovos pokyčiams. Spartesnis naftos kainų augimas yra susijęs su lėtesniu krovos augimu arba didesniu jos mažėjimu trumpuoju laikotarpiu. Toks ryšys ekonomiškai pagrįstas, nes didėjančios energijos kainos didina gamybos ir transportavimo sąnaudas bei gali riboti naftos produktų perdirbimo ir eksporto apimtis.

Makroekonominis veiksnys – Lietuvos pramonės gamybos indeksas – pasižymi stipriu ir statistiškai reikšmingu teigiamu poveikiu krovos pokyčiams. Tai rodo, kad augant pramonės aktyvumui, didėja ir per Klaipėdos uostą kraunamų naftos produktų apimtys arba atvirkščiai. Šis rezultatas patvirtina teorinę prielaidą, jog pramonės sektoriaus dinamika yra vienas svarbiausių naftos produktų logistikos srautų veiksnių.

Nors ilgalaikėje perspektyvoje Klaipėdos uosto naftos produktų krova pasižymi mažėjimo tendencija, o pramonės gamybos indeksas – nuosaikiu augimu, modelyje vertinami ne šių rodiklių lygiai, o jų trumpalaikiai pokyčiai. Todėl teigiamas IPI koeficientas rodo, kad spartesnis pramonės aktyvumo augimas yra susijęs su didesniais krovos pokyčiais, net jei ilgalaikės tendencijos skiriasi.

Fiskalinis veiksnys, atspindimas akcizų indekso pokyčiais, ir regioninės paklausos veiksnys, apibūdinantis Ukrainos naftos produktų importą, šiame baziniame modelyje nėra statistiškai reikšmingi. Tai leidžia daryti prielaidą, kad trumpuoju laikotarpiu šių veiksnių poveikis krovos pokyčiams yra silpnesnis, netiesioginis arba pasireiškia su laiko vėlavimu, kuris šiame baziniame modelyje nėra nustatytas.

Modelio determinacijos koeficientas parodo, kad apie 44 % Klaipėdos uosto naftos produktų krovos santykinų mėnesinių pokyčių gali būti siejama su įtrauktais ekonominiais veiksniais ir vidine laiko eilutės struktūra. Kadangi analizuojami trumpalaikiai mėnesiniai pokyčiai pasižymi dideliu nepastovumu, modelis padeda atskirti dalį sisteminių krovos svyravimų nuo atsitiktinių trumpalaikių pokyčių. Reikšminga dinamika (apie 56 %) apima nepaaiškintus svyravimus, kurių modelis tiesiogiai neapima.

Bazinio ARIMAX modelio diagnostinių testų rezultatai

Sudarius bazinį ARIMAX modelį ir įvertinus jo parametrus, reikalinga patikrinti, ar modelis tinkamai aprašo analizuojamų duomenų dinamiką ir ar gauti rezultatai gali būti patikimai interpretuojami. Tai svarbu ARIMAX tipo modeliuose, nes netinkamai aprašyta vidinė laiko eilutės struktūra gali lemti klaidingą išorinių veiksnių poveikio vertinimą. Laiko eilučių analizėje tai atliekama vertinant modelio likučių savybes, kadangi tinkamai specifikuotas modelis turi paaiškinti pagrindinius duomenų dėsningumus – tendencijas, cikliškumą ir tarpusavio priklausomybes laike.

Modelio likučiai neturėtų rodyti sisteminių dėsningumų, tokių kaip nuoseklus didėjimas ar mažėjimas, pasikartojančių ciklų ar statistiškai reikšmingos autokoreliacijos. Jei šios savybės likučiuose nepasireiškia, galima teigti, kad modelis tinkamai užfiksavo pagrindinę analizuojamo reiškinio dinamiką, o likę nuokrypiai daugiausia atspindi atsitiktinius trumpalaikius svyravimus.

Kadangi bazinis ARIMAX modelis šiame tyrime naudojamas kaip metodologinė atskaitos specifikacija, jam taikomi visi standartiniai diagnostiniai patikrinimai.

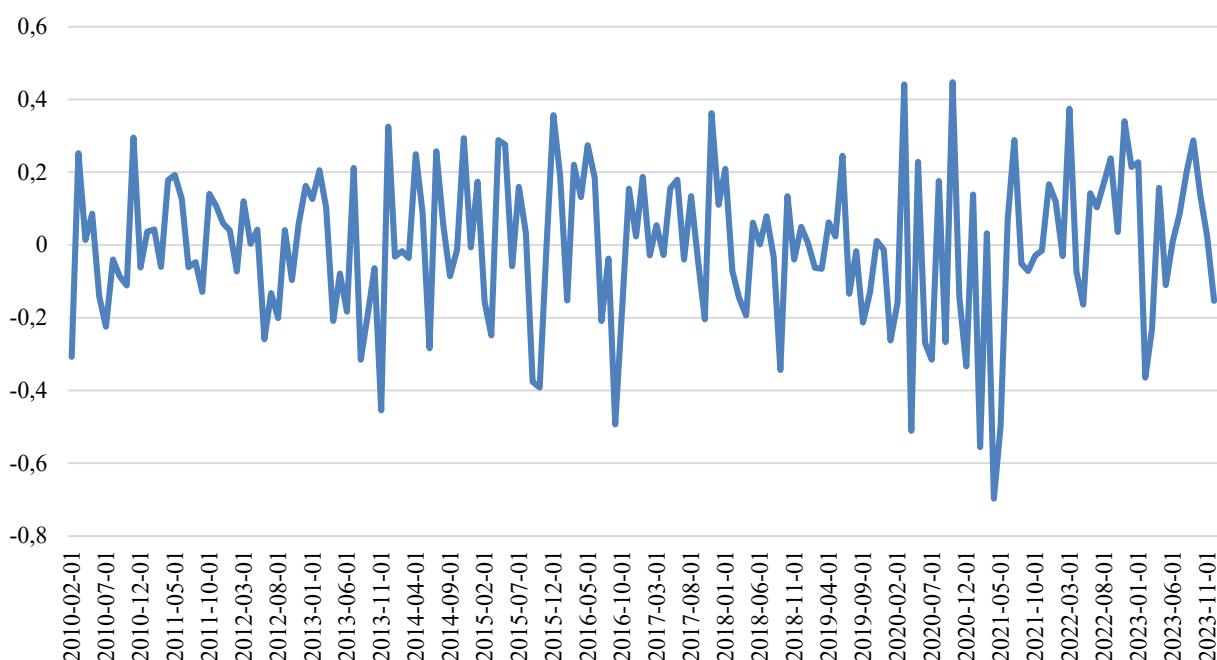
Šiame etape atliekami trys pagrindiniai diagnostiniai patikrinimai:

- likučių autokoreliacijos analizė,
- likučių dispersijos stabilumo vertinimas,
- likučių pasiskirstymo įvertinimas.

Šie patikrinimai leidžia nustatyti, ar modelyje nėra praleistos struktūros, netinkamai parinktos vidinės dinamikos ar kitų specifikacijos problemų.

Likučių autokoreliacijos analizė

Pirmiausia vertinama, ar modelio likučiai nekoreliuoja tarpusavyje skirtingais laiko vėlavimais. Jei likučiuose išlieka autokoreliacija, tai reikštų, kad modelis nevysiškai užfiksavo krovos dinamiką.



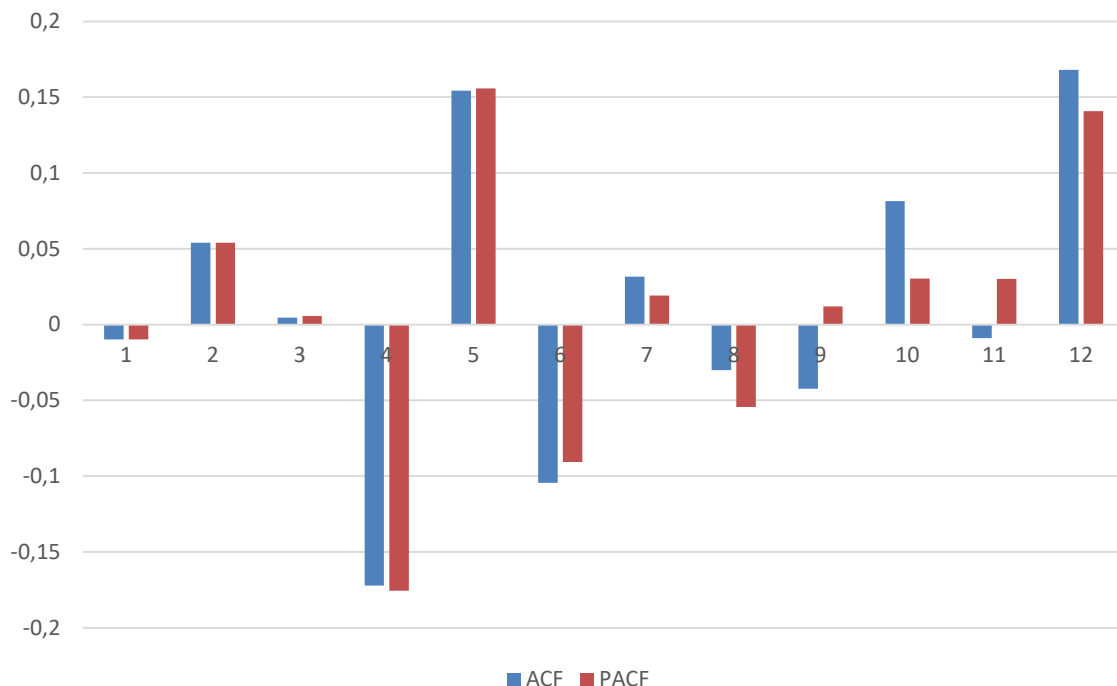
11 pav. Bazinio ARIMAX modelio likučių dinamika laike.

Šaltinis: sudaryta autoriaus, naudojant „Gretl“ statistinę programą

Iš pateikto likučių laiko eilučių grafiko matyti, kad bazinio ARIMAX modelio likučiai daugiausia svyruoja aplink nulį ir neatskleidžia nuoseklios ilgalaikės tendencijos. Tai patvirtina ir likučių vidurkis, kuris yra artimas nuliui ($-0,0009$), todėl nėra požymių, kad modelis sistemingai pervertintų ar nuvertintų krovos pokyčius. Reikia paminėti, kad tam tikrais laikotarpiais, ypač apie 2020-2022 m., stebimas padidėjęs likučių svyravimų intensyvumas, šiuos svyravimus galima sieti su išoriniais ekonominiais ir geopolitiniais sukrėtimais, tačiau jie nėra kryptingi ir neformuoja pastovios struktūros.

Papildomai modelio tinkamumą patvirtina gautos autoregresinės ir slankiojo vidurkio šaknys: AR šaknis lygi 5,97, o MA šaknis 1,29, t. y. abi reikšmės yra didesnės už vienetą. Tai reiškia, kad modelio vidinė laiko eilučių struktūra yra stabili ir nenulemia nevaldomų svyravimų. Atsižvelgiant į tai galima teigti, kad bazinis ARIMAX modelis pakankamai gerai aprašo pagrindinę Klaipėdos uosto naftos

produktų krovos dinamiką. Likučiuose nelieta sisteminių dėsningumų, tokių kaip likutinė autokoreliacija, pasikartojantys ciklai ar nepašalintos tendencijos, kurios galėtų būti paaiškintos papildomais modelio komponentais.



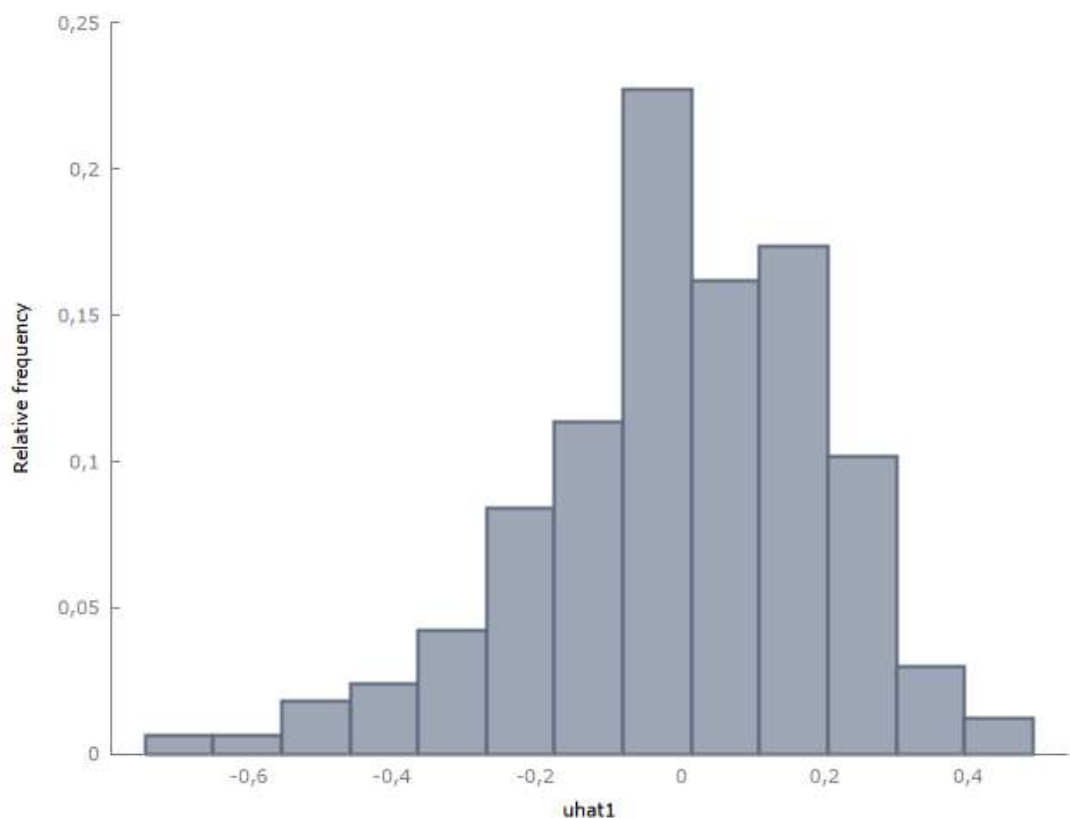
12 pav. Bazinio ARIMAX modelio likučių autokoreliacijos (ACF) ir dalinės autokoreliacijos (PACF) funkcijos (iki 12 vėlavimų).

Šaltinis: sudaryta autoriaus, naudojant „Gretl“ statistinę programą

Modelio tinkamumui įvertinti analizuota likučių autokoreliacijos struktūra, taikant autokoreliacijos (ACF) ir dalinės autokoreliacijos (PACF) funkcijas (12 pav.) bei Ljung-Box testą, kurio statistikos pateikiamos Gretl programos sugeneruotoje likučių autokoreliacijos korelogramoje.

Iš ACF ir PACF grafikų matyti pavieniai statistiškai reikšmingi svyravimai kai kuriuose vėlavimuose (ypač apie 4-5 ir 12 mėnesį), tačiau jie nėra nuoseklūs ir neformuoja sistemos priklausomybės struktūros. Siekiant formaliai įvertinti, ar grafiškai stebimi svyravimai yra statistiškai reikšmingi, papildomai taikytas Ljung-Box testas.

Ljung-Box testo rezultatai iki 12 vėlavimų rodo, kad likučių autokoreliacija nėra statistiškai reikšminga 5 % reikšmingumo lygiu, todėl nėra pagrindo atmesti nulio hipotezės apie likučių atsitiktinumą. Išplėtus vertinimą iki 24 vėlavimų, nulio hipotezė taip pat neatmetama ($p > 0,05$), kas leidžia daryti išvadą, jog modelis pakankamai gerai užfiksuoja pagrindinę krovos dinamiką.



13 pav. Bazinio ARIMAX modelio likučių pasiskirstymo histograma.

Šaltinis: sudaryta autoriaus, naudojant „Gretl“ statistinę programą

Likučių pasiskirstymo histograma rodo, kad ARIMAX modelio likučiai yra apytiksliai simetriškai pasiskirstę aplink nulį. Pasiskirstymo forma artima normaliajam skirstiniui, o ryškių asimetrijos ar išskirtinių reikšmių požymių nenustatyta. Tai patvirtina, kad modelio normalumo prielaida yra pakankamai tenkinama.

Toliau vertinamas modelio likučių svyravimų pastovumas laikui bėgant. Net ir tais atvejais, kai likučiai neparodo autokoreliacijos, jų sklaida gali būti nevienoda skirtingais laikotarpiais, t. y. vienais mėnesiais svyravimai gali būti intensyvesni nei kitais. Toks nepastovumas gali iškreipti modelio parametrų patikimumą ir jų standartines paklaidas, todėl papildomai tikrinama, ar likučių dispersija išlieka stabili visame analizuojamame laikotarpyje.

Likučių svyravimų stabilumui įvertinti taikomas ARCH testas. Pagal Hyndman ir Athanasopoulos (2021), tinkamai specifikuoto ARIMAX modelio paklaidų dispersija neturėtų sistemingai kisti laikui bėgant. Nulio hipotezės neatmetimas leidžia daryti išvadą, kad likučių svyravimų intensyvumas yra stabilus, todėl modelio parametrų standartinės paklaidos gali būti laikomos patikimomis.

Likučių autokoreliacijos analizės rezultatai parodo, kad bazinio ARIMAX modelio likučiai nėra reikšmingai tarpusavyje susiję skirtingais laiko vėlavimais. Likučių laiko eilučių grafike nematyti kryptingos ar pasikartojančios struktūros, o ACF ir PACF diagramose pastebimi pavieniai reikšmingi svyravimai nėra nuoseklūs. Ljung-Box testo rezultatai iki 12 ir 24 vėlavimų rodo, kad nėra pagrindo atmesti prielaidos apie likučių tarpusavio nepriklausomumą. Tai leidžia daryti išvadą, kad modelyje parinkta vidinė struktūra pakankamai gerai aprašo krovos dinamiką, todėl tolesnei analizei pereinama prie likučių dispersijos stabilumo vertinimo.

Likučių dispersijos stabilumo vertinimas

4 lentelėje pateikiami modelio koeficientai, jų standartinės paklaidos, t statistikos ir p reikšmės. Koeficiento dydis parodo ryšio kryptį ir stiprumą, t statistika – kiek apskaičiuota koeficiento reikšmė skiriasi nuo nulio, atsižvelgiant į jos paklaidą, o p reikšmė leidžia įvertinti ar nustatytas ryšys yra statistiškai reikšmingas. Mažesnė nei 0,05 p reikšmė rodo, kad kintamojo poveikis priklausomajam dydžiui yra statistiškai reikšmingas

4 lentelė. Bazinio ARIMAX modelio likučių ARCH testo rezultatai (ARCH(12)).

	Koeficientas	Standartinė paklaida	t statistika (t reikšmė)	p reikšmė
α_0	0,0194	0,0093	2,09	0,038
α_1	0,093	0,0837	1,11	0,268
α_2	0,2293	0,0836	2,74	0,007
α_3	0,0769	0,0849	0,91	0,367
α_4	-0,0558	0,0854	-0,65	0,514
α_5	-0,0445	0,0851	-0,52	0,602
α_6	0,1064	0,085	1,25	0,213
α_7	0,0699	0,0851	0,82	0,413
α_8	-0,0840	0,0853	-0,98	0,327
α_9	-0,0479	0,0854	-0,56	0,576
α_{10}	0,1085	0,085	1,28	0,204
α_{11}	0,1127	0,0839	1,34	0,181
α_{12}	-0,0140	0,0837	-0,17	0,868

Pastaba. Arch LM testo statistika - 17,9965, p reikšmė – 0,1158

ARCH teste vertinama nulio hipotezė ar modelio likučiuose nėra ARCH efektų, t. y. ar paklaidų svyravimų dydis nekinta sistemingai laike. Alternatyvioji hipotezė numato priešingą atvejį – kad paklaidų dispersija priklauso nuo ankstesnių laikotarpių paklaidų ir pasižymi kintančiu intensyvumu. Atskirų koeficientų statistinis reikšmingumas nėra lemiamas šio testo interpretacijai, nes pagrindinė išvada grindžiama bendru ARCH-LM testo rezultatu.

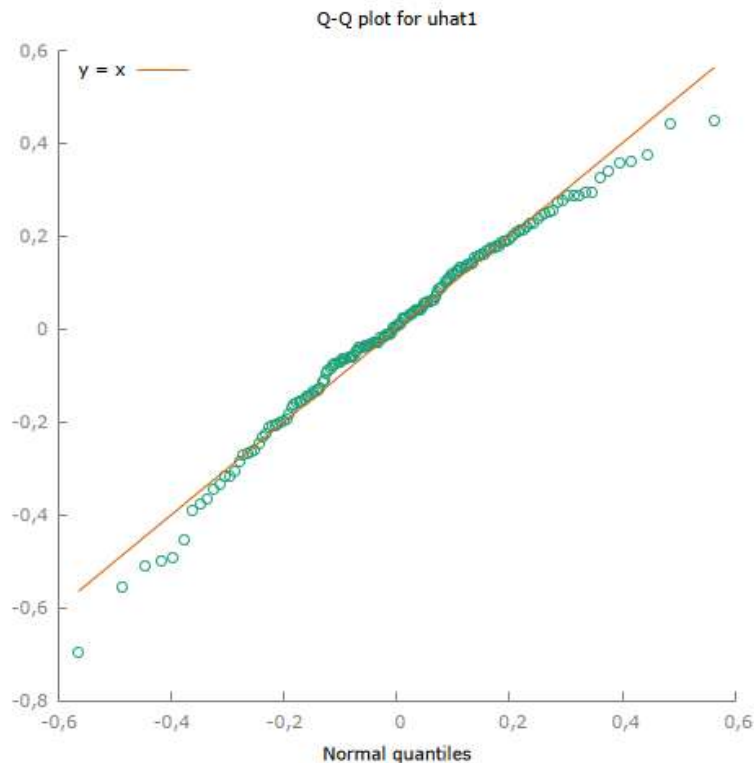
Gauta ARCH-LM testo statistika lygi 17,9965, o atitinkama p reikšmė – 0,1158. Kadangi ši p reikšmė yra didesnė nei 0,05, nėra pagrindo atmesti nulio hipotezės apie ARCH efektų nebuvimą. Tai reiškia, kad modelio likučių svyravimų intensyvumas nagrinėjamu laikotarpiu nekinta sistemingai.

Atsižvelgiant į tai galima teigti, kad bazinio ARIMAX modelio paklaidų dispersija yra pakankamai stabili, o likučiai nepasižymi statistiškai reikšmingu heteroskedastiškumu. Tai leidžia laikyti, kad modelis atitinka vieną iš svarbių laiko eilučių analizės prielaidų ir nėra būtinybės taikyti sudėtingesnius ARCH tipo modelius.

Likučių pasiskirstymo įvertinimas

Paskutinis diagnostinis patikrinimas skirtas įvertinti bazinio ARIMAX modelio likučių pasiskirstymo formą. Nors ARIMAX modelio taikymas nereikalauja griežto likučių normalumo, reikšmingi nukrypimai nuo normaliojo pasiskirstymo galėtų rodyti ekstremalių reikšmių, asimetrijos ar kitų pasiskirstymo ypatybių buvimą, galinčių paveikti statistinių išvadų patikimumą.

Likučių pasiskirstymui įvertinti taikomas Q-Q grafikas, leidžiantis vizualiai palyginti empirinių likučių pasiskirstymą su teoriniu normaliojo skirstinio pasiskirstymu.



14 pav. Bazinio ARIMAX modelio likučių Q-Q grafikas.

Šaltinis: sudaryta autoriaus, naudojant „Gretl“ statistinę programą

Iš Q-Q grafiko matyti, kad didžioji dalis bazinio ARIMAX modelio likučių taškų išsidėsto arti teorinės normaliojo skirstinio tiesės. Tai rodo, kad likučių pasiskirstymas yra artimas simetriškam ir neturi ryškios asimetrijos.

Nedideli nukrypimai pastebimi tik pasiskirstymo kraštinėse dalyse, tačiau jie nėra sistemingi ir neleidžia teigti apie reikšmingus nuokrypius. Atsižvelgiant į tai galima daryti išvadą, kad likučių pasiskirstymo savybės yra pakankamos bazinio ARIMAX modelio rezultatų interpretacijai, o gauti empiriniai rezultatai nėra iškreipiami ekstremalių ar netipinių stebėjimų.

Apibendrinant bazinio ARIMAX modelio diagnostinių testų rezultatus, galima teigti, kad modelis tinkamai aprašo Klaipėdos uosto naftos produktų krovos santykinų mėnesinių pokyčių dinamiką. Likučių analizė neatskleidė reikšmingos autokoreliacijos, jų dispersija nagrinėjamu laikotarpiu išlieka stabili, o pasiskirstymo forma neturi ryškių nukrypimų, galinčių kelti abejonių dėl statistinių išvadų patikimumo.

Tai leidžia daryti išvadą, kad bazinis ARIMAX modelis yra sudarytas tinkamai ir atitinka pagrindines laiko eilučių analizės prielaidas vadovaujantis Hyndman ir Athanasopoulos (2021) autorių metodika. Atsižvelgiant į tai, modelio rezultatai gali būti laikomi patikimu pagrindu tolesnei analizei, susijusiai su papildomų paaiškinamųjų veiksnių įvertinimu ir bazinio modelio rezultatų stabilumo aptarimu.

4.3. ARIMAX modelio rezultatų atsparumo analizė

Siekiant įvertinti bazinio ARIMAX modelio rezultatų atsparumą ir patikrinti, ar pagrindinės empirinės išvados nepriklauso nuo konkrečios modelio specifikacijos, šiame poskyryje atliekama alternatyvių ARIMAX modelių palyginamoji analizė. Atsparumo analizė leidžia įvertinti, ar

pagrindinių aiškinamųjų kintamųjų poveikio kryptis ir statistinis reikšmingumas išlieka stabilūs keičiant vidinę modelio struktūrą bei papildomų kintamųjų rinkinį.

Atsižvelgiant į tai, sudaryti keli alternatyvūs modeliai, lyginant su bazine specifikacija:

- 1) atsisakoma statistiškai nereikšmingų kintamųjų (Ukrainos naftos produktų importo, Lietuvoje taikomų akcizų);
- 2) įtraukiami papildomi makroekonominiai ir finansiniai rodikliai (EUR/USD kursas, ES ir Lietuvos BVP);
- 3) keičiama vidinė laiko eilutės struktūra, atsisakant autoregresinės dedamosios.

Toliau pateikiamoje lentelėje apibendrinti bazinio ir alternatyvių ARIMAX modelių rezultatai, akcentuojant pagrindinių energetinių ir makroekonominių veiksnių koeficientus bei vidinę modelio struktūrą.

5 lentelė. Bazinio ARIMAX modelio palyginimas su alternatyvių modelių rezultatais.

Modelis	AR (1) koef.	MA (1) koef.	"Brent" žaliavinės naftos kainos koef. (dln_Brent)	Lietuvos pramonės gamybos indekso koef. (dln_IPI)	Papildomi kintamieji	Akaike informacijos kriterijus (AIC)	Bajeso informacijos kriterijus (BIC)
Bazinis	0,168	-0,776 ***	-0,397 ***	2,791 ***	UA importas, LT akcizai	-39,51	27,75
Modelis 3	0,16	-0,768 ***	-0,392 ***	2,800 ***	-	-42,92	27,46
Modelis 4	0,165	-0,774 ***	-0,379 ***	2,783 ***	EUR/USD kursas	-41,05	27,52
Modelis 5	-	-0,673 ***	-0,405 ***	2,880 ***	-	-43,03	26,52
Modelis 8	0,187 *	-0,791 ***	-0,459 ***	2,657 ***	ES BVP	-42,59	28,29
Modelis 9	0,17	-0,762 ***	-0,456 ***	2,678 ***	LT BVP	-42,27	28,14

Pastaba. *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,1$

Palyginamoji analizė rodo, kad nepriklausomai nuo modelio specifikacijos „Brent“ žaliavinės naftos kainos ir Lietuvos pramonės gamybos indekso koeficientai išlieka panašūs pagal ženklą, dydį ir statistinį reikšmingumą. Visuose nagrinėjamuose modeliuose „Brent“ kainos pokyčiai pasižymi statistiškai reikšmingu neigiamu poveikiu Klaipėdos uosto naftos produktų krovos pokyčiams, o pramonės gamybos indeksas – reikšmingu teigiamu poveikiu. Tai rodo, kad pagrindinės empirinės išvados nėra jautrios papildomų kintamųjų įtraukimui.

Papildomų makroekonominių ir finansinių rodiklių, tokių kaip EUR/USD kursas, ES ar Lietuvos BVP, įtraukimas nelemia statistiškai reikšmingo pokyčio ir nepagerina modelių kriterijų reikšmių. Priešingai, sudėtingesnės specifikacijos dažnai pasižymi prastesnėmis Akaike ir Bajeso informacijos kriterijų reikšmėmis, pavyzdžiui lyginant su baziniu modeliu AIC (-39,51) ir BIC (27,75) rodikliai blogesni lyginant su 5 modelio rezultatu (atitinkamai -43,03 ir 26,52), tai parodo, jog papildomi kintamieji nepagerina modelio rodiklių.

5 modelio rodikliai geriausi vertinant su alternatyvių modelių rezultatais. Atsisakoma autoregresinės dedamosios (AR(1)), tačiau išlaikomas statistiškai reikšmingas slankiojo vidurkio komponentas (MA(1)). Papildomi kintamieji nevertinami. Pagal gautus rezultatus galima teigti, kad ši modelio specifikacija empiriškai efektyviausia alternatyva.

Galima teigti, kad atlikta atsparumo analizė patvirtina bazinio ARIMAX modelio rezultatų patikimumą. Pagrindinės išvados dėl „Brent“ žaliavinės naftos kainos ir Lietuvos pramonės gamybos indekso veiksnių poveikio Klaipėdos uosto naftos produktų krovos dinamikai išlieka panašiam lygyje keičiant modelio struktūrą ir papildomų kintamųjų rinkinį. Atsparumo analizė parodė, kad tinkamiausias modelis tolimesnei diskusijai yra 5 modelis.

4.4. Tyrimo rezultatų diskusija

Tyrimas parodė, kad Klaipėdos uosto naftos produktų krovos santykinų mėnesinių pokyčių dinamiką reikšmingai veikia tiek išoriniai ekonominiai veiksniai, tiek vidiniai trumpalaikiai svyravimai. Taikant bazinį ir alternatyvius ARIMAX modelius nustatyta, kad du paaiškinamieji kintamieji – „Brent“ žaliavinės naftos kainos pokyčiai ir Lietuvos pramonės gamybos indekso pokyčiai – pasižymi stabiliais, statistiškai reikšmingais ir ekonomiškai interpretuojamais poveikiais visose nagrinėtose modelio specifikacijose.

„Brent“ žaliavinės naftos kainos koeficientas visuose modeliuose yra neigiamas ($-0,4\sim$) ir statistiškai reikšmingas, o tai rodo, kad spartesnis žaliavinės naftos kainų augimas siejamas su mažesniais naftos produktų krovos pokyčiais trumpuoju laikotarpiu. Šis rezultatas dera su ankstesniais tyrimais, kurie rodo, kad energijos kainų svyravimai veikia laivybos ir logistikos sektorių ne tiesiogiai per krovos apimtį, o per paklausos, sąnaudų ir rinkos lūkesčių veiksmus. Pavyzdžiui, Park ir kt. (2023) pabrėžia, kad energijos kainų šokai, kartu su pasiūlos inertiškumu, lemia reikšmingus frachtų tarifų svyravimus, kurie netiesiogiai atspindi laivybos ir logistikos sektoriaus reakciją į kainų ciklus, net ir esant santykinai stabiliems prekybos srautams.

Didėjant „Brent“ kainai, auga žaliavos įsigijimo ir perdirbimo sąnaudos, o tai gali riboti naftos perdirbimo apimtį arba mažinti eksportuojamų produktų konkurencingumą. Tokiomis sąlygomis dalis produkcijos gali būti nukreipama į vidaus rinką arba bendra gamyba gali būti ribojama. Galima daryti prielaidą, kad tai galiausiai atspindi mažesniuose naftos produktų srautuose per Klaipėdos uostą. Atvirkščiai, lėtesnis naftos kainų augimas ar jų mažėjimas sudaro palankesnes sąlygas didesniai eksportui ir intensyvesnei krovos veiklai.

Šiame tyrime vertinami ne absoliutūs žaliavinės naftos kainų lygiai, o jų santykiniai mėnesiniai pokyčiai. Todėl nustatytas ryšys atspindi kainų dinamikos poveikį trumpalaikiams krovos svyravimams, o ne ilgalaikį kainų lygio ir krovos apimčių santykį. Gautus rezultatus galima vertinti kaip kainų šokų ir jų poveikį krovos dydžiams, o ne kaip automatinę reakciją į aukštą ar žemą kainų lygį. Tai patvirtina ir tai, kad modelyje naudojami logaritminiai pirmųjų skirtumų kintamieji: pavyzdžiui, 10 % žaliavinės naftos kainos padidėjimas siejamas su maždaug 4 % mažesniu naftos produktų krovos pokyčiu trumpuoju laikotarpiu.

Tuo tarpu Lietuvos pramonės gamybos indekso pokyčiai visuose modeliuose pasižymi teigiamu ($2,8\sim$) ir statistiškai reikšmingu poveikiu, leidžiančiu teigti, kad spartėjantis pramonės aktyvumas yra susijęs su didesniais naftos produktų krovos svyravimais. Šis ryšys gali būti aiškinamas per kelis ekonominius veiksmus. Didesnis pramonės aktyvumas reiškia didesnę energijos ir degalų poreikį,

kuris skatina vidaus vartojimą ir naftos produktų gamybą. Pramonės augimas dažnai siejamas su aktyvesne prekyba ir logistika, tai didina uostų vaidmenį prekių, tame tarpe ir naftos produktų, tiekimo grandinėse.

Analogiškai, kaip žaliavinės naftos kainai, vertinamas ne pramonės gamybos indekso lygis, o jo trumpalaikiai pokyčiai. Tai reiškia, kad nustatytas teigiamas ryšys atspindi ne ilgalaikę struktūrinę priklausomybę tarp pramonės ir uosto krovos, bet jautrumą trumpalaikiams ekonominio aktyvumo pagreitėjimams ar sulėtėjimams. Net ir tais laikotarpiais, kai ilgalaikės šių rodiklių tendencijos skiriasi, spartesni pramonės gamybos augimo epizodai yra susiję su didesniais krovos pokyčiais per uostą. Empiriniai rezultatai rodo, kad 1 % pramonės gamybos indekso padidėjimas siejamas su maždaug 2,7-2,9 % didesniu naftos produktų krovos pokyčiu, todėl net trumpalaikiai pramonės aktyvumo pagreitėjimai turi reikšmingą poveikį krovos dinamikai.

Šį rezultatą galima sieti su Chen ir kt. (2025) pateiktais empiriniais įrodymais, kad jūrinės rizikos (MRI) šokai trumpuoju laikotarpiu neigiamai veikia makroekonominis rodiklius, įskaitant pramonės gamybą. Autoriai rodo, kad po MRI šoko pramonės gamybos indeksas (IPI) statistiškai reikšmingai sumažėja, tačiau poveikis yra laikinas ir vėliau gana greitai išnyksta. Tai leidžia IPI interpretuoti kaip ekonominio aktyvumo būklės indikatorius, kurio trumpalaikiai svyravimai atspindi išorinių sukrėtimų poveikį realiajai ekonomikai (Chen et al., 2025).

Pramonės gamybos indeksas, kaip agreguotas makroekonominis rodiklis, neatskleidžia konkrečių struktūrinių ryšių tarp Klaipėdos uosto ir pagrindinių naftos produktų srautų formuotojų. Klaipėdos uosto atveju vienas svarbiausių struktūrinių veiksnių yra Orlen Lietuva naftos perdirbimo gamyklos veikla, kurios gamybos apimtys, eksporto kryptys ir logistiniai sprendimai turi tiesioginį poveikį naftos produktų srautams per uostą.

Vidinė laiko eilutės dinamika daugelyje modelių specifikacijų pasireiškia per statistiškai reikšmingą slankiojo vidurkio MA(1) komponentą (-0,7~), tuo tarpu autoregresinė dedamoji AR(1) dažniausiai nėra statistiškai reikšminga. Atsisakius autoregresinės dedamosios komponento – 5 modelio tinkamumas ir rodikliai nesuprastėjo. Tai parodo, kad krovos pokyčiai nėra stipriai inertiški ir nėra tiesiogiai nulemti ankstesnio laikotarpio pokyčių dydžio, tačiau trumpalaikiai netikėti svyravimai turi įtakos vėlesniems laikotarpiams. Praktinė prasme tai reiškia, kad vien tai, jog krova augo ar mažėjo praėjusį mėnesį, savaime nesuteikia pakankamos informacijos apie dabartinį krovos pokytį.

Tuo tarpu slankiojo vidurkio rodiklis rodo, kad netikėti trumpalaikiai krovos svyravimai turi įtakos vėlesniems laikotarpiams. Šį ryšį patvirtina neigiamas ir didelės reikšmės MA(1) koeficientas (apie -0,7), rodantis, kad didelė dalis netikėto krovos pokyčio vienu laikotarpiu yra kompensuojama priešingos krypties judėjimu kitame laikotarpyje. Tokia rezultatų interpretacija dera Hyndman ir Athanasopoulos (2021) pateikiamu ARIMA modelių aiškinimu, kad slankiojo vidurkio komponentai atspindi reakciją į netikėtus trumpalaikius šokus, o autoregresinė struktūra fiksuoja inerciją. Tai leidžia interpretuoti reikšmingą MA(1) komponentą kaip veiksnį, jog krovos dinamikoje svarbesni trumpalaikiai netikėti impulsai nei pastovi vidinė inercija.

Papildomų makroekonominių ir finansinių kintamųjų – Ukrainos naftos produktų importo, Lietuvos akcizų dydžio, EUR/USD valiutos kurso, ES ir Lietuvos BVP – įtraukimas į modelį nepagerino rezultatų statistiniu požiūriu. Atsparumo analizė parodė, kad pagrindinės empirinės išvados išlieka panašios nepriklausomai nuo konkrečios modelio specifikacijos, o empiriškai efektyviausia

alternatyva pagal Akaike ir Bajeso informacijos kriterijus yra paprastesnė modelio forma be autoregresinės dedamosios (AR(1)).

Gauti statistiškai pagrįsti rezultatai, turi keletą metodologinių ribojimų, kuriuos reikalinga įvardyti siekiant korektiškai interpretuoti gautas išvadas.

Makroekonominiai rodikliai – Ukrainos naftos produktų importo ir BVP buvo transformuoti iš žemesnio dažnio duomenų į mėnesinę formą taikant proporcinį paskirstymą dalinant iš 12 mėnesių. Toks sprendimas leidžia naudoti duomenis ARIMAX modelio struktūroje, tačiau kartu eliminuoja faktinę mėnesinę dinamiką ir sezoniškumą, todėl šių rodiklių trumpalaikis poveikis gali būti nepakankamai tiksliai įvertintas.

Ribotai viešai prieinami duomenys, konkrečiai naftos perdirbimo maržų ir tanklaivių frachtų indeksų. Papildomai buvo atlikta dyzelino ir benzino vidutinių kainų paieška siekiant išskaičiuoti apytikslę perdirbimo maržą iš naftos produktų kainos atėmus „Brent“ žaliavinės naftos kainą. Tačiau duomenų rėžis buvo nepakankamas (2020-2024 m.) analizuojant pasirinktą laikotarpį. Kaip pakaitalas šiems rodikliams buvo panaudotas Pramonės gamybos indeksas.

Klaipėdos uostas nagrinėjamas kaip vientisas objektas, neatskiriant atskirų terminalų, naftos perdirbimo įmonių ar produktų segmentų. Galimi skirtingų naftos produktų (mazuto, dyzelino, benzino ar kt.) krovos pokyčiai apjungiami į vieną agreguotą rodiklį – uosto krovą. Tai gali paslėpti konkrečių produktų reakciją į ekonominių veiksnių pokyčius. Be to, modelis tiesiogiai neįtraukia struktūrinių geopolitinių lūžių, tokių kaip Baltarusijos naftos produktų tranzito nutraukimas ar tarptautinių sankcijų poveikis regioniniams srautams. Šie veiksniai lėmė staigų ir ilgalaikį naftos produktų krovos sumažėjimą, kuris nebūtinai koreliuoja su trumpalaikiais kainų ar makroekonominiais svyravimais.

Nepaisant šių ribojimų, rezultatai dera su teoriniais ir empiriniais tyrimais, nagrinėjančiais energetikos kainų ciklų poveikį naftos produktų gamybai ir logistikai. Energetikos kainų svyravimai veikia ne tik kaip sąnaudų veiksnys, bet ir sprendimus dėl gamybos intensyvumo, atsargų valdymo bei eksporto krypties, todėl jų poveikis uostų krovos dinamikai dažnai pasireiškia būtent trumpalaikių svyravimų pavidalu.

4.5. Praktinis modelio naudojimas

Siekiant įvertinti empiriškai sudaryto ARIMAX modelio praktinį pritaikomumą, šiame poskyryje atliekamas modelio panaudojimo testas, apjungiant prognozavimo ir hipotetinės ekonominės aplinkos analizės elementus. Testo tikslas – patikrinti, kaip Klaipėdos uosto naftos produktų krova reaguoja į faktinius ir hipotetiškai pakeistus pagrindinius ekonominius veiksnius.

Modelis taikomas dviem praktiniais režimais: (1) išorinės imties prognozavimui ir (2) scenarijų simuliacijai, kai keičiamos paaiškinamųjų kintamųjų prielaidos. Abiem atvejais naudojami tie patys empirinėje dalyje įvertinti ARIMAX modelio parametrai, t. y. modelis laikomas „užfiksuotas“ (angl. fixed-parameters), o skiriasi tik tai, kokios paaiškinamųjų rodiklių reikšmės pateikiamos prognozavimo laikotarpiui.

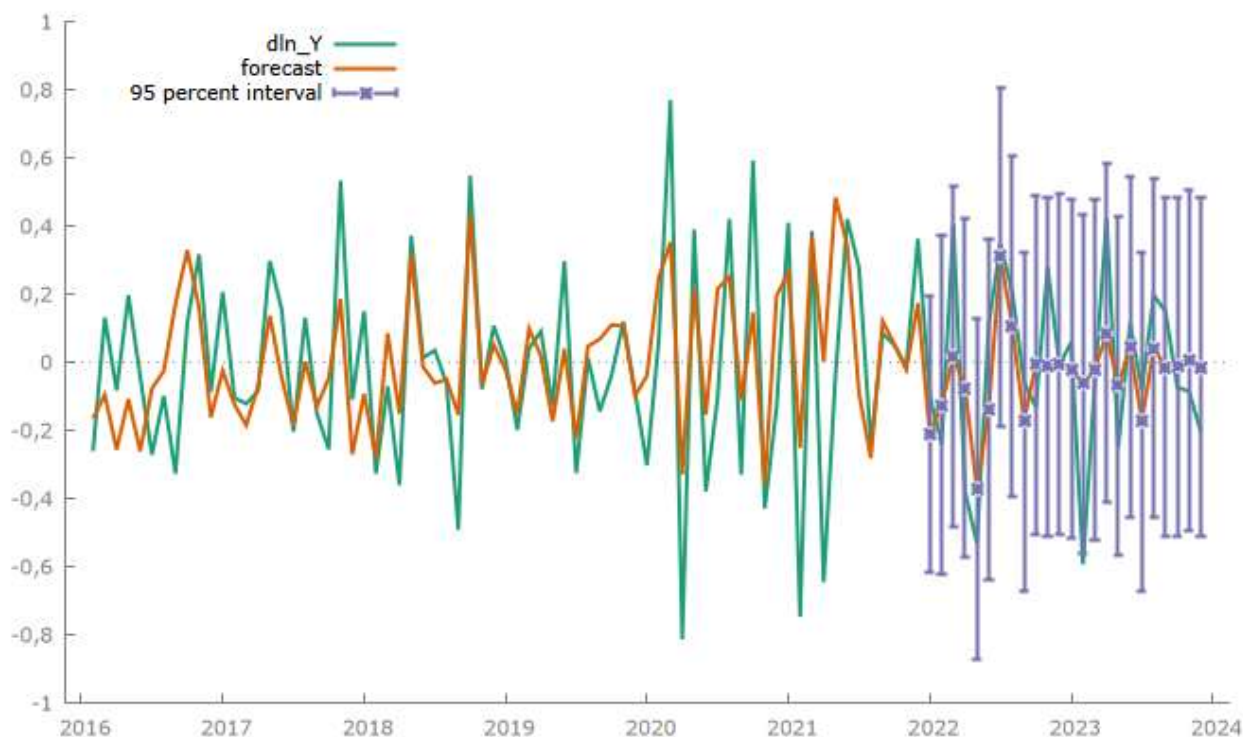
Išorinės imties prognozavimas (2022-2023 m.) atliekamas laikantis standartinės logikos: modelio koeficientai įvertinami naudojant 2010 m. vasario – 2021 m. gruodžio duomenis, o tuomet 2022-2023 m. laikotarpis paliekamas kaip nepriklausomas tikrinimo intervalas, kuriame vertinama prognozės

kokybė. Praktiniu požiūriu prognozė sudaroma taip, kad priklausomo kintamojo dinamika prognozavimo periode gaunama kartu naudojant ankstesnių laikotarpių priklausomo kintamojo inerciją (AR/MA dalį) ir tuo pačiu laikotarpiu pateikiamas paaiškinamųjų kintamųjų reikšmės.

Šiame tyrime prognozuojamas santykinis mėnesinis krovos pokytis (dln_Y), todėl ir paaiškinamieji kintamieji naudojami analogiško formato (logaritminiai pirmieji skirtumai). Toks formatas leidžia vertinti trumpalaikius reakcijos mechanizmus, tačiau kartu reiškia, kad prognozės tikslumas labai priklauso nuo to, ar prognozavimo laikotarpiu neįvyksta netipinių struktūrinių lūžių.

Scenarijų simuliacija yra antrasis praktinio taikymo režimas, kai prognozavimo laikotarpiui vietoje faktinių paaiškinamųjų kintamųjų reikšmių į modelį įrašomos hipotetinės reikšmės, atspindinčios pasirinktą ekonominį scenarijų. Tokiu atveju tikslas nėra „atspėti“ faktinę ateitį, o įvertinti, kaip pasikeistų prognozuojama krovos dinamika, jei ekonominė aplinka skirtųsi nuo stebėtos. Kiti elementai paliekami nepakitę. Taip gaunami du palyginami rezultatai: bazinė prognozė su faktinėmis paaiškinamųjų rodiklių reikšmėmis ir alternatyvus scenarijus su modifikuotomis prielaidomis, leidžiantis įvertinti modelyje užfiksuoto ryšio dydį ir kryptį.

Analizei naudojama empiriškai efektyviausia modelio specifikacija (5 modelis), kurios parametrai įvertinti taikant 2010 m. vasario – 2021 m. gruodžio laikotarpio duomenis. 2022-2023 m. laikotarpis pasirenkamas kaip išorinės imties testavimo intervalas. Pirmuoju etapu sudaroma bazinė prognozė, naudojant faktines „Brent“ žaliavinės naftos kainos ir Lietuvos pramonės gamybos indekso reikšmes. Prognozuotos krovos reikšmės lyginamos su faktiškai stebėta naftos produktų krova Klaipėdos uoste.



15 pav. Faktinės ir prognozuotos naftos produktų krovos pokyčių reikšmės su 95 % pasikliautiniais intervalais (2022-2023 m.).

Šaltinis: sudaryta autoriaus, naudojant „Gretl“ statistinę programą

Grafiko analizė rodo, kad ARIMAX (5 modelio) prognozės 2022-2023 m. laikotarpiu daugeliu atvejų teisingai atspindi faktinių krovos pokyčių kryptį, ypač tais mėnesiais, kai santykiniai svyravimai yra

vidutinio dydžio. Tai patvirtina, kad modelis geba identifikuoti pagrindinius trumpalaikius krovos dinamikos dėsningumus, susijusius su energetiniais ir makroekonominiais veiksniais.

Didžiausios prognozės paklaidos fiksuojamos laikotarpiais, pasižyminčiais staigiais ir netikėtais ekonominiais šokais, ypač 2022 m. pirmoje pusėje. Tokiais atvejais faktinės krovos pokyčių reikšmės dažniau patenka į 95 % pasikliautinio prognozės intervalo kraštines zonas arba trumpam jas viršija, kas rodo, kad ekstremalūs svyravimai sunkiai prognozuojami net ir taikant dinaminę ekonometrinę modelį.

Siekiant kiekybiškai įvertinti ARIMAX (5 modelio) prognozės tikslumą, papildomai apskaičiuotos išorinės imties (2022-2023 m.) prognozės paklaidos metrikos. Šie rodikliai leidžia objektyviai įvertinti prognozės nuokrypį nuo faktinių stebėjimų ir papildyti grafinę analizę skaitiniais kriterijais.

6 lentelė. ARIMAX (5 modelio) išorinės imties prognozės tikslumo metrikos (2022-2023 m.).

Rodiklis	Reikšmė
MAE	0,1658
RMSE	0,2068
MAPE	90,62%
Theil's U2	0,8553

Pastaba. Prognozės paklaidos apskaičiuotos lyginant prognozuotas ir faktines krovos santykinų mėnesinių pokyčių (dln_Y) reikšmes.

Vidutinė absoliutinė paklaida ($MAE = 0,1658$) rodo, kad modelio prognozės vidutiniškai nuo faktinių mėnesinių krovos pokyčių nukrypsta apie 0,17 logaritminio punkto. Šakninis vidutinis kvadratinis nuokrypis ($RMSE = 0,2068$), būdamas didesnis už MAE, leidžia teigti, kad prognozės paklaidas labiau veikia pavieniai didesnio masto svyravimai, ypač laikotarpiais su staigiais ekonominiais šokais.

Santykinė prognozės paklaida ($MAPE = 90,62\%$) yra didelė, tačiau tai būdinga modeliams, taikomiems santykiniams pokyčiams (logaritminiams skirtumams), kai faktinės reikšmės dažnai yra artimos nuliui. Tokiais atvejais net nedideli absoliutūs prognozės nuokrypiai lemia labai dideles procentines paklaidas, todėl MAPE šiame tyrime nėra tinkamiausias prognozės tikslumo rodiklis ir naudojamas tik kaip papildoma informacija. Theil'o U_2 koeficientas ($0,8553 < 1$) rodo, kad ARIMAX modelio prognozės yra tikslesnės nei naiviosios prognozės, paremtos paskutinio laikotarpio reikšmės ekstrapoliacija, o tai patvirtina modelio praktinį pritaikomumą trumpalaikiai krovos dinamikos analizei.

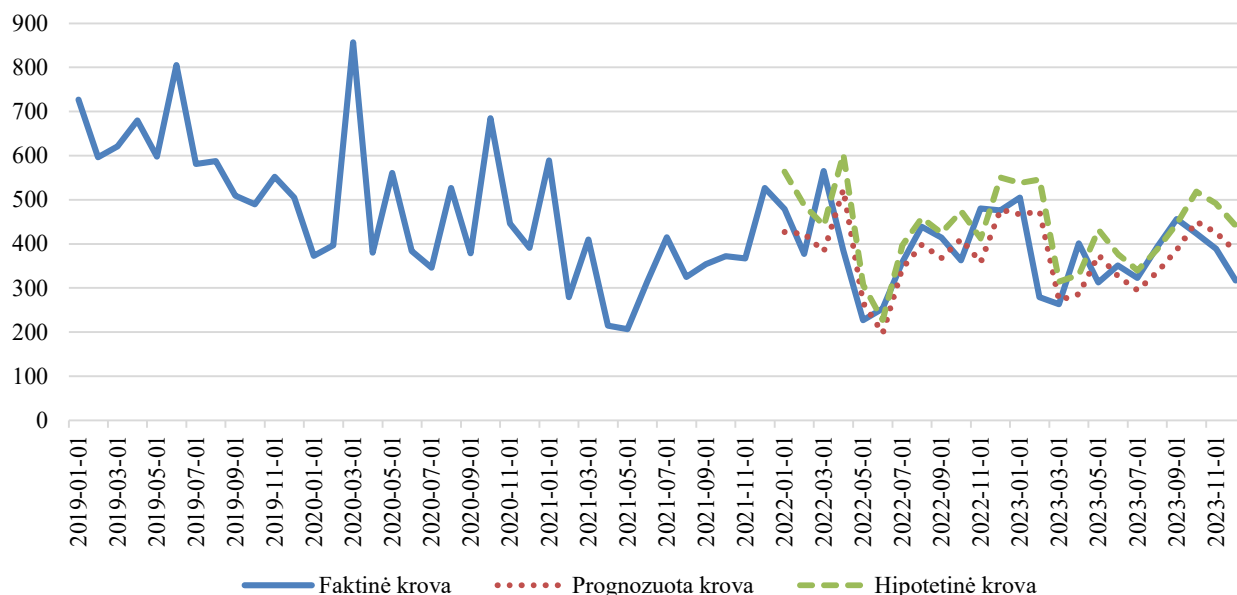
7 lentelė. Hipotetinės ekonominės situacijos scenarijaus prielaidos (2022-2023 m.).

Rodiklis	Bazinis scenarijus	Hipotetinis scenarijus
dln_IPI	faktinės reikšmės	5%
dln_Brent	faktinės reikšmės	-2 %
Modelio struktūra	ARIMAX (5)	ARIMAX (5)

Antruoju etapu atliekama hipotetinės ekonominės situacijos analizė, kurios metu daroma prielaida, kad Lietuvos pramonės gamybos indeksas būtų 5 % didesnis, o „Brent“ žaliavinės naftos kaina – 2 % mažesnė nei faktiškai stebėtos reikšmės. Šie pokyčiai įgyvendinami koreguojant atitinkamus

logaritminių pirmųjų skirtumų kintamuosius ($\ln_IPI$ ir $\ln_Brent$), išlaikant nepakitusią modelio struktūrą.

Svarbu paminėti, kad hipotetinės analizės rezultatai neturėtų būti interpretuojami kaip tiksli alternatyvios realybės prognozė. Šio scenarijaus paskirtis – iliustruoti modelyje užfiksuotų ryšių ekonominę prasmę ir įvertinti jų dydį bei kryptį. Tokiu būdu ARIMAX modelis veikia kaip jautrumo analizės priemonė, leidžianti įvertinti, koku mastu krovos dinamika trumpuoju laikotarpiu reaguoja į pasirinktų makroekonominių ir energetikos veiksnių pokyčius.



16 pav. Faktinės ir prognozuotos Klaipėdos uosto naftos produktų krovos palyginimas pagal 5 ARIMAX modelį (2022-2023 m.).

Šaltinis: sudaryta autoriaus, naudojant „Gretl“ statistinę programą

Grafike pateiktos trys laiko eilutės: faktinė naftos produktų krova, baziniu scenarijumi prognozuota krova, naudojant faktines „Brent“ kainos ir pramonės gamybos indekso reikšmes (Y_{sim}), bei hipotetinėmis ekonominėmis sąlygomis prognozuota krova (Y_{scn}).

Rezultatų palyginimas rodo, kad hipotetinėmis ekonominėmis sąlygomis prognozuota krova didžiąją laikotarpio dalį viršija bazinę prognozę, sudarytą naudojant faktinius makroekonominius rodiklius. Priklausomai nuo mėnesio, hipotetinė krova yra maždaug 5–15 % didesnė, ypač tais laikotarpiais, kai pramonės aktyvumas yra didesnis, o žaliavinės naftos kainų spaudimas silpnėja. Tai atspindi modelyje įvertintą teigiamą pramonės gamybos indekso poveikį ir neigiamą „Brent“ kainos poveikį naftos produktų krovos dinamikai.

Testas parodo, kad ARIMAX modelis gali būti taikomas ne tik retrospektyvinei analizei, bet ir kaip pagalbinė priemonė vertinant galimus ekonominės aplinkos pokyčius. Modelis leidžia analizuoti, kaip santykiniai makroekonominių ir energetikos veiksnių pasikeitimai trumpuoju laikotarpiu veikia naftos produktų krovos dinamiką. Svarbu paminėti, kad modelio rezultatai turi būti interpretuojami sąlygiškai: jis remiasi istoriškai susiformavusiais ryšiais ir fiksuota struktūra, todėl negali savarankiškai numatyti ar paaiškinti netipinių struktūrinių lūžių, atsirandančių dėl staigių aplinkos pokyčių. Dėl šios priežasties ARIMAX modelis šiame tyrime vertinamas ne kaip ilgalaikio lygio

prognozavimo įrankis, o kaip analitinė priemonė, padedanti įvertinti kryptį, reakcijos stiprumą ir jautrumą kintančiai ekonominei aplinkai.

Išvados

1. Naftos produktų krovos dinamika Klaipėdos uoste 2008-2024 m. pasižymėjo ryškiu nepastovumu ir struktūriniais lūžiais, kurių neįmanoma paaiškinti vien tradiciniais ekonominio ciklo mechanizmais. Identifikuoti du esminiai lūžiai – 2013-2014 m. ir 2020-2021 m. – rodo, kad energetinių krovinių srautai yra itin jautrūs geopolitiniais, pandeminiams ir reguliaciniams šokams. Po 2021 m. stebima nauja, žemesnė krovos pusiausvyra patvirtina struktūrinius pokyčius Baltijos regiono energetikos logistikoje.
2. CPPI analizė parodė, kad Klaipėdos uosto operacinis efektyvumas nagrinėjamu laikotarpiu išliko stabilus, o tai leidžia daryti išvadą, jog krovos apimčių mažėjimas nebuvo sąlygotas infrastruktūrinių ar operacinių apribojimų. Tai patvirtina teorinę prielaidą, kad energetinių krovinių segmente krovos svyravimus pirmiausia lemia išoriniai ekonominiai, energetiniai ir geopolitiniai veiksniai, o ne uosto vidiniai pajėgumai.
3. Teorinė literatūros analizė patvirtino, kad uostų krovos dinamika formuojasi kaip daugialypė sistema, kurioje makroekonominiai rodikliai (ekonominis aktyvumas, pramonės gamyba), energetikos rinkų veiksniai (naftos kainos, perdirbimo maržos) ir geopolitiniai sukrėtimai veikia tiek tiesiogiai, tiek netiesiogiai per kainodarą, logistikos sprendimus ir maršrutų perskirstymą. Energetinių krovinių segmentas išsiskiria didesniu trumpalaikiu jautrumu kainų ir neapibrėžtumo šokams, palyginti su kitais krovinių tipais.
4. Didelė dalis literatūroje apžvelgtų empirinių tyrimų, nagrinėjančių energetikos rinkų ir uostų veiklos sąsajas, taiko VAR ar SVAR metodus, leidžiančius analizuoti abipusius veiksmų ryšius. Šiame darbe pasirinktas ARIMAX modelis, siekiant įvertinti, kaip išoriniai makroekonominiai ir energetikos veiksniai veikia Klaipėdos uosto naftos produktų krovos dinamiką, laikant krovą priklausomu kintamuoju. ARIMAX modelis leidžia atskirti krovos inerciją nuo išorinių veiksmų poveikio, todėl tinkamesnis trumpalaikių svyravimų analizei ir praktiniam taikymui.
5. Empirinė ARIMAX analizė parodė, kad Klaipėdos uosto naftos produktų krovos trumpalaikius svyravimus statistiškai reikšmingai veikia du pagrindiniai veiksniai: Lietuvos pramonės gamybos indekso pokyčiai (teigiamas poveikis) ir „Brent“ žaliavinės naftos kainos pokyčiai (neigiamas poveikis). Šie rezultatai išliko stabilūs taikant skirtingas modelio specifikacijas ir atlikus atsparumo analizę, o tai leidžia laikyti juos empiriškai patikimais.
6. Modelio vidinė struktūra atskleidė, kad krovos dinamika pasižymi ribota inercija, tačiau reikšmingais trumpalaikiais koregavimo mechanizmais. Statistiškai reikšmingas slankiojo vidurkio komponentas rodo, kad netikėti krovos šokai dažniausiai kompensuojami per vieną ar kelis vėlesnius laikotarpius. Tai patvirtina prielaidą, jog energetinių krovinių segmente sprendimai dėl gamybos, eksporto ir logistikos koreguojami operatyviai, reaguojant į rinkos signalus.
7. Papildomų makroekonominių ir fiskalinių rodiklių (BVP, akcizų, valiutų kursų, Ukrainos importo) poveikis trumpuoju laikotarpiu nebuvo statistiškai reikšmingas, o tai rodo, kad šių veiksmų įtaka greičiausiai pasireiškia ilgesniame laikotarpyje arba per netiesioginius kanalus. Tai pagrindžia sprendimą pagrindiniame modelyje koncentruotis į aukštesnio dažnio ir tiesiogiai su energetikos ciklais susijusius rodiklius.

8. Atliktas praktinis ARIMAX modelio taikymas parodė, kad modelis gali būti naudojamas kaip pagalbinė analitinė priemonė trumpalaikiams krovos svyravimams vertinti, ypač analizuojant alternatyvius ekonominės aplinkos scenarijus. Nors modelio prognozės pasižymi ribotu tikslumu ekstremalių šokų laikotarpiais, jis leidžia įvertinti ekonominių veiksnių poveikį ir yra tinkamas operaciniam planavimui bei jautrumo analizei.
9. Tyrimo rezultatai turi metodologinių ir duomenų apribojimų, susijusių su kai kurių rodiklių dažnio transformavimu, ribotu perdirbimo maržų ir tanklaivių frachtų duomenų prieinamumu bei agreguotu krovos rodiklio pobūdžiu. Todėl gautos išvados interpretuotinos kaip trumpalaikės dinamikos analizė, o ne ilgalaikės struktūrinės prognozės.
10. Ateities tyrimams tikslinga plėsti analizę, įtraukiant atskirų naftos produktų segmentus, terminalų lygmens duomenis, taip pat alternatyvius modelius, kurie leistų giliau įvertinti geopolitinių ir energetinių šokų poveikį uostų krovos elgsenai.

Literatūros sąrašas

1. Atlantic Council. (2024). Russia's shadow fleet: Risks and sanctions evasion. <https://www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/report/russias-shadow-fleet/>
2. Bai, X., Li, J., Wang, P. & Zaneti, F. (2024). The causal effect of global supply chain disruptions on inflation and output. *European Central Bank*. https://www.ecb.europa.eu/press/conferences/shared/pdf/20230831_inflation/Li_paper.en.pdf
3. Chang, C.-W., Hsueh, M.-H., Wang, C.-N., & Huang, C.-C. (2023). Exploring the Factors Influencing the Impact of the COVID-19 Pandemic on Global Shipping: A Case Study of the Baltic Dry Index. *Sustainability*, 15(14), 11367. <https://doi.org/10.3390/su151411367>
4. Chen, S., Meng, B., Qiu, B., & Kuang, H. (2025). Dynamic effects of maritime risk on macroeconomic and global maritime economic activity. *Transport Policy*, 167, 246–263. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2025.03.035>
5. Chen, F., Tang, J., Chen, J., Yin, S., Du, L., Fu, G., Xu, F., & Liang, X. (2024). Understanding the information of shock effects between energy commodity prices and maritime freight rates. *Frontiers in Energy Research*, 12. <https://www.frontiersin.org/journals/energy-research/articles/10.3389/fenrg.2024.1289327/full>
6. Clarksons Research. (2024). *Shipping intelligence network: Annual review 2024*. https://www.clarksons.com/media/iabfo121/clarkson_plc_annual_report_2024.pdf
7. De Santis, R. A. (2024). Supply chain disruption and energy supply shocks: Impact on euro-area output and prices. *International Journal of Central Banking*, 20(2), 191-234. <https://www.ijcb.org/journal/ijcb24q2a5.pdf>
8. Degiuli, N., Medica, V., & Farkas, A. (2024). Slow steaming as a sustainable measure for low-carbon container shipping. *Sustainability*, 16(24), 11169. <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/24/11169>
9. Delfin-Ortega, O., Ipince, A., & Pinto, H. (2025). Maritime logistics and economic growth in the context of APEC. *Journal of Shipping and Trade*, 10, 8. <https://doi.org/10.1186/s41072-024-00191-y>
10. European Central Bank. (2025). *Euro foreign exchange reference rates*. https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.lt.html
11. European Central Bank. (2024). *Economic Bulletin, Issue 6/2024*. <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/ecbu/eb202406.en.pdf>
12. European Commission. (2025). FAQ – Maritime transport in the EU ETS. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport-decarbonisation/reducing-emissions-shipping-sector/faq-maritime-transport-eu-emissions-trading-system-ets_en
13. European Maritime Safety Agency. (2023). Annual overview of marine casualties and incidents 2023. <https://emsa.europa.eu/publications/item/4400-annual-overview-of-marine-casualties-and-incidents-2023.html>
14. European Parliament & Council. (2023). Regulation (EU) 2023/1805 on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport (FuelEU Maritime). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1805>
15. Eurostat. (2024). *Europos Sąjungos statistikos duomenų bazė*. <https://ec.europa.eu/eurostat>

16. Federal Reserve Bank of St. Louis. (2025). Global price of Brent crude (POILBREUSDM). <https://fred.stlouisfed.org/series/POILBREUSDM>
17. Financial Times. (2024, Jun 24). *Russia's shadow fleet grows despite western crackdown*. <https://www.ft.com/content/fbad4462-5ed8-4f75-80d7-79459607277c>
18. Flodén, J., Zetterberg, L., Christodoulou, A., Parsmo, R., Fridell, E., Hansson, J., Rootzén, J., & Woxenius, J. (2024). Shipping in the EU emissions trading system: implications for mitigation, costs and modal split. *Climate Policy*, 24(7), 969-987. <https://doi.org/10.1080/14693062.2024.2309167>
19. Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). *Forecasting: Principles and practice (3rd ed.)*. <https://otexts.com/fpp3/>
20. International Energy Agency. (2020). *Oil Market Report 2020*. <https://www.iea.org/reports/oil-market-report-april-2020>
21. International Energy Agency. (2023). *Oil Market Report 2023*. <https://www.iea.org/reports/oil-market-report-december-2023>
22. International Energy Agency. (2025). *Oil Market Report – April 2025*. <https://www.iea.org/reports/oil-market-report-april-2025>
23. International Energy Agency. (2025). *Oil in Ukraine*. <https://www.iea.org/countries/ukraine/oil>
24. International Maritime Organization. (2023). 2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships (MEPC 80). https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/MediaCentre/PressBriefings/Documents/2023%20Strategy%20on%20Reduction%20of%20GHG%20emissions%20from%20ships%20as%20adopted%20subject%20to%20any%20final%20editorials_.pdf
25. Jeon, J., Iris, Ç., Hong, S., & Lyons, A. (2025). Box rates unveiled: Predictive analytics for ocean freight rates with system dynamics and text mining under supply chain disruptions. *International Journal of Production Economics*, 286, Article 109669. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2025.109669>
26. Kasimati, E., & Veraros, N. (2025). An Empirical Model of the Dry-Bulk Shipping Market. *Applied Economics*, 1-12. <https://doi.org/10.1080/00036846.2025.2504207>
27. Khan, K., Khurshid, A., & Cifuentes-Faura, J. (2025). The dynamic interaction between oil prices and freight rates in maritime trade: a bootstrap rolling window approach. *European Transport Research Review*, 17(1), Article 55. <https://doi.org/10.1186/s12544-025-00737-6>
28. Kim, H.-S., Kim, D.-H., & Choi, S.-Y. (2025). Baltic dry index forecast using financial market data: Machine learning methods and SHAP explanations. *PloS One*, 20(7), Article 0325106. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0325106>
29. Kotzampasakis, M. (2025). Maritime emissions trading in the EU: Systematic literature review and policy assessment. *Transport Policy*, 165, 28-41. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2025.02.014>
30. Lietuvos Respublikos Seimas. (2025). *Lietuvos Respublikos akcizų įstatymas (aktuali redakcija)*. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.154511/asr>
31. Lugovskyy, V., Skiba, A., & Ternier, D. (2025). Unintended consequences of environmental regulation of maritime shipping: Carbon leakage to air shipping. *Journal of International Economics*, 155, Article 104081. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2025.104081>

32. Notteboom, T., Pallis, T., & Rodrigue, J.-P. (2021). Disruptions and resilience in global container shipping and ports: The COVID-19 pandemic versus the 2008-2009 financial crisis. *Maritime Economics & Logistics*, 23, 179-210. <https://doi.org/10.1057/s41278-020-00180-5>
33. Oxford Institute for Energy Studies. (2023). *Oil markets in 2023: The year of the aftershocks*. <https://www.oxfordenergy.org/publications/oil-markets-in-2023-the-year-of-the-aftershocks/>
34. Park, S., Kwon, J., Kim, H., Ryu, H., & Kim, T. (2024). Effect of macroeconomic shocks on the shipping market: Focusing on COVID-19 pandemic. *Asian Journal of Shipping and Logistics*, 40(2), 89-102. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2024.02.001>
35. Park, S., Kim, H., & Kwon, J. (2023). The impacts of demand and supply shocks in the dry bulk shipping market. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 39(1), 13–22. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2022.10.004>
36. Pepur, P., Peronja, I., & Laća, S. (2022). Global market factors that impact Baltic Dry Index. *Pomorstvo (Rijeka : 1999)*, 36(2), 242-248. <https://doi.org/10.31217/p.36.2.8>
37. Pulido, J. (2023). Pandemic-induced increases in container freight rates and welfare. *Bank for International Settlements Working Paper*. No. 1132. <https://www.bis.org/publ/work1132.pdf>
38. S&P Global Commodity Insights. (2023). *Europe's new diesel suppliers*. <https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/news-research/latest-news/crude-oil/111623-europes-diesel-market-seen-firm-ahead-of-first-winter-without-russian-supply>
39. Tarkun, S. (2025). The impact of oil supply surprises on maritime transport: a temporal and sectoral analysis. *Review of World Economics*, 161(4), 1501-1525. <https://doi.org/10.1007/s10290-025-00596-2>
40. Tran, T., Morimoto, S., & Shibasaki, R. (2025). Modeling global and regional economic impacts of greenhouse gas pricing on international shipping and policy implications. *Ocean & Coastal Management*, 269, Article 107804. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2025.107804>
41. UNCTAD. (2024). *Review of maritime transport 2024: Navigating maritime chokepoints*. <https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2024>
42. U.S. Department of Transportation. (2023). *Decarbonizing the Maritime Shipping Industry*. <https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/2023-09/OSTX-Momentum-Toolkit-Maritime-Shipping.pdf>
43. U.S. Energy Information Administration. (2025). *Europe Brent spot price*. <https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=RB RTE&f=M>
44. Vakili, S., Millward, H., & MacDonald, R. (2023). Assessing the macroeconomic and social impacts of slow steaming on states. *Journal of Shipping and Trade*, 8(1), 13. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9968635/>
45. World Bank. (2024). *The Container Port Performance Index 2023: A comparable assessment based on vessel time in port*. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099060324114539683/pdf/P17583313892300871be641a5ea7b90e0e6.pdf>
46. World Bank & S&P Global Market Intelligence. (2025). *The Container Port Performance Index 2020-2024: Trends and lessons learned*. <https://www.worldbank.org/en/topic/transport/publication/cppi-2024>

Priedai

1 priedas. Bazinio ARIMAX modelio specifikacija ir įverčiai („Gretl“)

Model 1: ARMAX, using observations 2010:02-2023:12 (T = 167)

Dependent variable: dln_Y

Standard errors based on Hessian

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>z</i>	<i>p-value</i>	
const	-0,0142614	0,00511009	-2,791	0,0053	***
phi_1	0,167514	0,114058	1,469	0,1419	
theta_1	-0,775832	0,0769223	-10,09	<0,0001	***
dln_Brent	-0,396471	0,109303	-3,627	0,0003	***
dln_IPI	2,79131	0,435620	6,408	<0,0001	***
dln_Excise	-0,136353	1,07853	-0,1264	0,8994	
dln_UAimp	0,295847	0,385114	0,7682	0,4424	
Mean dependent var	-0,005322	S.D. dependent var		0,273578	
Mean of innovations	-0,000865	S.D. of innovations		0,204512	
R-squared	0,437968	Adjusted R-squared		0,420513	
Log-likelihood	27,75255	Akaike criterion		-39,50511	
Schwarz criterion	-14,56116	Hannan-Quinn		-29,38091	

		<i>Real</i>	<i>Imaginary</i>	<i>Modulus</i>	<i>Frequency</i>
AR					
	Root 1	5,9697	0,0000	5,9697	0,0000
MA					
	Root 1	1,2889	0,0000	1,2889	0,0000

Test for ARCH of order 12 -

Null hypothesis: no ARCH effect is present

Test statistic: LM = 17,9965

with p-value = $P(\text{Chi-square}(12) > 17,9965) = 0,115798$

2 priedas. ARIMAX modelių specifikacijos ir įverčiai („Gretl“)

Model 3: ARMAX, using observations 2010:02-2023:12 (T = 167)

Dependent variable: dln_Y

Standard errors based on Hessian

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>z</i>	<i>p-value</i>	
const	−0,0136809	0,00469793	−2,912	0,0036	***
phi_1	0,159787	0,111659	1,431	0,1524	
theta_1	−0,767852	0,0745533	−10,30	<0,0001	***
dln_Brent	−0,391635	0,109524	−3,576	0,0003	***
dln_IPI	2,80029	0,432581	6,473	<0,0001	***

Mean dependent var	−0,005322	S.D. dependent var	0,273578
Mean of innovations	−0,000832	S.D. of innovations	0,204880
R-squared	0,435908	Adjusted R-squared	0,425526
Log-likelihood	27,46019	Akaike criterion	−42,92038
Schwarz criterion	−24,21241	Hannan-Quinn	−35,32723

	<i>Real</i>	<i>Imaginary</i>	<i>Modulus</i>	<i>Frequency</i>
AR				
Root 1	6,2583	0,0000	6,2583	0,0000
MA				
Root 1	1,3023	0,0000	1,3023	0,0000

Model 4: ARMAX, using observations 2010:02-2023:12 (T = 167)

Dependent variable: dln_Y

Standard errors based on Hessian

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>z</i>	<i>p-value</i>	
const	−0,0139068	0,00465237	−2,989	0,0028	***
phi_1	0,165038	0,112120	1,472	0,1410	
theta_1	−0,774264	0,0755873	−10,24	<0,0001	***
dln_Brent	−0,379426	0,114434	−3,316	0,0009	***
dln_IPI	2,78317	0,435988	6,384	<0,0001	***
dln_EURUSD	−0,193849	0,543338	−0,3568	0,7213	

Mean dependent var	−0,005322	S.D. dependent var	0,273578
Mean of innovations	−0,000951	S.D. of innovations	0,204794
R-squared	0,436376	Adjusted R-squared	0,422460
Log-likelihood	27,52328	Akaike criterion	−41,04655
Schwarz criterion	−19,22059	Hannan-Quinn	−32,18788

	<i>Real</i>	<i>Imaginary</i>	<i>Modulus</i>	<i>Frequency</i>
AR				
Root 1	6,0592	0,0000	6,0592	0,0000
MA				
Root 1	1,2915	0,0000	1,2915	0,0000

Model 5: ARMAX, using observations 2010:02-2023:12 (T = 167)

Dependent variable: dln_Y

Standard errors based on Hessian

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>z</i>	<i>p-value</i>	
const	−0,0138457	0,00548094	−2,526	0,0115	**
theta_1	−0,673031	0,0714848	−9,415	<0,0001	***
dln_Brent	−0,405329	0,108583	−3,733	0,0002	***
dln_IPI	2,87953	0,427684	6,733	<0,0001	***

Mean dependent var	−0,005322	S.D. dependent var	0,273578
Mean of innovations	−0,000700	S.D. of innovations	0,206072
R-squared	0,430149	Adjusted R-squared	0,423200
Log-likelihood	26,51721	Akaike criterion	−43,03441
Schwarz criterion	−27,44444	Hannan-Quinn	−36,70679

	<i>Real</i>	<i>Imaginary</i>	<i>Modulus</i>	<i>Frequency</i>
MA				
Root 1	1,4858	0,0000	1,4858	0,0000

Model 8: ARMAX, using observations 2010:02-2023:12 (T = 167)

Dependent variable: dln_Y

Standard errors based on Hessian

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>z</i>	<i>p-value</i>	
const	−0,0151039	0,00453299	−3,332	0,0009	***
phi_1	0,186829	0,112966	1,654	0,0982	*
theta_1	−0,790929	0,0743585	−10,64	<0,0001	***
dln_Brent	−0,458579	0,119413	−3,840	0,0001	***
dln_IPI	2,65732	0,450070	5,904	<0,0001	***
dln_EU27GDP	1,63904	1,26904	1,292	0,1965	

Mean dependent var	−0,005322	S.D. dependent var	0,273578
Mean of innovations	−0,000844	S.D. of innovations	0,203835
R-squared	0,441717	Adjusted R-squared	0,427932
Log-likelihood	28,29277	Akaike criterion	−42,58553
Schwarz criterion	−20,75958	Hannan-Quinn	−33,72686

	<i>Real</i>	<i>Imaginary</i>	<i>Modulus</i>	<i>Frequency</i>
AR				
Root 1	5,3525	0,0000	5,3525	0,0000
MA				
Root 1	1,2643	0,0000	1,2643	0,0000

Model 9: ARMAX, using observations 2010:02-2023:12 (T = 167)

Dependent variable: dln_Y

Standard errors based on Hessian

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>z</i>	<i>p-value</i>	
const	−0,0201945	0,00744159	−2,714	0,0067	***
phi_1	0,170282	0,115632	1,473	0,1409	
theta_1	−0,761533	0,0789948	−9,640	<0,0001	***
dln_Brent	−0,456160	0,123948	−3,680	0,0002	***
dln_IPI	2,67816	0,444492	6,025	<0,0001	***

dln_LTGDP	2,34742	2,02968	1,157	0,2475
Mean dependent var	−0,005322	S.D. dependent var	0,273578	
Mean of innovations	−0,000691	S.D. of innovations	0,204075	
R-squared	0,440416	Adjusted R-squared	0,426599	
Log-likelihood	28,13575	Akaike criterion	−42,27150	
Schwarz criterion	−20,44554	Hannan-Quinn	−33,41282	

		<i>Real</i>	<i>Imaginary</i>	<i>Modulus</i>	<i>Frequency</i>
AR					
	Root 1	5,8726	0,0000	5,8726	0,0000
MA					
	Root 1	1,3131	0,0000	1,3131	0,0000

3 priedas. Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcijos naftos produktų krova

Metai	Sausis	Vasaris	Kovas	Balandis	Gegužė	Birželis	Liepa	Rugpjūtis	Rugsėjis	Spalis	Lapkritis	Gruo- dis	Iš viso, tūkst. t
2008	783	857	946	791	860	934	647	724	633	499	828	860	9 361
2009	953	727	652	578	933	849	791	768	685	597	826	870	9 228
2010	771	583	764	722	834	715	635	711	615	731	918	762	8 762
2011	873	830	602	698	855	936	713	682	635	789	765	762	9 139
2012	840	669	785	809	431	598	639	631	703	668	691	796	8 259
2013	815	806	952	630	498	474	663	471	448	481	289	540	7 067
2014	436	439	401	616	565	355	580	481	464	512	711	612	6 171
2015	697	599	487	766	847	692	817	715	444	461	591	875	7 989
2016	962	741	845	778	947	908	692	627	452	508	697	639	8 794
2017	785	707	626	575	774	905	738	841	723	560	954	855	9 043
2018	993	716	667	465	674	683	707	664	406	702	649	722	8 046
2019	727	596	621	680	598	805	581	588	509	490	552	505	7 252
2020	373	397	857	380	561	384	346	527	379	685	446	391	5 727
2021	589	279	410	215	207	315	415	325	354	372	367	527	4 375
2022	479	377	565	386	227	253	358	439	414	363	480	476	4 817
2023	505	279	263	401	313	351	323	393	456	424	389	317	4 415
2024	426	294	261	360	415	206	279	350	264	213	223	340	3 631
2025	321	350	375	239	372	388	242	266					2 554

4 priedas. Prognozuotos ir hipotetinės naftos produktų krovos duomenys (2022-2023 m.), tūkst. tonų.

Laikotarpis	Faktinė krova	Prognozuota krova (Y sim)	Hipotetinė krova (Y scn)
2022-01	479	428	564
2022-02	377	423	487
2022-03	565	383	442
2022-04	386	523	604
2022-05	227	266	307
2022-06	253	198	228
2022-07	358	344	397
2022-08	439	398	459
2022-09	414	369	425
2022-10	363	411	474
2022-11	480	358	413
2022-12	476	478	551
2023-01	505	467	538
2023-02	279	474	546
2023-03	263	273	315
2023-04	401	286	330
2023-05	313	375	432
2023-06	351	327	377
2023-07	323	295	340
2023-08	393	337	388
2023-09	456	387	447
2023-10	424	450	519
2023-11	389	426	491
2023-12	317	383	442

5 priedas. ARIMAX modelio trumpalaikių prognozių vertinimo rezultatai (dln_Y)

For 95% confidence intervals, $z(0,025) = 1,96$

dln_Y	prediction	std. error	95% interval
-------	------------	------------	--------------

Forecast evaluation statistics using 24 observations

Mean Error	0,016371
Root Mean Squared Error	0,2068
Mean Absolute Error	0,16581
Mean Percentage Error	55,281
Mean Absolute Percentage Error	90,619
Theil's U2	0,85534
Bias proportion, UM	0,0062669
Regression proportion, UR	0,042052
Disturbance proportion, UD	0,95168

6 priedas. Baziniai (netransformuoti) duomenys naudojami ARIMAX modeliuose

Data	Krova, tūkst. t.	EU27_GDP	LT_GDP	LT_IPI	Europe Brent Spot Price FOB (Dollars per Barrel)	Excise_E UR/1000l	UA_impor t_TJ	EUR/USD
2010-01-01	771	91,39	68,002	55,7	76,17	274,27	21035,8	1,42721
2010-02-01	583	91,39	68,002	57,4	73,75	274,27	21035,8	1,36857
2010-03-01	764	91,39	68,002	55,3	78,83	274,27	21035,8	1,35685217
2010-04-01	722	92,32	68,406	57	84,82	274,27	21035,8	1,34057
2010-05-01	834	92,32	68,406	58,1	75,95	274,27	21035,8	1,25653333
2010-06-01	715	92,32	68,406	59,2	74,76	274,27	21035,8	1,22085
2010-07-01	635	92,76	68,715	60,3	75,58	274,27	21035,8	1,277
2010-08-01	711	92,76	68,715	60,9	77,04	274,27	21035,8	1,28941818
2010-09-01	615	92,76	68,715	59	77,84	274,27	21035,8	1,3067
2010-10-01	731	93,32	69,835	64,8	82,67	274,27	21035,8	1,38978095
2010-11-01	918	93,32	69,835	62,1	85,28	274,27	21035,8	1,36609545
2010-12-01	762	93,32	69,835	64	91,45	274,27	21035,8	1,32201304
2011-01-01	873	94,24	71,904	65,5	96,52	302,08	27007,7	1,33596667
2011-02-01	830	94,24	71,904	64,8	103,72	302,08	27007,7	1,364895
2011-03-01	602	94,24	71,904	60,8	114,64	302,08	27007,7	1,39991739
2011-04-01	698	94,35	73,307	60,4	123,26	302,08	27007,7	1,44417895
2011-05-01	855	94,35	73,307	62,6	114,99	302,08	27007,7	1,43486364
2011-06-01	936	94,35	73,307	65,1	113,83	302,08	27007,7	1,43884091
2011-07-01	713	94,42	73,128	63,1	116,97	302,08	27007,7	1,42642857
2011-08-01	682	94,42	73,128	62,5	110,22	302,08	27007,7	1,43432174
2011-09-01	635	94,42	73,128	63,6	112,83	302,08	27007,7	1,377
2011-10-01	789	94,08	74,033	63,5	109,55	302,08	27007,7	1,37063333
2011-11-01	765	94,08	74,033	62,4	110,77	302,08	27007,7	1,35557273
2011-12-01	762	94,08	74,033	62,8	107,87	302,08	27007,7	1,31790476
2012-01-01	840	93,96	75,145	65,3	110,69	302,08	29120,1	1,29048636
2012-02-01	669	93,96	75,145	63,5	119,33	302,08	29120,1	1,32240952
2012-03-01	785	93,96	75,145	64,3	125,45	302,08	29120,1	1,3201
2012-04-01	809	93,66	75,363	66,4	119,75	302,08	29120,1	1,31617368
2012-05-01	431	93,66	75,363	52,1	110,34	302,08	29120,1	1,27889091
2012-06-01	598	93,66	75,363	63,9	95,16	302,08	29120,1	1,25262857
2012-07-01	639	93,55	77,092	66	102,62	302,08	29120,1	1,22884545
2012-08-01	631	93,55	77,092	69,3	113,36	302,08	29120,1	1,23999565
2012-09-01	703	93,55	77,092	67,8	112,86	302,08	29120,1	1,28557
2012-10-01	668	93,13	77,568	69,2	111,71	302,08	29120,1	1,29741739
2012-11-01	691	93,13	77,568	67,3	109,06	302,08	29120,1	1,28277273
2012-12-01	796	93,13	77,568	67,8	109,49	302,08	29120,1	1,31193684
2013-01-01	815	92,9	78,033	69,8	112,96	330,17	25280,5	1,32880455
2013-02-01	806	92,9	78,033	67,4	116,05	330,17	25280,5	1,335905
2013-03-01	952	92,9	78,033	72,2	108,47	330,17	25280,5	1,29636
2013-04-01	630	93,5	78,893	69	102,25	330,17	25280,5	1,3026
2013-05-01	498	93,5	78,893	63	102,56	330,17	25280,5	1,29820455
2013-06-01	474	93,5	78,893	64,9	102,92	330,17	25280,5	1,318875
2013-07-01	663	93,84	80,009	65,7	107,93	330,17	25280,5	1,30801304
2013-08-01	471	93,84	80,009	68,3	111,28	330,17	25280,5	1,33095
2013-09-01	448	93,84	80,009	68	111,6	330,17	25280,5	1,33479048

2013-10-01	481	94,09	80,679	67,8	109,08	330,17	25280,5	1,36349565
2013-11-01	289	94,09	80,679	65,2	107,79	330,17	25280,5	1,34929048
2013-12-01	540	94,09	80,679	66,1	110,76	330,17	25280,5	1,37036
2014-01-01	436	94,55	81,64	64,7	108,12	330,17	28153,8	1,36102273
2014-02-01	439	94,55	81,64	65,8	108,9	330,17	28153,8	1,36585
2014-03-01	401	94,55	81,64	64,5	107,48	330,17	28153,8	1,38225238
2014-04-01	616	94,83	82,339	68,6	107,76	330,17	28153,8	1,38125
2014-05-01	565	94,83	82,339	68,4	109,54	330,17	28153,8	1,37321429
2014-06-01	355	94,83	82,339	66,5	111,8	330,17	28153,8	1,3592381
2014-07-01	580	95,36	82,694	68,2	106,77	330,17	28153,8	1,35391739
2014-08-01	481	95,36	82,694	65,4	101,61	330,17	28153,8	1,33160952
2014-09-01	464	95,36	82,694	67,8	97,09	330,17	28153,8	1,29013636
2014-10-01	512	95,73	82,91	68,8	87,43	330,17	28153,8	1,26727391
2014-11-01	711	95,73	82,91	68,7	79,44	330,17	28153,8	1,24722
2014-12-01	612	95,73	82,91	67,5	62,34	330,17	28153,8	1,23313333
2015-01-01	697	96,53	83,624	65,1	47,76	330,17	27352,8	1,16213333
2015-02-01	599	96,53	83,624	70,1	58,1	330,17	27352,8	1,134965
2015-03-01	487	96,53	83,624	69,2	55,89	330,17	27352,8	1,08376818
2015-04-01	766	97,03	84,476	70,2	59,52	330,17	27352,8	1,07793
2015-05-01	847	97,03	84,476	70,6	64,08	330,17	27352,8	1,114955
2015-06-01	692	97,03	84,476	71,8	61,48	330,17	27352,8	1,12132273
2015-07-01	817	97,47	85,388	71,4	56,56	330,17	27352,8	1,09957826
2015-08-01	715	97,47	85,388	68,1	46,52	330,17	27352,8	1,11390476
2015-09-01	444	97,47	85,388	67,1	47,62	330,17	27352,8	1,12211818
2015-10-01	461	97,97	85,471	72,8	48,43	330,17	27352,8	1,12350909
2015-11-01	591	97,97	85,471	71,8	44,27	330,17	27352,8	1,0736
2015-12-01	875	97,97	85,471	70,2	38,01	330,17	27352,8	1,08771818
2016-01-01	962	98,42	85,357	70,2	30,7	330,17	31769,5	1,085965
2016-02-01	741	98,42	85,357	72,1	32,18	330,17	31769,5	1,10929524
2016-03-01	845	98,42	85,357	70,2	38,21	330,17	31769,5	1,10996667
2016-04-01	778	98,71	86,243	69,1	41,58	330,17	31769,5	1,13391905
2016-05-01	947	98,71	86,243	71,2	46,74	330,17	31769,5	1,13110909
2016-06-01	908	98,71	86,243	70,8	48,25	330,17	31769,5	1,12289091
2016-07-01	692	99,2	87,477	72,5	44,95	330,17	31769,5	1,10685238
2016-08-01	627	99,2	87,477	68,9	45,84	330,17	31769,5	1,12117391
2016-09-01	452	99,2	87,477	72,6	46,57	330,17	31769,5	1,12120909
2016-10-01	508	99,98	88,742	73,1	49,52	330,17	31769,5	1,10260476
2016-11-01	697	99,98	88,742	72,6	44,73	330,17	31769,5	1,07989545
2016-12-01	639	99,98	88,742	73,7	53,31	330,17	31769,5	1,05429048
2017-01-01	785	100,9	89,78	75,2	54,58	330,17	33034,8	1,06144091
2017-02-01	707	100,9	89,78	76,8	54,87	330,17	33034,8	1,064265
2017-03-01	626	100,9	89,78	71,9	51,59	330,17	33034,8	1,06846957
2017-04-01	575	101,6	90,502	71,8	52,31	330,17	33034,8	1,07226667
2017-05-01	774	101,6	90,502	75,2	50,33	330,17	33034,8	1,10575
2017-06-01	905	101,6	90,502	76,6	46,37	330,17	33034,8	1,12294545
2017-07-01	738	102,4	91,273	76,4	48,48	330,17	33034,8	1,15111429
2017-08-01	841	102,4	91,273	77,3	51,7	330,17	33034,8	1,18067391
2017-09-01	723	102,4	91,273	77,7	56,15	330,17	33034,8	1,19145714
2017-10-01	560	103,2	92,625	76,7	57,51	330,17	33034,8	1,17558636
2017-11-01	954	103,2	92,625	79,3	62,71	330,17	33034,8	1,1738
2017-12-01	855	103,2	92,625	79,4	64,37	330,17	33034,8	1,18362105
2018-01-01	993	103,4	93,815	81,4	69,08	347	35429,7	1,21995
2018-02-01	716	103,4	93,815	78	65,32	347	35429,7	1,23478
2018-03-01	667	103,4	93,815	80,1	66,02	347	35429,7	1,23361905

2018-04-01	465	104	95,301	74,3	72,11	347	35429,7	1,22763
2018-05-01	674	104	95,301	80,3	76,98	347	35429,7	1,18122273
2018-06-01	683	104	95,301	81,1	74,41	347	35429,7	1,16782857
2018-07-01	707	104,2	95,442	80,3	74,25	347	35429,7	1,16857273
2018-08-01	664	104,2	95,442	81	72,53	347	35429,7	1,15489565
2018-09-01	406	104,2	95,442	77,8	78,89	347	35429,7	1,16587
2018-10-01	702	104,7	97,22	84,4	81,03	347	35429,7	1,14840435
2018-11-01	649	104,7	97,22	82,4	64,75	347	35429,7	1,13668636
2018-12-01	722	104,7	97,22	82,6	57,36	347	35429,7	1,13842105
2019-01-01	727	105,5	98,364	84,1	59,41	347	36226,0	1,14164091
2019-02-01	596	105,5	98,364	81,6	63,96	347	36226,0	1,135115
2019-03-01	621	105,5	98,364	84,5	66,14	347	36226,0	1,13024762
2019-04-01	680	106	99,932	85,3	71,23	347	36226,0	1,123825
2019-05-01	598	106	99,932	82,1	71,32	347	36226,0	1,11845909
2019-06-01	805	106	99,932	83,4	64,22	347	36226,0	1,12934
2019-07-01	581	106,3	100,009	82,6	63,92	347	36226,0	1,12183913
2019-08-01	588	106,3	100,009	81,3	59,04	347	36226,0	1,11262273
2019-09-01	509	106,3	100,009	83,9	62,83	347	36226,0	1,10039048
2019-10-01	490	106,3	101,502	82,5	59,71	347	36226,0	1,10525652
2019-11-01	552	106,3	101,502	83,8	63,21	347	36226,0	1,10509524
2019-12-01	505	106,3	101,502	82,4	67,31	347	36226,0	1,111345
2020-01-01	373	103,2	101,055	81,2	63,65	372	35350,1	1,11003636
2020-02-01	397	103,2	101,055	81,8	55,66	372	35350,1	1,0905
2020-03-01	857	103,2	101,055	81,8	32,01	372	35350,1	1,10634091
2020-04-01	380	92,14	95,73	74,5	18,38	372	35350,1	1,08619
2020-05-01	561	92,14	95,73	77	29,38	372	35350,1	1,090185
2020-06-01	384	92,14	95,73	80,5	40,27	372	35350,1	1,12545909
2020-07-01	346	102,1	101,414	83,6	43,24	372	35350,1	1,14633913
2020-08-01	527	102,1	101,414	85,3	44,74	372	35350,1	1,18280952
2020-09-01	379	102,1	101,414	84,9	40,91	372	35350,1	1,17924091
2020-10-01	685	102,6	101,801	84,9	40,19	372	35350,1	1,17751818
2020-11-01	446	102,6	101,801	84,9	42,69	372	35350,1	1,18379048
2020-12-01	391	102,6	101,801	92,3	49,99	372	35350,1	1,21697273
2021-01-01	589	103,5	104,086	95,3	54,77	372	37973,8	1,217085
2021-02-01	279	103,5	104,086	92,7	62,28	372	37973,8	1,20979
2021-03-01	410	103,5	104,086	94,6	65,41	372	37973,8	1,1899087
2021-04-01	215	105,7	105,373	95,5	64,81	372	37973,8	1,19791
2021-05-01	207	105,7	105,373	97,8	68,53	372	37973,8	1,21459048
2021-06-01	315	105,7	105,373	98,4	73,16	372	37973,8	1,20470909
2021-07-01	415	107,5	107,331	98,1	75,17	372	37973,8	1,18218182
2021-08-01	325	107,5	107,331	97	70,75	372	37973,8	1,17718182
2021-09-01	354	107,5	107,331	103,8	74,49	372	37973,8	1,17703182
2021-10-01	372	108,5	108,713	107,4	83,54	372	37973,8	1,16014762
2021-11-01	367	108,5	108,713	106,6	81,05	372	37973,8	1,14140455
2021-12-01	527	108,5	108,713	112,9	74,17	372	37973,8	1,13037826
2022-01-01	479	109,3	109,715	113,2	86,51	372	32313,9	1,13144762
2022-02-01	377	109,3	109,715	110,8	97,13	372	32313,9	1,13419
2022-03-01	565	109,3	109,715	115,5	117,25	372	32313,9	1,10189565
2022-04-01	386	110,2	108,065	111	104,58	372	32313,9	1,08187368
2022-05-01	227	110,2	108,065	98,7	113,34	372	32313,9	1,05785
2022-06-01	253	110,2	108,065	95,6	122,71	372	32313,9	1,05658182
2022-07-01	358	110,6	109,277	106,1	111,93	372	32313,9	1,01789048
2022-08-01	439	110,6	109,277	109,1	100,45	372	32313,9	1,01284348
2022-09-01	414	110,6	109,277	101,2	89,76	372	32313,9	0,99037727

2022-10-01	363	110,4	108,846	102,2	93,33	372	32313,9	0,98256667
2022-11-01	480	110,4	108,846	102	91,42	372	32313,9	1,02012727
2022-12-01	476	110,4	108,846	100,5	80,92	372	32313,9	1,05888095
2023-01-01	505	110,6	108,516	100,7	82,5	372	33947,9	1,0769
2023-02-01	279	110,6	108,516	99	82,59	372	33947,9	1,07151
2023-03-01	263	110,6	108,516	98	78,43	372	33947,9	1,07058261
2023-04-01	401	110,7	110,18	102,9	84,64	372	33947,9	1,09677222
2023-05-01	313	110,7	110,18	99,2	75,47	372	33947,9	1,08675
2023-06-01	351	110,7	110,18	101,3	74,84	372	33947,9	1,08398636
2023-07-01	323	110,8	110,437	96,7	80,11	372	33947,9	1,10581429
2023-08-01	393	110,8	110,437	99,9	86,15	372	33947,9	1,09088696
2023-09-01	456	110,8	110,437	101,3	93,72	372	33947,9	1,06838095
2023-10-01	424	110,9	110,369	100,9	90,6	372	33947,9	1,05625455
2023-11-01	389	110,9	110,369	100,3	82,94	372	33947,9	1,08082273
2023-12-01	317	110,9	110,369	99,3	77,63	372	33947,9	1,09030526

Pastaba. Duomenų šaltiniai:

1. KVJUD krova – pateikta Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcijos.
2. EU27, LT GDP, IPI rodikliai - Eurostat. (2024).
3. „Brent“ žaliavinės naftos kaina - U.S. Energy Information Administration (2025).
4. Lietuvos akcizai gazoliams – Lietuvos Respublikos akcizų įstatymas.
5. Ukrainos naftos produktų importas - International Energy Agency (2025).
6. EUR/USD kursas – European Central Bank(2025).

7 priedas. Logaritminių pirmųjų skirtumų (dln) duomenys, naudoti ARIMAX modeliuose

Data	dln Krova	dln IPI	dln Brent	dln UAimp	dln LTGDP	dln EU27GDP	dln EURUSD	dln Excise
2010-01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2010-02	-0,27950	0,03006	-0,03229	0,00000	0,00000	0,00000	-0,04196	0,00000
2010-03	0,27038	0,03727	0,06661	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00860	0,00000
2010-04	-0,05654	0,03028	0,07324	0,00000	0,00592	0,01012	-0,01207	0,00000
2010-05	0,14421	0,01911	-0,11046	0,00000	0,00000	0,00000	-0,06474	0,00000
2010-06	-0,15395	0,01876	-0,01579	0,00000	0,00000	0,00000	-0,02881	0,00000
2010-07	-0,11866	0,01841	0,01091	0,00000	0,00451	0,00481	0,04497	0,00000
2010-08	0,11305	0,00990	0,01913	0,00000	0,00000	0,00000	0,00968	0,00000
2010-09	-0,14505	0,03170	0,01033	0,00000	0,00000	0,00000	0,01331	0,00000
2010-10	0,17279	0,09377	0,06020	0,00000	0,01617	0,00594	0,06164	0,00000
2010-11	0,22778	0,04256	0,03108	0,00000	0,00000	0,00000	-0,01719	0,00000
2010-12	-0,18625	0,03014	0,06985	0,00000	0,00000	0,00000	-0,03280	0,00000
2011-01	0,13599	0,02317	0,05396	0,24989	0,02920	0,00981	0,01050	0,09658
2011-02	-0,05051	0,01074	0,07194	0,00000	0,00000	0,00000	0,02142	0,00000
2011-03	-0,32117	0,06372	0,10010	0,00000	0,00000	0,00000	0,02534	0,00000
2011-04	0,14796	0,00660	0,07250	0,00000	0,01932	0,00116	0,03113	0,00000
2011-05	0,20288	0,03578	-0,06945	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00647	0,00000
2011-06	0,09051	0,03916	-0,01014	0,00000	0,00000	0,00000	0,00277	0,00000
2011-07	-0,27213	0,03120	0,02721	0,00000	-0,00245	0,00082	-0,00866	0,00000
2011-08	-0,04445	0,00955	-0,05944	0,00000	0,00000	0,00000	0,00552	0,00000
2011-09	-0,07140	0,01745	0,02340	0,00000	0,00000	0,00000	-0,04078	0,00000
2011-10	0,21714	0,00157	-0,02950	0,00000	0,01230	-0,00367	-0,00463	0,00000
2011-11	-0,03089	0,01747	0,01107	0,00000	0,00000	0,00000	-0,01105	0,00000
2011-12	-0,00393	0,00639	-0,02653	0,00000	0,00000	0,00000	-0,02818	0,00000
2012-01	0,09746	0,03904	0,02581	0,07531	0,01491	-0,00126	-0,02102	0,00000
2012-02	-0,22762	0,02795	0,07516	0,00000	0,00000	0,00000	0,02444	0,00000
2012-03	0,15990	0,01252	0,05001	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00175	0,00000
2012-04	0,03012	0,03214	-0,04650	0,00000	0,00290	-0,00319	-0,00298	0,00000
2012-05	-0,62969	0,24253	-0,08184	0,00000	0,00000	0,00000	-0,02874	0,00000
2012-06	0,32748	0,20415	-0,14801	0,00000	0,00000	0,00000	-0,02075	0,00000
2012-07	0,06631	0,03234	0,07547	0,00000	0,02268	-0,00122	-0,01917	0,00000
2012-08	-0,01260	0,04879	0,09954	0,00000	0,00000	0,00000	0,00903	0,00000
2012-09	0,10805	0,02188	-0,00442	0,00000	0,00000	0,00000	0,03609	0,00000
2012-10	-0,05107	0,02044	-0,01024	0,00000	0,00616	-0,00440	0,00917	0,00000
2012-11	0,03385	0,02784	-0,02401	0,00000	0,00000	0,00000	-0,01135	0,00000
2012-12	0,14146	0,00740	0,00394	0,00000	0,00000	0,00000	0,02248	0,00000
2013-01	0,02359	0,02907	0,03120	-0,14139	0,00598	-0,00251	0,01278	0,08892

2013-02	-0,01110	-	0,03499	0,02699	0,00000	0,00000	0,00000	0,00533	0,00000
2013-03	0,16648	0,06880	-0,06755	0,00000	0,00000	0,00000	-0,03005	0,00000	0,00000
2013-04	-0,41285	-	0,04533	-0,05905	0,00000	0,01096	0,00642	0,00480	0,00000
2013-05	-0,23512	-	0,09097	0,00303	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00338	0,00000
2013-06	-0,04939	0,02971	0,00350	0,00000	0,00000	0,00000	0,01580	0,00000	0,00000
2013-07	0,33557	0,01225	0,04753	0,00000	0,01405	0,00367	-0,00827	0,00000	0,00000
2013-08	-0,34192	0,03881	0,03057	0,00000	0,00000	0,00000	0,01738	0,00000	0,00000
2013-09	-0,05006	-	0,00440	0,00287	0,00000	0,00000	0,00000	0,00288	0,00000
2013-10	0,07107	-	0,00295	-0,02284	0,00000	0,00834	0,00265	0,02128	0,00000
2013-11	-0,50944	-	0,03910	-0,01190	0,00000	0,00000	0,00000	-0,01047	0,00000
2013-12	0,62514	0,01371	0,02718	0,00000	0,00000	0,00000	0,01549	0,00000	0,00000
2014-01	-0,21393	-	0,02141	-0,02412	0,10765	0,01184	0,00487	-0,00684	0,00000
2014-02	0,00686	0,01686	0,00719	0,00000	0,00000	0,00000	0,00354	0,00000	0,00000
2014-03	-0,09054	-	0,01995	-0,01313	0,00000	0,00000	0,00000	0,01194	0,00000
2014-04	0,42929	0,06163	0,00260	0,00000	0,00853	0,00294	-0,00073	0,00000	0,00000
2014-05	-0,08642	-	0,00292	0,01638	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00584	0,00000
2014-06	-0,46471	-	0,02817	0,02042	0,00000	0,00000	0,00000	-0,01023	0,00000
2014-07	0,49091	0,02524	-0,04603	0,00000	0,00430	0,00563	-0,00392	0,00000	0,00000
2014-08	-0,18716	-	0,04192	-0,04954	0,00000	0,00000	0,00000	-0,01661	0,00000
2014-09	-0,03598	0,03604	-0,04550	0,00000	0,00000	0,00000	-0,03164	0,00000	0,00000
2014-10	0,09844	0,01464	-0,10480	0,00000	0,00261	0,00384	-0,01788	0,00000	0,00000
2014-11	0,32835	-	0,00146	-0,09584	0,00000	0,00000	0,00000	-0,01595	0,00000
2014-12	-0,14994	-	0,01762	-0,24240	0,00000	0,00000	0,00000	-0,01136	0,00000
2015-01	0,13005	-	0,03620	-0,26641	-0,02886	0,00858	0,00831	-0,05930	0,00000
2015-02	-0,15152	0,07400	0,19598	0,00000	0,00000	0,00000	-0,02366	0,00000	0,00000
2015-03	-0,20700	-	0,01292	-0,03878	0,00000	0,00000	0,00000	-0,04616	0,00000
2015-04	0,45292	0,01435	0,06293	0,00000	0,01014	0,00519	-0,00540	0,00000	0,00000
2015-05	0,10052	0,00568	0,07382	0,00000	0,00000	0,00000	0,03377	0,00000	0,00000
2015-06	-0,20211	0,01685	-0,04142	0,00000	0,00000	0,00000	0,00570	0,00000	0,00000
2015-07	0,16605	-	0,00559	-0,08341	0,00000	0,01074	0,00448	-0,01958	0,00000
2015-08	-0,13336	-	0,04732	-0,19542	0,00000	0,00000	0,00000	0,01294	0,00000
2015-09	-0,47646	-	0,01479	0,02337	0,00000	0,00000	0,00000	0,00735	0,00000
2015-10	0,03757	0,08153	0,01687	0,00000	0,00097	0,00515	0,00124	0,00000	0,00000
2015-11	0,24842	-	0,01383	-0,08981	0,00000	0,00000	0,00000	-0,04544	0,00000
2015-12	0,39241	-	0,02254	-0,15246	0,00000	0,00000	0,00000	0,01306	0,00000
2016-01	0,09479	0,00000	-0,21359	0,14969	-0,00134	0,00459	-0,00161	0,00000	0,00000
2016-02	-0,26101	0,02671	0,04708	0,00000	0,00000	0,00000	0,02126	0,00000	0,00000
2016-03	0,13134	-	0,02671	0,17175	0,00000	0,00000	0,00000	0,00061	0,00000

2016-04	-0,08261	-	0,01579	0,08452	0,00000	0,01033	0,00288	0,02135	0,00000
2016-05	0,19657	0,02994	0,11698	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00248	0,00000	0,00000
2016-06	-0,04205	-	0,00563	0,03180	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00729	0,00000
2016-07	-0,27166	0,02373	-0,07085	0,00000	0,01421	0,00495	-0,01439	0,00000	0,00000
2016-08	-0,09864	-	0,05093	0,01961	0,00000	0,00000	0,00000	0,01286	0,00000
2016-09	-0,32726	0,05231	0,01580	0,00000	0,00000	0,00000	0,00003	0,00000	0,00000
2016-10	0,11680	0,00686	0,06142	0,00000	0,01436	0,00782	-0,01673	0,00000	0,00000
2016-11	0,31630	-	0,00686	-0,10173	0,00000	0,00000	0,00000	-0,02081	0,00000
2016-12	-0,08688	0,01504	0,17548	0,00000	0,00000	0,00000	-0,02400	0,00000	0,00000
2017-01	0,20578	0,02015	0,02354	0,03906	0,01163	0,00883	0,00676	0,00000	0,00000
2017-02	-0,10465	0,02105	0,00530	0,00000	0,00000	0,00000	0,00266	0,00000	0,00000
2017-03	-0,12168	-	0,06593	-0,06164	0,00000	0,00000	0,00000	0,00394	0,00000
2017-04	-0,08498	-	0,00139	0,01386	0,00000	0,00801	0,00728	0,00355	0,00000
2017-05	0,29720	0,04627	-0,03859	0,00000	0,00000	0,00000	0,03075	0,00000	0,00000
2017-06	0,15636	0,01845	-0,08195	0,00000	0,00000	0,00000	0,01543	0,00000	0,00000
2017-07	-0,20399	-	0,00261	0,04450	0,00000	0,00848	0,00737	0,02478	0,00000
2017-08	0,13065	0,01171	0,06431	0,00000	0,00000	0,00000	0,02535	0,00000	0,00000
2017-09	-0,15118	0,00516	0,08257	0,00000	0,00000	0,00000	0,00909	0,00000	0,00000
2017-10	-0,25547	-	0,01295	0,02393	0,00000	0,01470	0,00809	-0,01341	0,00000
2017-11	0,53273	0,03334	0,08656	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00152	0,00000	0,00000
2017-12	-0,10956	0,00126	0,02613	0,00000	0,00000	0,00000	0,00833	0,00000	0,00000
2018-01	0,14963	0,02488	0,07062	0,06999	0,01277	0,00196	0,03023	0,04972	0,00000
2018-02	-0,32705	-	0,04267	-0,05597	0,00000	0,00000	0,00000	0,01208	0,00000
2018-03	-0,07089	0,02657	0,01066	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00094	0,00000	0,00000
2018-04	-0,36075	-	0,07516	0,08824	0,00000	0,01572	0,00560	-0,00487	0,00000
2018-05	0,37119	0,07766	0,06535	0,00000	0,00000	0,00000	-0,03854	0,00000	0,00000
2018-06	0,01326	0,00991	-0,03396	0,00000	0,00000	0,00000	-0,01140	0,00000	0,00000
2018-07	0,03454	-	0,00991	-0,00215	0,00000	0,00148	0,00186	0,00064	0,00000
2018-08	-0,06275	0,00868	-0,02344	0,00000	0,00000	0,00000	-0,01177	0,00000	0,00000
2018-09	-0,49193	-	0,04031	0,08405	0,00000	0,00000	0,00000	0,00946	0,00000
2018-10	0,54758	0,08143	0,02676	0,00000	0,01846	0,00565	-0,01509	0,00000	0,00000
2018-11	-0,07850	-	0,02398	-0,22429	0,00000	0,00000	0,00000	-0,01026	0,00000
2018-12	0,10659	0,00242	-0,12119	0,00000	0,00000	0,00000	0,00153	0,00000	0,00000
2019-01	0,00690	0,01800	0,03512	0,02223	0,01170	0,00755	0,00282	0,00000	0,00000
2019-02	-0,19869	-	0,03018	0,07380	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00573	0,00000
2019-03	0,04109	0,03492	0,03352	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00430	0,00000	0,00000
2019-04	0,09076	0,00942	0,07414	0,00000	0,01582	0,00459	-0,00570	0,00000	0,00000
2019-05	-0,12850	-	0,03824	0,00126	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00479	0,00000
2019-06	0,29725	0,01571	-0,10486	0,00000	0,00000	0,00000	0,00968	0,00000	0,00000
2019-07	-0,32609	-	0,00964	-0,00468	0,00000	0,00077	0,00216	-0,00666	0,00000

2019-08	0,01198	-	-0,07942	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00825	0,00000
2019-09	-0,14428	0,03148	0,06222	0,00000	0,00000	0,00000	-0,01105	0,00000
2019-10	-0,03804	-	-0,05093	0,00000	0,01482	0,00048	0,00441	0,00000
2019-11	0,11914	0,01563	0,05696	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00015	0,00000
2019-12	-0,08899	-	0,06285	0,00000	0,00000	0,00000	0,00564	0,00000
2020-01	-0,30298	-	-0,05591	-0,02448	-0,00441	-0,02923	-0,00118	0,06957
2020-02	0,06236	0,00736	-0,13414	0,00000	0,00000	0,00000	-0,01776	0,00000
2020-03	0,76950	0,00000	-0,55321	0,00000	0,00000	0,00000	0,01442	0,00000
2020-04	-0,81327	-	-0,55479	0,00000	-0,05413	-0,11378	-0,01838	0,00000
2020-05	0,38955	0,03301	0,46905	0,00000	0,00000	0,00000	0,00367	0,00000
2020-06	-0,37908	0,04445	0,31529	0,00000	0,00000	0,00000	0,03184	0,00000
2020-07	-0,10420	0,03779	0,07116	0,00000	0,05768	0,10227	0,01838	0,00000
2020-08	0,42076	0,02013	0,03410	0,00000	0,00000	0,00000	0,03132	0,00000
2020-09	-0,32966	-	-0,08949	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00302	0,00000
2020-10	0,59188	0,00000	-0,01776	0,00000	0,00381	0,00477	-0,00146	0,00000
2020-11	-0,42910	0,00000	0,06035	0,00000	0,00000	0,00000	0,00531	0,00000
2020-12	-0,13161	0,08357	0,15786	0,00000	0,00000	0,00000	0,02764	0,00000
2021-01	0,40972	0,03199	0,09132	0,07160	0,02220	0,00926	0,00009	0,00000
2021-02	-0,74721	-	0,12850	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00601	0,00000
2021-03	0,38495	0,02029	0,04903	0,00000	0,00000	0,00000	-0,01657	0,00000
2021-04	-0,64552	0,00947	-0,00922	0,00000	0,01229	0,02108	0,00670	0,00000
2021-05	-0,03792	0,02380	0,05581	0,00000	0,00000	0,00000	0,01383	0,00000
2021-06	0,41985	0,00612	0,06538	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00817	0,00000
2021-07	0,27571	-	0,02710	0,00000	0,01841	0,01652	-0,01888	0,00000
2021-08	-0,24445	-	-0,06060	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00424	0,00000
2021-09	0,08547	0,06775	0,05151	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00013	0,00000
2021-10	0,04960	0,03409	0,11466	0,00000	0,01279	0,00949	-0,01445	0,00000
2021-11	-0,01353	-	-0,03026	0,00000	0,00000	0,00000	-0,01629	0,00000
2021-12	0,36184	0,05742	-0,08871	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00971	0,00000
2022-01	-0,09550	0,00265	0,15390	-0,16140	0,00918	0,00699	0,00095	0,00000
2022-02	-0,23946	-	0,11579	0,00000	0,00000	0,00000	0,00242	0,00000
2022-03	0,40458	0,04154	0,18826	0,00000	0,00000	0,00000	-0,02889	0,00000
2022-04	-0,38099	-	-0,11436	0,00000	-0,01515	0,00837	-0,01834	0,00000
2022-05	-0,53089	-	0,08044	0,00000	0,00000	0,00000	-0,02246	0,00000
2022-06	0,10844	-	0,07943	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00120	0,00000
2022-07	0,34714	0,10421	-0,09195	0,00000	0,01115	0,00411	-0,03731	0,00000
2022-08	0,20397	0,02788	-0,10821	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00497	0,00000
2022-09	-0,05863	-	-0,11252	0,00000	0,00000	0,00000	-0,02243	0,00000
2022-10	-0,13146	0,00983	0,03900	0,00000	-0,00395	-0,00164	-0,00792	0,00000
2022-11	0,27938	-	-0,02068	0,00000	0,00000	0,00000	0,03751	0,00000

2022-12	-0,00837	-	-0,12200	0,00000	0,00000	0,00000	0,03729	0,00000
2023-01	0,05914	0,00199	0,01934	0,04933	-0,00304	0,00100	0,01687	0,00000
2023-02	-0,59335	-	0,00109	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00502	0,00000
2023-03	-0,05906	0,01015	-0,05168	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00087	0,00000
2023-04	0,42181	0,04879	0,07620	0,00000	0,01522	0,00109	0,02417	0,00000
2023-05	-0,24776	-	-0,11467	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00918	0,00000
2023-06	0,11458	0,02095	-0,00838	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00255	0,00000
2023-07	-0,08313	-	0,06805	0,00000	0,00233	0,00089	0,01994	0,00000
2023-08	0,19616	0,03256	0,07269	0,00000	0,00000	0,00000	-0,01359	0,00000
2023-09	0,14868	0,01392	0,08422	0,00000	0,00000	0,00000	-0,02085	0,00000
2023-10	-0,07276	-	-0,03386	0,00000	-0,00062	0,00078	-0,01142	0,00000
2023-11	-0,08615	0,00596	-0,08834	0,00000	0,00000	0,00000	0,02299	0,00000
2023-12	-0,20468	-	-0,06616	0,00000	0,00000	0,00000	0,00874	0,00000

Pastaba. Lentelėje pateikiami 10 priede aprašytų kintamųjų logaritminiai pirmieji skirtumai (mėnesiniai duomenys, YYYY-MM). $\text{dln_X} = \ln(X_t) - \ln(X_{t-1})$; pirmajam stebiniui pateikiama NA. Reikšmės suapvalintos iki 5 skaitmenų po kablelio, todėl labai mažos reikšmės gali būti pateiktos kaip 0,00000.