

KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS

Jūrų technikos fakultetas

Laivybos katedra

**SAŃAŠINIO GRUNTO VALYMO TECHNIKOS PANAUDOJIMO
TYRIMAI**

Uosto valdymo studijų programos magistro diplominis darbas

Autorius

TMUV-11 gr. stud. Benas Gricius

Vadovas

Prof. Habl. Dr. TPK V. Paulauskas

2013 Klaipėda

MAGISTRO BAIGIAMŲJŲ DARBŲ LYDRAŠČIO FORMA

Pildo bakalauro/magistro baigiamojo darbo autorius

Benas Gričius

(magistro baigiamojo darbo autoriaus vardas, pavardė)

SANAŠINIO GRUNTO VALYMO TECHNIKOS PANAUDOJIMO TYRIMAI

(magistro baigiamojo darbo pavadinimas lietuvių kalba)

Patvirtinu, kad magistro baigiamasis darbas parašytas savarankiškai, nepažeidžiant kitiems asmenims priklausančių autorių teisių, visas baigiamasis magistro darbas ar jo dalis nebuvo panaudotas Klaipėdos universitete ir kitose aukštosiose mokyklose.

.....Benas Gričius.....

(magistro baigiamojo darbo autoriaus ir parašas)

Sutinku, kad magistro baigiamasis darbas būtų naudojamas neatlygintinai 5 m. Klaipėdos universiteto studijų procese.

.....Benas Gričius.....

(magistro baigiamojo darbo autoriaus ir parašas)

Pildo magistro baigiamojo darbo vadovas

Magistro baigiamąjį darbą ginti

(įrašyti – leidžiu arba neleidžiu)

.....

(data)

.....

(magistro baigiamojo darbo vadovo vardas, pavardė ir parašas)

Pildo katedros, kuruojančios studijų programą, administratorius (sekretorius)

Baigiamasis darbas įregistruotas katedroje

(data)

.....

(katedros sekretorės vardas, pavardė ir parašas)

Pildo katedros, kuruojančios studijų programą, vedėjas

Magistro baigiamąjį darbą ginti

(įrašyti – leidžiu arba neleidžiu)

.....

(data)

.....

(katedros vedėjo vardas, pavardė ir parašas)

Recenzentu(-ais) skiriu

.....

(įrašyti recenzento(u) vardą, pavardę)

.....

(data)

.....

(katedros vedėjo vardas, pavardė ir parašas)

SANTRAUKA

Gricius B., Sąnašinio grunto valymo technikos panaudojimo tyrimai. Transporto inžinerijos magistro diplominis darbas. Jūrų uostų valdymo programa. Darbo vadovas Prof. Habl. Dr. TPK V. Paulauskas, Klaipėdos universitetas: Klaipėda, 2013 m. 56 p.

Raktažodžiai: Sąnašos, gilavimo technikos panaudojimas.

Pagrindinis šio darbo tikslas yra atlikti sąnašinio grunto valymo darbų Klaipėdos uoste optimizavimo tyrimą.

Optimizavimui pasirinkti uosto valymo darbai nes, nuolatos plėtojant uostą keičiasi povandeninės srovės jame, o tai lemia nusėstančių sąnašų kiekio padidėjimą.

Tam, kad būtų galima parinkti optimalią sąnašinio grunto valymo techniką darbe buvo išanalizuotos sąnašų atsiradimo priežastys.

Vieningos nuomonės apie Klaipėdos uosto metinį susidarančių sąnašų kiekį nėra. Tai parodo situacijos analizėje nagrinėjami įvairių mokslininkų darbai, kurie yra sulyginami su realiai išvalytų sąnašų kiekiu. Darbe buvo išanalizuotos galimos skirtumų priežastys.

Metodinėje dalyje sudaryta ir praktinėje dalyje pritaikyta sąnašų kiekio prognozavimo metodika. Nustatytas vidutinis sąnašų kiekis, nuo kurio priklauso valymo technikos parinkimas, bei parametrai, įvertinus tai, sudarytas matematinis modelis, kuris leidžia tiksliai apskaičiuoti gilavimo technikos parametrus, kurie tiesiogiai susiję su optimaliu technikos panaudojimu būtent Klaipėdos uosto sąlygoms. Sudarytas modelis taip pat gali būti pritaikomas ir optimizuojant žemsiurbės ciklo laiką, priklausomai nuo esamų projekto sąlygų.

SUMMARY

Topic: „Research of sediment dredging equipment appliance“. Master's thesis of the transport Engineering by port management programme. Prof. Habil. Dr. TPK V. Paulauskas is the supervisor of this paper. Klaipėda University: Klaipėda, 2011. – 64 p.

Author: Benas Gricius

Keywords: Sediments, dredging equipment appliance

Purpose of this paper is to perform research about sediment dredging optimization in sea port of Klaipėda.

Consistent development of sea port Klaipėda leads to changes of undercurrents, that's why the annual bottom sediment amount is growing. Because of this purpose optimization of sediment dredging works was selected

Sediment causes were analyzed in order to select the optimal bottom sediment dredging equipment. The amount of annual sediments in Klaipėda port according different researches do not mach with actual annually dredged amount. The paper has analyzed the possible reasons for the discrepancies.

Methodological part was set up and applied to the annual sediment amount prognosis. Assessed average annual sediment amount which will help to calculate required hopper capacity to optimize the dredging works in port of Klaipėda. The developed mathematical model can be adapted to optimize trailing suction hopper dredger cycle time depending on the project circumstances.

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1. pav. Klaipėdos uosto akvatorijos ribos ir vyraujantys gyliai 2012 m.....	13
2. pav. Esamos ir buvusios Klaipėdos uoste iškasamo grunto gramzdinimo vietos.....	14
3. pav. Klaipėdos uoste iškastas gruntas 2000 – 2010 metais.....	16
4. pav. Nešmenų debito pasiskirstymas įvairaus vandeningumo metais esant tūkmei į jūrą.....	18
5. pav. Iškastų sąnašų kiekiai Klaipėdos uoste 2000 – 2011 metais.....	19
6. pav. Vidutinių metinių susikaupiančių ir išvalytų sąnašų 2000 – 2011 metais kiekio skirtumas.....	20
7. pav. Daugiakaušė žemkasė ang. „Bucket ladder dredger“.....	21
8. pav. Greiferinė žemkasė ang. „Grab dredger“.....	22
9. pav. Ekskavatorinė žemkasė ang. „Dipper and backhoe dredger“.....	22
10. pav. Žemsiurbė su purentuvu ang. „Cutter suction dredger“.....	23
11. pav. Savaeigė žemsiurbė su hoperiu ang. „Trailing suction hopper dredger“ darbo metu.....	24
12. Pagrindinių praeivių žuvų rūšių migracijų terminai ir intensyvumas (% nuo bendro migruojančių per metus žuvų skaičiaus) Klaipėdos sąsiauryje.....	27
13. pav. Matematinio modelio schema.....	28
14. pav. Matematinis žemsiurbės optimizavimo modelis.....	35
15. pav. Sąnašų kiekio valymo Klaipėdos uoste prognozė 2017m.....	38
16. pav. 5 metų daugiakriterinio prognozavimo koeficientas sąnašų kiekiui uoste nustatyti.....	39
17. pav. Daugiakriterinė Klaipėdos uosto sąnašų kiekio prognozė bei prognozės paklaida.....	40
18. pav. Sąnašų poveikis Klaipėdos uosto projektiniam gyliui 2012 – 2023 m.....	43
19. pav. Sąnašų poveikis Klaipėdos uosto projektiniam gyliui.....	43
20. pav. Ciklo sandara.....	47
21. pav. Žemsiurbės hoperio priklausomybė nuo pasikrovimo laiko.....	48
22. pav. Žemsiurbės hoperio talpos priklausomybė nuo darbo dienų skaičiaus per metus.....	49

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1. lentelė. Metinis sąnašų kiekis Klaipėdos uoste.....	17
2. lentelė. Metiniai sąnašų kiekiai Klaipėdos uoste priklausomai nuo vandens debito sąsiauryje....	18
3. lentelė. Žemsiurbių/žemkasių darbo galimybės.....	25
4. lentelė. Koef. b reikšmės.....	37
5. Koef. F_{m1} ir F_{m2} reikšmės.....	39
6. lentelė. M koef. reikšmės.....	39
7. lentelė. Linijiniu bei daugiakriteriniu metodu prognozuojamų kiekių reikšmės.....	40
8. lentelė. Žemsiurbės UTRECHT pasikrovimo laiko stebėjimai.....	49

TURINYS

ĮVADAS	8
I. TYRIMO APŽVALGA	10
1.1 Lietuvos autorių šaltiniai.....	10
1.2 Užsienio autorių šaltiniai	12
II. SAŃAŠINIO GRUNTO VALYMO TECHNIKOS PANAUDOJIMO UOSTE SITUACIJOS ANALIZĖ.....	13
2.1 Jūrų uosto parametrų analizė	13
2.2 SaŃašų kiekis, tipas, pasiskirstymas uosto akvatorijoje	15
2.3 Gilinimo ir valymo technikos apžvalga.....	21
2.4 Gilinimo ir valymo technikos įtaka aplinkosaugai	26
III. SAŃAŠINIO GRUNTO VALYMO TECHNIKOS OPTIMIZAVIMO MODELIAVIMO METODIKA.....	28
3.1 SaŃašų kiekio uoste tyrimo metodika.....	29
3.2 Optimalios žemsiurbės panaudojimo tyrimo metodika	32
IV. SAŃAŠINIO GRUNTO VALYMO TECHNIKOS OPTIMIZAVIMO MODELIAVIMAS	37
4.1 SaŃašų kiekio Klaipėdos uoste tyrimas	37
4.2 Optimalios žemsiurbės panaudojimo tyrimo modelis	45
IŠVADOS	51
LITERATŪROS SAŃAŠAS.....	52
PRIEDAI	56

ĮVADAS

Daugelis Suomijos, Švedijos, Danijos, Norvegijos, Estijos uostų turi natūraliai suformuotus gylius. Tokie uostai, kaip Klaipėdos, Rygos, Ventspilio, Kaliningrado yra išikūrę upių intakuose ir susiduria su dugno valymo problemomis. Klaipėda yra specifinis, pratekantis uostas, esantis sąsiauryje – Kuršių marių tęsinyje. Dėl šios priežasties Klaipėdos uoste vyksta vandens apykaita tarp Kuršių marių ir Baltijos jūros, ir tai lemia uosto užnešimą nepageidaujamu gruntu (smėliu, dumblu).

Jūrų uostai tarpusavyje konkuruoja siekdami perkrauti kuo daugiau krovinių per metus, tam, kad būtų galima tai padaryti, reikalinga vystyti uostą įvairiose srityse. Vienas iš pagrindinių kriterijų, vertinant uostus, yra gylis. Įvertinus gylį bei klirensą yra nustatoma, kokios maksimalios grimzlės laivai gali įplaukti ar išplaukti iš uosto. Klaipėdos jūrų uoste šiuo metu reglamentuojamas gylis yra 14.5 m, o klirensas 1.5m, taigi maksimali laivo grimzlė yra 13m. Problema atsiranda tada, kai farvateris ir krantinės yra užnešamos sąnašiniu gruntu ir vietomis uosto gylis sumažėja nuo 0.05m iki 0.5 m, taigi šiuo atveju maksimali laivų grimzlė sumažėja.

Maksimalios laivų grimzlės sumažėjimas daro didelę įtaką uosto krovos kompanijų bei uosto direkcijos pajamoms. Siekiant palaikyti maksimalią reglamentuojamą laivų grimzlę, reikia nuolatos atlikti uosto dugno valymo darbus. Klaipėdos uoste dugno valymo darbai buvo ir yra atliekami konkurso būdu, samdant gilinimo darbus atliekančias kompanijas.

Tokio pobūdžio darbai uosto direkcijai kainuoja nemažus pinigus bei užima daug laiko beieškant mažiausią kainą siūlančios kompanijos. O pasirinkus mažiausią kainą pasiūliusią dugno valymo darbus atliekančią kompaniją, tenka nusivilti atliekamų darbų kokybe. Taigi vienas iš problemos sprendimo būdų galėtų būti nuosavos technikos dugno valymo darbams atlikti įsigijimas.

Prieš įsigyjant gilinimo techniką reikalinga susisteminti ir išanalizuoti didelį kiekį įvairios informacijos: apie Klaipėdos uostą, gilinimo techniką, bei atlikti norimos įsigyti valymo technikos panaudojimo tyrimą.

Tikslas: atlikti Klaipėdos uosto sąnašinio grunto valymo darbų optimizavimo tyrimą

Darbo uždaviniai:

1. Išanalizuoti sąnašinio grunto atsiradimo Klaipėdos uoste priežastis;
2. Atlikti sąnašinio grunto Klaipėdos uoste prognozę ir įvertinti sąnašų poveikį akvatorijos gyliui;
3. Sudaryti matematinį modelį, kuris leistų parinkti optimalią sąnašinio grunto valymo techniką Klaipėdos uostui;
4. Modelio pagalba parinkti Klaipėdos uostui optimaliausią sąnašų valymo techniką;

Šiame darbe bus naudojami šie metodai: lyginamosios analizės, kurios metu analizuojami skirtingi informacijos šaltiniai, klasifikavimo metodas, kurio metu yra susisteminama įvairių informacijos šaltinių informacija. Atliekamas matematinis modeliavimas programos Microsoft excel pagalba.

Šiuo gilinimo technikos parinkimo modeliu yra įvertinami ir susistemunami dideli kiekiai duomenų, iš kurių vėliau gaunami rezultatai, leidžia, keičiant pagrindinius parametrus, parinkti būtent Klaipėdos uostui optimaliausią valymo techniką. Optimalios technikos parinkimas išreiškiamas per laivo parametrus, tokius kaip (talpa, transportavimo greitis, atstumas ir kt.). Tam, kad būtų gauti tikslūs duomenys, reikia atlikti įvairių skaitinių reišmių eksperimentinius skaičiavimus, palyginimus bei vertinimus.

I. TYRIMO APŽVALGA

Siekiant ištirti, ar Klaipėdos uostui būtų naudinga įsigyti sėnašinio grunto valymo techniką, reikia išnagrinėti ir susisteminti mokslinės literatūros informacijos šaltinius.

Tyrimui naudojamą informaciją galima suskirstyti į dvi grupes:

1. Lietuvos autorių šaltiniai
2. Užsienio autorių šaltiniai

1.1 Lietuvos autorių šaltiniai

Mokomojoje knygoje, Paulauskas V. 2011. Optimalus uostas, aprašomi Klaipėdos uosto meteorologinių ir hidrologinių sąlygų tyrimai, pateikiami jų rezultatai. Knygoje nagrinėjamas laivybos kanalų, apsisukimo baseinų ir kitų vandens kelių uosto akvatorijoje projektavimas, jų plėtra. Savo darbuose pateikia teorijas bei skaičiavimus, kurie tiesiogiai susiję su maksimalių parametru laivais, galinčiais įplaukti į Klaipėdos uostą. Anot Profesoriaus atliekant norimo vandenkelio parametru skaičiavimą, reikia įvertinti įvairius reiškinis uoste, taip pat vienas svarbesnių yra gylio sumažėjimas dėl sėnašų susidarymo, vertinant tai į skaičiavimus būtina įtraukti gylio pataisą dėl sėnašų susidarymo, dar kitaip ji gali būti vadinama navigacine atsarga.

Metodinėje knygoje, Paulauskas, V. 2002. Srautų tyrimo metodika, pateikta metodika apie linijinių bei daugiakriterinių srautų tyrimus.

Mokomojoje knygoje, Paulauskas V., Barzdžiukas R., Placienė B. ir kt. 2001 Uosto technologija, aprašomos uosto sudėtinės dalys, pateikiama jų skaičiavimo metodika apie uosto infrastruktūrą, uosto gilinimą.

Moksliniame straipsnyje, Paulauskas, V. 2010. Ships turning basins in ports for big Container vessels, nagrinėjamas didelių konteinerinių laivų teorinis požiūris į navigaciją uosto akvatorijoje. Kalbama apie tai jog uostuose dažniau yra naudojama sena, nusistovėjusi saugumo užtikrinimo sistema, kuri apsiriboja navigacinių atsargų didinimu, o ne naujų patikimų technologijų įdiegimu, kurios pagalba galima sumažinti laivų navigacines atsargas, nesumažinant laivų plaukiojimo saugumo.

Straipsnyje Gailiūsis B., Kovalenkoviėnė M., Kriaučiūnienė J., 2006. Svarbiausios šiandieninės Lietuvos hidrologinių tyrimų kryptys, apžvelgiamos svarbiausios Lietuvos vandens telkinių tyrimų kryptys. Šiuolaikinės inžinerinės hidrologijos tyrimai skirti stambių energetikos ir transporto objektų poveikio aplinkai nustatyti, bei gamtosauginėms priemonėms pagrįsti, straipsnyje aptariami tyrimo metodai, tiriami šie uždaviniai: upių nuotėkio kaita klimato atšilimo fone, rizikos vertinimas eksploatuojant hidrotechninius statinius ir jūrų uosto sąveika su aplinka.

Moksliniame straipsnyje Gailiūšis B. 2005. Assessment of the Seaport Development Impact on Hydrological Regime of the Klaipėda Strait, pateikia tyrimų rezultatus atliktus 1992-2005 m. Tyrimo metu buvo tiriama: Baltijos jūros, Klaipėdos sąsiaurio ir Kuršių marių hidrodinaminį režimą ir jo pokyčius dėl jūrų uosto plėtros. Uosto gilinimo poveikis nustatytas modeliuojant Klaipėdos sąsiaurio hidrodinaminį režimą. Įvairių uosto gilinimo variantų sąsiaurio pralaidumas ir nešmenų transportas apskaičiuoti naudojant dviejų dimensijų modeliavimo sistemą MIKE-21.

Moksliniame straipsnyje Gailiūšis B., Kriaučiūnienė J., Kriaučiūnas R. 2003. Sediment budget in Klaipėda strait, yra analizuojamas plaukiančių ir nusėstančių sąnašų pernešimas Klaipėdos sąsiauryje. Pernešamų ir nusėdusių sąnašų kiekiai Klaipėdos jūrų uoste yra skaičiuojami vertinant įvairias hidrologines sąlygas. Atliekama sąnašų kiekio prognozė Klaipėdos uoste, vertinant hidrologines ir morfometrines charakteristikas, t.y. tiriama, kaip pasikeis sąnašų kiekis Klaipėdos uoste po plėtros (gilinimo, platinimo).

Gailiūšis B., Kriaučiūnienė J. ir kt. straipsniuose¹ atlieka tyrimus, susijusius su energetikos ir transporto objektų saugumu ir patikimumu: poveikiu vandens aplinkai, klimato ir upių nuotėkių kaitą, duomenų apie Lietuvos vandens telkinius (upes, tvenkinius, Kuršių marias ir Baltijos jūrą) kaupimą, rengia poveikio aplinkai ataskaitas, atliekant Klaipėdos uosto gilinimo darbų plėtros projektus, bei atlieka sąnašų Klaipėdos uoste atsiradimo, susidarymo tyrimus.

Gulbinskas S. Timonis E. ir kt. savo straipsniuose² tyrinėja nuosėdų sedimentacijos procesus Klaipėdos uoste, Kuršių mariose, Baltijos jūroje. Didelį dėmesį skiria užteršto grunto tvarkymo Klaipėdos uoste tyrimams bei išsiurbiamo grunto Klaipėdos uoste pritaikomumą paplūdimių maitinimui. Yra sukaupęs statistinių duomenų, kuriais remdamasis, teikia pasiūlymus uosto direkcijai. Nagrinėja dampingo rajonų problemas, grunto užterštumą juose ir kt.

¹ Gailiūšis, B., Kriaučiūnienė, J., Jakimavičius D., Šaraušienė, D., 2011. The variability of long-term runoff series in the Baltic Sea drainage basin. *Baltica*, 24(1), 45–54. Vilnius. ISSN 0067-3064.

Gailiūšis B., Kriaučiūnienė J. 2006. Baltijos jūros paplūdimių smėlio atsargų papildymas // Geologijos akiračiai. ISSN 1392-0006. Nr. 1, p. 21-26.

Gailiūšis B., Kriaučiūnienė J., Kovalenkoviėnė M. 2005. Studies on permeability of the Klaipėda strait // Environmental engineering: the 6th international conference, Vilnius, May 26-27, Vilnius, Lithuania, 2005. Vol.1 ISBN 9986-05-850-3, p. 356-361. [ISI Proceedings]

Gailiūšis B., Kriaučiūnienė J., Kriaučiūnas R. 2004. Klaipėdos uosto įplaukos kanalo tėkmės hidrodinaminio režimo pokyčiai dėl molų pertvarkymo // Energetika. ISSN 0235-7208 / Nr. 1, p. 57-61. [INSPEC]

Gailiūšis B., Kriaučiūnienė J., Kovalenkoviėnė M. 2002. Baltijos jūros priekrantės hidrodinaminis modeliavimas // Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba. Nr. 3. P. 3-12.

Kriaučiūnienė J., Gailiūšis B., Kovalenkoviėnė M. 2006. Peculiarities of sea wave propagation in the Klaipėda strait, Lithuania // *Baltica*. ISSN 0067-3064. 2006. Vol. 19, No. 1, p. 20-29. [GeoRef]

Kriaučiūnienė J., Gailiūšis B. 2004. Changes of sediment transport induced by reconstruction of Klaipėda Seaport entrance channel // *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba*. ISSN 1392-1649 / 2004. Nr. 2(28), p. 3-9. [INSPEC, CAB Abstracts]

² Trimonis, E.; Gulbinskas, S. Kuzavinis, M. 2003. The Curonian Lagoon bottom sediments in the Lithuanian water area (Article). *Baltica*, 16, Page(s): 13-20.

Trimonis, E.; Gulbinskas, S. 2000. Klaipėdos sąsiaurio dugno nuosėdos (Article). *Geologija*, 30, Page(s): 20-27.

1.2 Užsienio autorių šaltiniai

Mokomojoje knygoje International dredging academy 2002. Basic dredging vol.1 ir vol. 2 pateikiama metodinė praktinė medžiaga apie technines gilavimo technikos charakteristikas, nagrinėjamas jų panaudojimas įvairiose situacijose. Pateikiama informacija apie žemsiurbių ir žemkasių tipus.

Prof.Ir. W.J.Vlasblom paskaitose³ nagrinėjama povandeninio grunto kasimo technika, jų parametrų skaičiavimus (talpa, galingumas, produktyvumas ir kt.), pateikia daug praktinės bei teorinės informacijos apie povandeninio grunto kasimo techniką, jų tipus, aprašo technikos privalumus ir trūkumus įvairiose situacijose. Išsamiai nagrinėja jų produktyvumą priklausomai nuo grunto tipo, rūšies, geografinės padėties ir kt. Didelis dėmesys skiriamas gilavimo technikos sistemoms (pasikrovimo, kasimo, išsikrovimo).

Prof.Ir. W.J.Vlasblom savo straipsniuose⁴ atlieka įvairius tyrimus, susijusius su gilavimo technikos panaudojimu netradicinėse situacijose, jų techninių parametrų modifikavimu ir kt.

Kiti šaltiniai

Lagunavičienė ir kt. Dugno nuosėdų užterštumo raida grunto gramzdinimo (dampingo) rajone Baltijos jūroje. (101 – 105p) Jūros ir krantų tyrimai 2010 m. – Grunto sąvartynas (dampingas) Baltijos jūroje, naudojamas atstumas nuo Klaipėdos uosto, tam kad būtų galima įvertinti žemsiurbės transportavimo laiką.

³ Prieiga per internetą: <<http://www.dredging.org/content.asp?page=105>>[žiūrėta 2011 m. Lapkričio 21 d.]

⁴ Prof.ir. Vlasblom W.J. 2005. Dredging Engineering; theory and practice of sedimentation and reclamation. Current Geotechnical Issues of Thick Clay Deposits, Korean Geotechnical Society, Korea, Busan, 21 en 22 sept. blz. 227 – 252
Vlasblom W.J., Hoff J. van 't, and Rhee C. van , 2005. Quality improvement of dredged sand on board a trailing suction hopper dredger. CEDA Dredging Days November, Rotterdam, The Netherlands.

II. SĄNAŠINIO GRUNTO VALYMO TECHNIKOS PANAUDOJIMO UOSTE SITUACIJOS ANALIZĖ

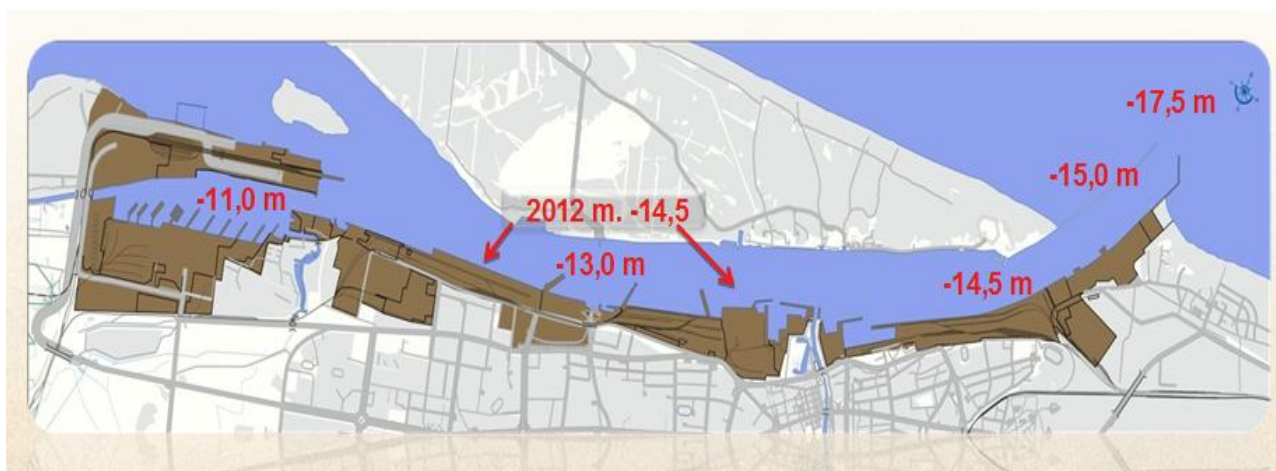
Sąnašinio grunto valymo technikos yra įvairios, o panaudojimas priklauso nuo įvairiausių faktorių. Tam, kad būtų galima parinkti optimaliausią techniką, geriausiai tinkančią norimai užduočiai atlikti, reikia surinkti duomenis apie: gilinimo techniką, vyraujančią gruntą (kiekį, tipą, pasiskirstymą), akvatorijos parametrus, hidrometeorologinę informaciją, įvertinti uosto užimtumą, plaukiojančių laivų intensyvumą, iškasto grunto panaudojimą ir jo išpompavimo galimybes, dampingo rajonus ir kt.

2.1 Jūrų uosto parametrų analizė

Klaipėdos uosto regiono klimatas yra vidutiniškai šiltas, drėgnas su gana šiltomis ir mažai snieguotomis žiemomis, bei vėsiomis vasaromis. Dėl aktyvių ciklonų, ypač šaltuoju metų laiku, regionui būdinga staigi orų kaita. Klaipėdos uosto vidutiniai daugiamečiai meteorologinių elementų rodikliai pateikti 1. lentelėje⁵ (1 PRIEDAS).

Atlikdami skaičiavimus matematiname modelyje, naudosime duomenis pateiktus 1 lentelėje (1 PRIEDAS), kadangi hidrometeorologinės sąlygos uosto akvatorijoje ir jos ribose turi didelį įtaką gilinimo technikos darbo laiko įvertinimui.

Klaipėdos uosto akvatorija ir jos parametrai apytiksliai pateikti 1 paveikslėlyje. Klaipėdos uosto akvatorija 897 ha, ją sudaro įplaukos kanalas, uosto vartai, vidiniai kanalai, apsisukimo baseinai ir kt. Siekiant įvertinti gylio pokytį dėl sąnašų susidarymo uoste, reikia turėti tikslius duomenis apie: esamus gylius, ilgius, plotus, formas. Visa tai galima rasti oficialiame Klaipėdos uosto jūrlapyje LT660710⁶



1 pav. Klaipėdosuosto akvatorijos ribos ir vyraujantys gyliai⁷ 2012 m.

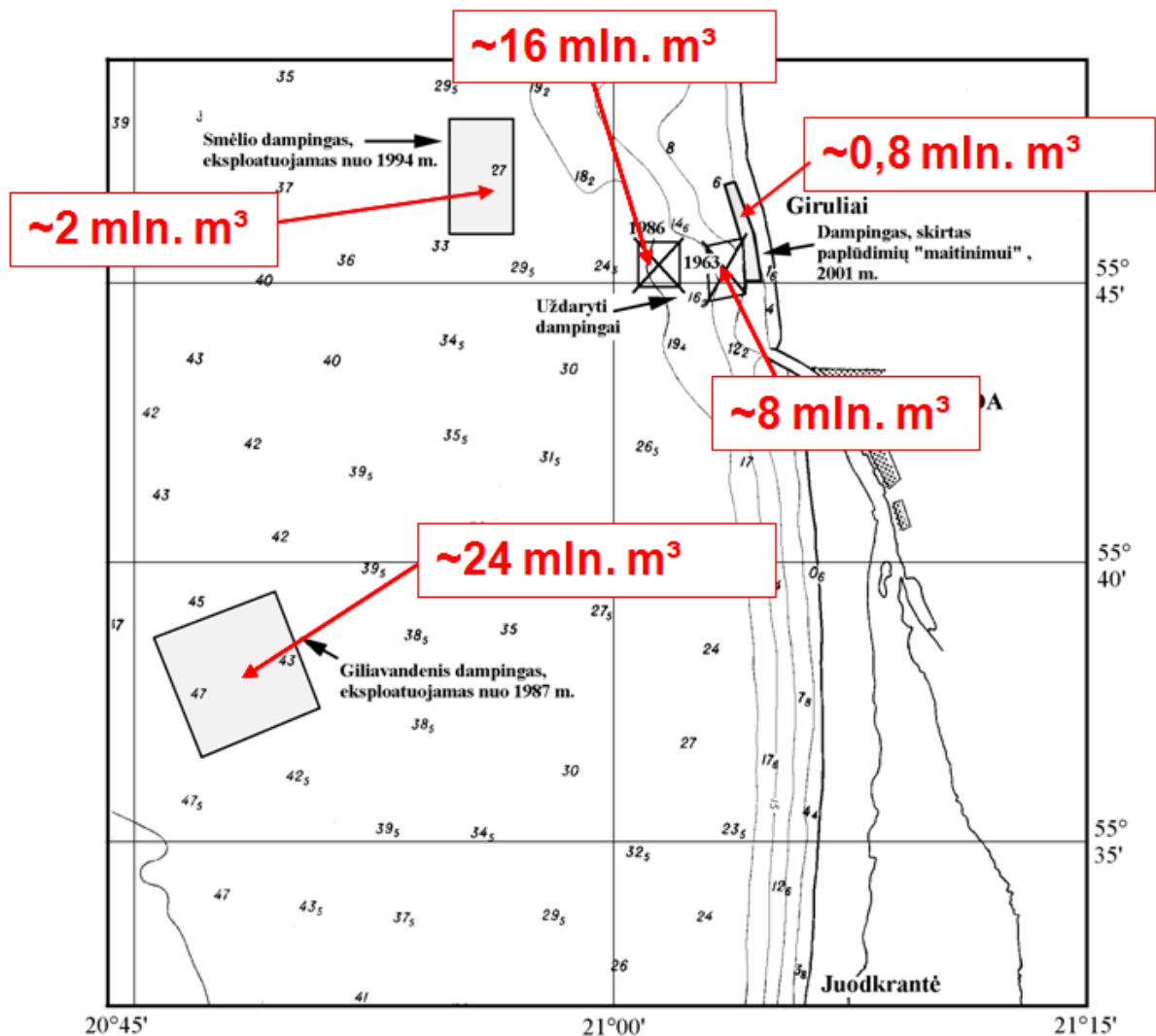
⁵ Paulauskas V. 2011. Optimalus uostas. Klaipėda, KU leidykla.

⁶ Prieiga per internetą: ><http://www.msa.lt/lt/hidrografine-veikla/navigationiniai-leidiniai.html>> >[žiūrėta 2013 m. Gegužės 9d.]

⁷ Gulbinskas S. 2012. Klaipėdos uoste iškasamo grunto tvarkymas. KU Baltijos pajūrio aplinkos tyrimų ir planavimo institutas. SMOCS seminaras

Navigacija Klaipėdos uoste yra reguliuojama laivų eismo tarnybos, kanalų plotis kol kas riboja didelių laivų dvipusį eismą, tačiau šiuo metu yra atliekamas kanalo platinimo ir gilinimo projektas, kuris turi būti užbaigtas 2013 m. pradžioje. Pasiekus 150 m kanalo plotį visame uoste ir 14.5m gylį kanale, didesnių laivų judėjimo neribos vienaspusis eismas. Į Klaipėdos uostą per dieną vidutiniškai atplaukia/išplaukia apie 15- 35 laivai⁸, neskaičiuojant mažų laivų, jachtų, žvejybinių ir kt. Pats uostas yra pakankamai judrus ir laivų eismas jame intensyvus.

Išsiurbto sąnašinio grunto panaudojimas Klaipėdos uoste kol kas yra problema. Remiantis mokslininkais⁹, atliekančiais tyrimus šioje srityje, praktiškai visas gruntas, kuris yra išvalomas atliekant gilinimo ar valymo darbus yra išgabenamamas ir nuskandinamas dampungo rajonuose 2 paveikslėlis.



2 pav. Esamos ir buvusios Klaipėdos uoste iškasamo grunto gramzdinimo vietos⁹

⁸ Prieiga per internetą: <http://www.portofklaipeda.lt/uploads/brosiura_lt_a4.pdf> [žiūrėta 2011 m. Lapkričio 21 d.]

⁹ Gulbinskas S. 2012. Klaipėdos uoste iškasamo grunto tvarkymas. KU Baltijos pajūrio aplinkos tyrimų ir planavimo institutas. SMOCS seminaras

Ne visas iškasamas gruntas yra tinkamas tolesniam jo panaudojimui, tačiau didžioji dalis, kuri yra iškasama atliekant uosto įplaukos kanalo valymo darbus ir vidinio kanalo iki 10 krantinės yra smėlis, kuris gali būti naudojamas paplūdimių papildymui, prastesnės kokybės gruntas galėtų būti naudojamas krantinių statyboms ar kt. projektams uoste įgyvendinti. Turint nuosavą gilinimo techniką, valymo projektus susieti su iškasamo grunto panaudojimu būtų daug paprasčiau ir ekonomiškiau daugeliu aspektų.

2.2. Sąnašų kiekis, tipas, pasiskirstymas uosto akvatorijoje

Be uosto gilinimo darbų, kasmet akvatorijoje turi būti valomos sąnašos. Uostų užnešimas gruntu yra viena aktualiausių šiuolaikinių uostų eksploatavimo problemų. Klaipėda yra specifinis, pratekantis uostas, esantis sąsiauryje. Klaipėdos sąsiauris – technologiškai pakeista akvatorija, kurios rytinėje dalyje yra pusiau uždari Klaipėdos jūrų uosto baseinai, krantinės ir pirsai, vakariniame krante – Kuršių nerijos krantinė. Uoste vyksta vandens apykaita tarp Kuršių marių ir Baltijos jūros.

Nuosėdos ant dugno susiformuoja iš dviejų šaltinių: Nemuno srovė atplukdo dumblo ir smėlingų dumblių, o jūra, stiprių vėjų metu, šalia uosto vartų daugiausia suneša smėlio, kuris patenka tiek į išorinį įplaukos kanalą, tiek į šiaurinę uosto dalį. Per sąsiaurį iš marių į jūrą teka srovė, kurios vidutinis greitis 0,3 m/s, per stiprius štormus greitis padidėja iki 1,5 m/s, kartais ir daugiau. Sąnašinio grunto atsiradimas Klaipėdos uoste priklauso nuo srovės greičio, t.y. kuo srovės greitis mažesnis, tuo daugiau nešmenų nusėda dugne, taip pat sąnašų kiekis labai priklauso nuo vandens debito iš marių per Klaipėdos sąsiaurį bei debito iš Baltijos jūros į Klaipėdos sąsiaurį¹⁰.

Dugno nuosėdų sluoksnio paviršiuje (iki 10 cm) vyrauja smulkus smėlis ir įvairus dumblas. Šiaurinėje dalyje, ties uosto vartais, ir rytinėje bei vakarinėje pratakoje vyrauja smulkus smėlis, vidurinėje ir pietinėje dalyje, t.p. pusiau uždaroje uosto akvatorijose – stambaus ir smulkaus aleurito dumblas (M. Kūzavinis¹¹). Dėl technogeninių darbų, uosto akvatorijos tvarkymo, kasybos, dugno valymo daugelyje vietų dugno paviršiuje atsidendia moreninis priemolis ir priemolis (2 priedas sąnašų rūšys¹²).

¹⁰ Gailiušis B., Kriauciūnienė J., Kriauciūnas R. 2003. Sediment Budget in Klaipėda Strait. Water Resources. Vol. 30, No 4, p. 379-386

¹¹ Kuzavinis M. Klaipėdos sąsiauris. 2006. Visuotinė lietuvių enciklopedija, T. X (Khmerai-Krelle). – Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidybos institutas, 222 psl.

¹² Gulbinskas S. 2012. Klaipėdos uoste iškasamo grunto tvarkymas. KU Baltijos pajūrio aplinkos tyrimų ir planavimo institutas. SMOCS seminaras



3 pav. Klaipėdos uoste iškastas gruntas 2000-2010 metais¹³

Sąnašos Klaipėdos uoste susideda iš smėlio ir dumblo, moreninis gruntas vyrauja gilesniuose sluoksniuose, dažniausiai kasamas atliekant gilinimo darbus.

Uoste pučiant stipriems vėjams smėlis yra pakeliamas nuo dugno ir dalis jo, srovės pagalba, patenka į išorinį bei vidinį įplaukos kanalą. Paprastai uosto įplaukos kanalo dugno valymo darbai yra skelbiami tada, kai susikaupusių sąnašų kiekis pasiekia 50 tūkst. m³ grunto. Klaipėdos uoste gylio kaita yra gana dažnas reiškinys. Labiausiai gylyai kinta siaučiant audroms, tuomet vanduo gali nuplauti sąnašas, esančias prie krantinių. Prasiautus uraganui „Anatolijus“, gylis sumažėjo net 1,5 metro. Labiausiai uosto įplaukos kanalas buvo uženštas uraganų „Anatolijus“ ir „Ervinas“ metu, po kurių uosto kapitonui teko sumažinti įplaukiamų laivų grimzlę.

Remiantis mokslininkų atliktu tyrimu apie Klaipėdos sąsiaurio sąnašas, kurias atneša Nemuno tėkmė ir Baltijos jūros srovės, galima nustatyti, koks yra vidutinis metinis sąnašų kiekis visame Klaipėdos uoste - 1 lentelė¹⁴.

¹³ Gulbinskas S.2012. Klaipėdos uoste iškasamo grunto tvarkymas. KU Baltijos pajūrio aplinkos tyrimų ir planavimo institutas. SMOCS seminaras

¹⁴ Gailiušis B., Kriaučiūnienė J., Kriaučiūnas R. 2003. Sediment Budget in Klaipėda Strait. Water Resources. Vol. 30, No 4,p. 379-386.

1 lentelė. Metinis sąnašų kiekis Klaipėdos uoste¹⁵

Vidutinis metinis sąnašų kiekis Klaipėdos uoste tūkst. m ³				
-	Plaukiantis sąnašų kiekis iš marių	Nusėdęs Sąnašų kiekis iš marių	sąnašų kiekis iš Baltijos jūros	Iš viso
Tarptautinis keltų terminalas ir apsisukimo baseinas	67	32	-	98
Malkų įlanka ir farvateris ties "Klaipėdos Smeltė"	87	25	-	112
Vandens teritorija ties „Bega“ krantinėmis	41	22	-	74
Vandens teritorija prie krantinių N 60 - 10	52	24	-	92
Vandens teritorija prie krantinių N 5-1	68	12	33	80
Šiaurinė įplaukos kanalo dalis	-	-	210	210
Įplaukos kanalas	-	-	320	320
Iš viso	315	115	563	986

Tyrimai atlikti 2002 metais. Iš 1 lentelės matyti, kad Klaipėdos uoste daugiausia sąnašų susidaro ties uosto vartais iš Baltijos jūros, penkis kartus mažiau sąnašų nusėsta vandens tėkmės iš marių metu. Lentelėje taip pat pateiktas plaukiančių sąnašų kiekis.

Gailiūšis¹⁶ B. ir kiti tyrinėjo nešmenų pernašos procesus Klaipėdos sąsiauryje modeliavimo programos MIKE 21 ST pagalba. Šiuo modeliu galima apskaičiuoti vienetinį velkamų nešmenų debitą (m³/metai) bet kuriame vandens telkinio pjūvyje ir galimus dugno pokyčius (erozijos ir akumuliacijos zonas), kuriuos sukelia tėkmių poveikis. ST modelio pradiniai duomenys yra vandens telkinio batimetrija, tėkmės greičių laukai (sumodeliuoti HD modeliu), dugno šiurkštumo koeficientas, santykinis nešmenų tankis, dugno medžiagos aktyvumas, nešmenų dalelių skersmuo ir jų pasiskirstymas.

Pagal būdingus mėnesinius tėkmės debitus įvairaus vandeningumo metams suskaičiuoti 47 Klaipėdos sąsiaurio pjūvių velkamų nešmenų debitai. Didžiausias nešmenų debitas nustatytas labai

¹⁵ Gailiūšis B., Kriaučiūnienė J., Kriaučiūnas R. 2003. Sediment Budget in Klaipėda Strait. Water Resources. Vol. 30, No 4, p. 379-386.

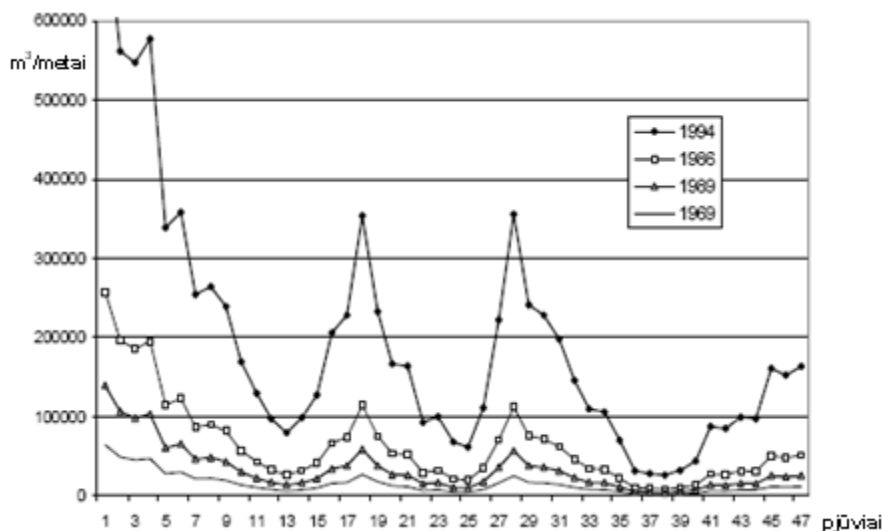
¹⁶ Gailiūšis B., Kovalenkoviėnė M., Kriaučiūnienė J., 2006. Svarbiausios šiaurinės Lietuvos hidrologinių tyrimų kryptys. ENERGETIKA. Nr. 3. P. 43–5

vandeningais 1994 m. Tai lėmė didelis pavasario potvynis, nes kovo mėn. vidutinis debitas buvo 2165, o balandį – 2802 m³/s. Vidutiniais (1986 m.) ir labai sausais metais (1969) nešmenų debitai gerokai mažesni (2 lent.).

Tėkmės krypties į Baltijos jūrą atveju sumodeliuoti nešmenų vienetiniai debitai, tėkmės debitams keičiantis nuo 500 iki 2800 m³/s. Didžiausi vienetiniai nešmenų debitai nustatyti tiriamos Klaipėdos sąsiaurio atkarpos pirmojo kilometro ruože. Vienetinio nešmenų debito padidėjimas pastebimas ruožuose nuo 16 iki 22, nuo 26 iki 32 ir nuo 41 iki 47 pjūvių (4 pav.). Pagal nešmenų debitų kreives, visuose Klaipėdos sąsiaurio pjūviuose galima nustatyti akumuliacijos zonas.

2 lentelė. Metiniai sąnašų kiekiai Klaipėdos uoste priklausomai nuo vandens debito sąsiauryje¹⁷

Metai	Nešmenų debitas m ³ /metai		Nusėdusių nešmenų kiekis sąsiauryje m ³ /metai
	1 pjūvyje	47 pjūvyje	
1994 (labai vandeningi)	737360	163600	573760
1986 (Vandeningi)	257555	51340	206215
1989 (vidutiniai)	139320	25720	113600
1973 (Vid. Sausi)	136430	27060	109370
1969(Labai sausi)	64100	11680	52420



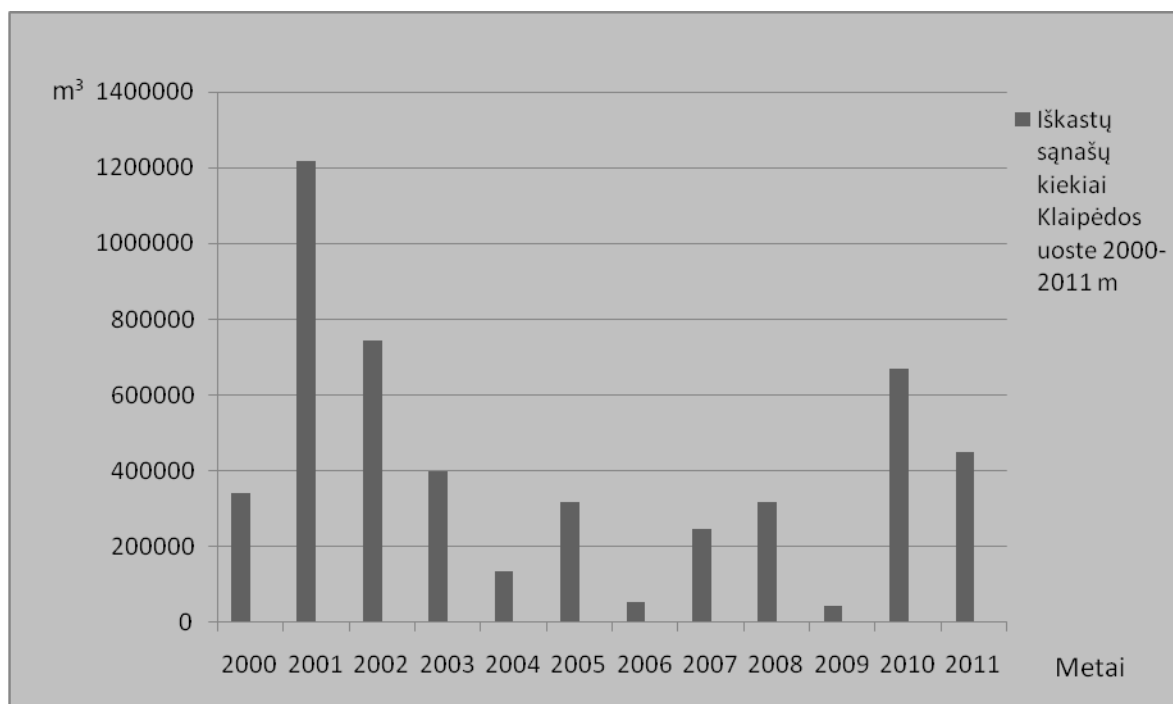
4 pav. Nešmenų debito pasiskirstymas įvairaus vandeningumo metais esant tėkmei į jūrą¹⁶

Esant tėkmei iš Baltijos jūros į Kuršių marias didžiausias smėlio pernašos debitas yra jūros vartų akvatorijoje nuo 42 iki 47 pjūvio. Taip pat nešmenų srautai padidės nuo 1 iki 8, nuo 16 iki 19 ir

¹⁷ Gailiūšis B., Kovalenkoviėnė M., Kriaučiūnienė J., 2006. Svarbiausios šiandieninės Lietuvos hidrologinių tyrimų kryptys. ENERGETIKA. Nr. 3. P. 43–5

nuo 26 iki 30 pjūvio. Tiek esant tėkmei į Baltijos jūrą, tiek į marias nešmenų vienetinio debito padidėjimo akvatorijos beveik sutampa, tik skiriasi vienetinio debito maksimalios reikšmės. Kai tėkmė nukreipta į jūrą, tai didžiausias nešmenų srautas yra 1 pjūvyje, o kai tėkmė nukreipta į sąsiaurį – 47 pjūvyje.

Pasinaudojus informacijos šaltinyje¹⁸ pateiktais duomenimis braižomas grafikas (5 paveikslėlis), kiek vidutiniškai per metus nuo 2000 m. iki 2011 m. Klaipėdos uoste buvo išsiurbiamas sąnašų.

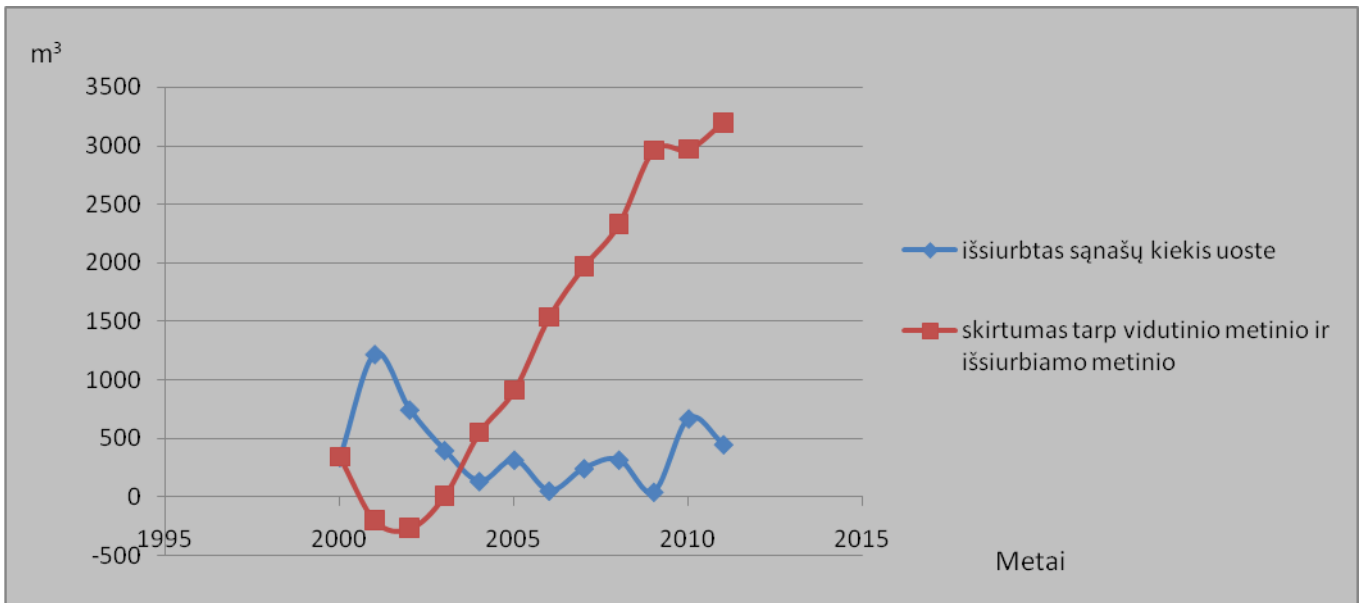


5 pav. Iškastų sąnašų kiekiai Klaipėdos uoste 2000-2011 metais

Vidutinis metinis iškastų sąnašų kiekis per metus 411846.9m^3

Valymo metu iškasamo grunto vidutiniai kiekiai įvairiose uosto akvatorijos dalyse 1994 – 1999 m. pateikta 3 priede. Vidutinis per metus valymo metu iškasto grunto kiekis – 689457 m^3

¹⁸ Gulbinskas S.2012. Klaipėdos uoste iškasamo grunto tvarkymas. KU Baltijos pajūrio aplinkos tyrimų ir planavimo institutas. SMOCS seminaras.



6 pav. Vidutinių metinių susikaupiančių ir išvalytų sąnašų 2000 – 2011 metais kiekio skirtumas

Grafike pavaizduotas vidutinis sąnašinio grunto kiekis per metus, kuris akivaizdžiai didesnis už vidutinį valomą kiekį.

Remiantis moksliniu straipsniu vidutiniškai per metus Klaipėdos uoste turėtų būti išsiurbama ir išgabenuama apie 678 tūkst. m³ (1 lentelė) susidariusių sąnašų¹⁹. Šiai dienai vidutiniškai per metus iš uosto išvežama 411 m³.

Pagal surinktus sąnašinio grunto Klaipėdos uoste duomenis ir šaltinius galima daryti išvadą, kad nusėdusio sąnašinio grunto kiekis priklauso nuo įvairių faktorių:

- vandens debito iš marių į jūrą ir iš Baltijos jūros į marias;
- vyraujančių srovių greičio bei krypties;
- sąnašinių dalelių parametru;
- sąsiaurio farvaterio parametru (gylis, ilgis, plotis).

Šiuo atveju sąnašinio grunto prognozavimas gali būti atliekamas kompiuterinių modeliavimo programų pagalba (MIKE 21 st) įvertinant aukščiau paminėtus punktus bei turint jų pilną statistiką.

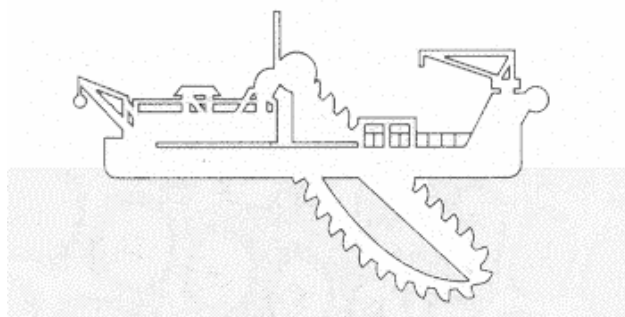
¹⁹ Gailiūšis B., Kriaučiūnienė J., Kriaučiūnas R. 2003. Sediment Budget in Klaipėda Strait. Water Resources. Vol. 30, No 4, p. 379-386.

2.3. Gilinimo ir valymo technikos apžvalga

Povandeninio grunto kasimo technika – tai visuma įrenginių, kurie gali kasti/siurbti, transportuoti ir išversti tam tikrą kiekį povandeninio grunto per laiko vienetą. Povandeninio grunto kasimo techniką sudaro specialios paskirties laivai, bei pagalbinė technika. Laivai pagal savo tipą skirstomi į žemkases ir žemsiurbes. Grunto kasimas žemkasėmis atliekamas ašmenų, specialių dantų, pagalba. Tinkamas bet kokiems gruntams dažniausiai pritaikomas sunkesniai, lipniam gruntui (molis, morena, akmenuotas gruntas). Iškastas gruntas dažniausiai transportuojamas baržų pagalba. Žemsiurbė – tai inžinerinis statinys skirtas povandeninio grunto siurbimo, transportavimo ir iškrovimo darbams atlikti. Darbas atliekamas, galingų kasimo siurblių, pagalbinių siurblių, aptarnavimo siurblių, vamzdynų pagalba bei kitais pagalbinais įrenginiais.

Mechaninės Žemkasės

Daugiakaušė žemkasė ang., „Bucket ladder dredger“ yra stacionari, gruntą kasa kaušų pagalba. Nesibaigianti kaušų grandinė įtaisyta ant laivo platformos (angl. ladder). Žemkasė sukonstruota ant „U“ formos pontonų. Gruntas kasamas kaušų grandinei besisukant prieš laikrodžio rodyklę. Gruntas esantis kaušuose iškart keliauja į prie žemkasės prišvartuotą baržą.



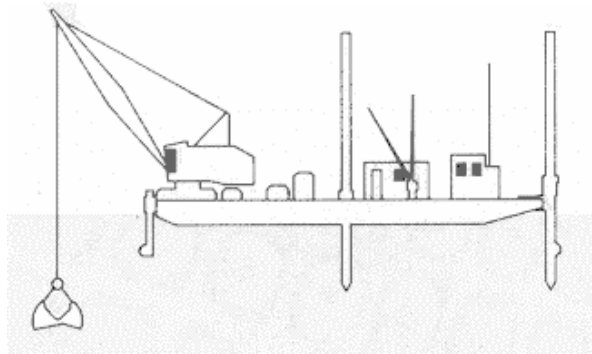
7 pav. Daugiakaušė žemkasė ang. „Bucket ladder dredger“¹⁹

Kaušų dydžiai svyruoja nuo 30 iki 1200 litrų. Su šia žemkase galima kasti tiek kietą (akmenuotas, molingas) tiek minkštą (smėlis, žvyras) gruntą (priklausomai nuo kasimo sistemos galingumo). Žemkasės trūkumai: reikalinga inkarų ir trosų sistema (6 inkarai, 6 trosai) kas labai suparaližuoja laivybą aplink žemkasę 150 m spinduliu, taip pat žemas produktyvumas, minimalus kasimo gylis 8m, maksimalus 30m²⁰.

²⁰ Prieiga per internetą: <<http://www.dredging.org/content.asp?page=105>>[žiūrėta 2011 m. Lapkričio 21 d.]

Greiferinė žemkasė ang. „Grab dredger“ plačiausiai naudojamos žemkasės visame pasaulyje. Statomi su triumais (angl. hopper) ir be triumų, su varytuvais ir be jų. Švartuojami panaudojant inkarus, trosus arba specialią sistemą, kuri sudaryta iš metalinių kuolų (angl. Spud's), jų ilgiai priklauso nuo žemkasės parametrų. Kuolų arba inkarų pagalba laivas pasiekia norimą kasimo tikslumą, bei galimybę lengvai judėti grunto atžvilgiu. Žemkasės kasimo pajėgumai priklauso nuo greiferio (angl. Grab) dydžio, kurie būna nuo 1 m³ iki 200 m³. Didelės žemkasės daugiausia naudojamos biriam gruntui kasti, o mažesnės specialioms darbams:

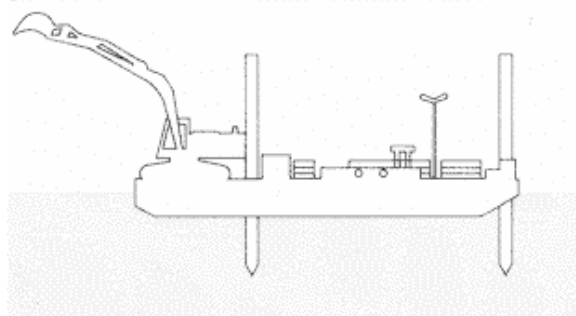
- uosto teritorijoje sunkiai prieinamose vietose;
- nedidelių kiekių kasimui esant dideliems gylių svyravimams;
- šalia krantinių, kurios užneštos ar sumažėjęs gylis jose;
- užkasti duobes, esančias dideliame gylyje.



8 pav. Greiferinė žemkasė ang. „Grab dredger“²¹

Žemkasės produktyvumas priklauso nuo: laivo pozicionavimo ir kasamo grunto. Lengvesniems gruntams naudojami didesni ir lengvesni kaušai, sunkesniams gruntui naudojami mažesni, sunkesni kaušai. Kasimo gylis priklauso nuo plieninio lyno ilgio esančio ant būgno.

Ekskavatorinės žemkasės ang. „Backhoe dredger“ būna su varytuvais ir be varytuvų, sukonstruotos ant pontonų. Norimoje pozicijoje grunto atžvilgiu išsilaiko ir juda kasimo metu metalinių kojų (angl. Spud's) pagalba iš kurių 2 yra fiksuotos, o viena judanti, o tai reiškia, kad kasimo gylis yra ribotas iki 15 metrų (maksimaliai 25m).



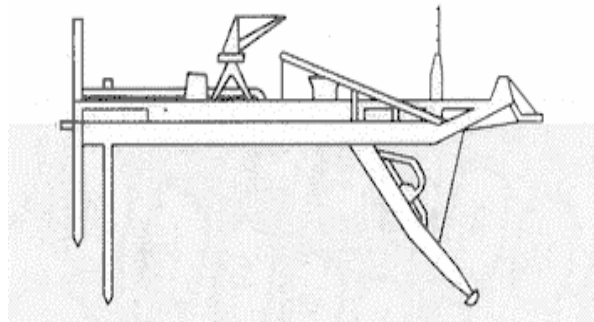
²¹ Prieiga per internetą: <<http://www.dredging.org/content.asp?page=105>>[žiūrėta 2011 m. Lapkričio 21 d.]

9 pav. Ekskavatorinė žemkasė ang. “Dipper and backhoe dredger”²²

Ant pontonų yra įtaisytas standartinis hidraulinis ekskavatorius, kasimo pajėgumai priklauso nuo kaušo dydžio, kuris svyruoja nuo keletos m³ iki 20 m³. Labiausiai tinkama kasti sunkesnę gruntą: molį, akmenuotus gruntuos, skaldytus akmenis, taip pat didesnių akmenų iškėlimui. Žemkasė patogi tuo, kad pozicijai išlaikyti naudoja ne inkarus ir trosus, bet metalines kojas, dėl to užima nedidelį darbo plotą, ir netrigdo laivų eismo aplink save dideliu spinduliu.

Žemsiurbės

Žemsiurbė su parentuvu ang. “Cutter suction dredger” yra stacionari ir turinti parentuvo (gražto) įrenginį (angl. cutter head) kurio pagalba gruntas yra pakeliamas (supurenamas) tam, kad būtų galima lengvai jį susiurbti panaudojant pompas. Grunto siurbimo metu žemsiurbė juda aplink koją (ang. spud) įtempiant ir atleidžiant šoninius lynus, kurių galuose yra pritvirtinti inkarai.



10 pav. Žemsiurbė su parentuvu ang. “Cutter suction dredger”²¹

Tokios rūšies žemsiurbė gali kasti visokių rūšių gruntą ir tai gali daryti labai dideliu tikslumu. Įsiurbtas gruntas paprastai transportuojamas vamzdymų pagalba. Tokio tipo žemsiurbės gali būti ir savaeigės, jos paprastai vadinamos jūrinėmis žemsiurbėmis, propulsija yra panaudojama kaip žemsiurbės transportavimo iš vieno uosto į kitą. Tokio tipo žemsiurbės paprastai klasifikuojamos pagal galingumą: jų būna nuo 50 kW iki 5000kW priklausomai koks yra grunto tipas. Galingos žemsiurbės gali siurbti net ir uolėtą gruntą.

Savaeigė žemsiurbė su hoperiu ang. “Trailing suction hopper dredger”

Savaeigė žemsiurbė su hoperiu ang. “Trailing suction hopper dredger” tai jūrinis arba vidaus vandenų laivas su specialiai suprojektuotu triumu – hoperiu (angl. hopper) ir aprūpintas modernia žemės siurbimo įranga, kurios pagalba gali savarankiškai pasikrauti arba išsikrauti. Pagrindinė įranga:

- vienas ar daugiau įsiurbimo vamzdžių, kurių galuose pritvirtinti velkamieji antgaliai (angl. draghead);

²² Prieiga per internetą: <<http://www.dredging.org/content.asp?page=105>>[žiūrėta 2011 m. Lapkričio 21 d.]

- vienas ir daugiau smėlio siurblių;
- specialus triumas – bunkeris (angl. hopper) kur gruntas gali nusėsti;
- lengvai valdomos laivo dugno povandeninės durys arba vožtuvai, skirti staigiai iškrauti gruntą (angl. dumping);
- įsiurbimo vamzdžių gervės;
- bangų kompensatorius (angl. swell compensator), tam kad būtų galima kontroliuoti atstumą tarp grunto ir velkamojo antgalio bangavimo metu;
- vamzdynų ir vožtuvų sistema skirta laivo pakrovimui ir iškrovimui.



11 pav. Savaeigė žemsiurbė su hoperiu „Trailing suction hopper dredger“ darbo metu²³

TSHD žemsiurbė dėl plataus panaudojimo gilavimo pramonėje, dar kitaip yra vadinama gilavimo pramonės darbinis arklys. Kad būtų galima išlaikyti tikslią laivo poziciją gilavimo metu žemsiurbei nereikalinga speciali inkaravimosi įranga, kas siaurame laivakelyje ar kanale gali sudaryti kliūtį saugiai praplaukti ar prasilenkti kitiems laivams.

Seniau TSHD žemsiurbės daugiausiai naudojamos dugno valymo ar farvaterių gilavimo darbams atlikti. Šiomis dienomis jos papildomai dar atlieka ir grunto papildymo darbus pvz:

²³ Prieiga per internetą: <<http://www.dredging.org/content.asp?page=105>>[žiūrėta 2011 m. Lapkričio 21 d.]

paplūdimių maitinimą, ir kita, kur yra reikalingas papildomas didelis kiekis grunto. Pagrindinė priežastis dėl kurios tokio tipo žemsiurbėms yra teikiama pirmumo teisė lyginant su kita gilinimo technika yra todėl, kad prisiurbtą gruntą gali nugabenti didelius atstumus.

TSHD žemsiurbės privalumai:

- laivas nesiurbia grunto fiksuotoje pozicijoje, juda laisvai todėl neturi inkarų ir plieninių lynų, kas yra labai svarbu atliekant darbus uosto akvatorijoje;
- laivas yra tinkamas dirbti netoli kranto.

Gruntas, kuris gali būti siurbiamas: nešmenys (dumblas), smėlis, molis. Molio siurbimas yra problematiškas, nes susidaro didelė galimybė užkišti vamzdynus ir sistemą, todėl jo siurbimas reikalauja daugiau išteklių ir patirties.

Galimų atlikti darbų pobūdis: dūngo valymo darbai, dugno gilinimo darbai, povandeninių vamzdžių ar kitų objektų užkasimas smėliu, grunto transportavimas bei laidojimas jūroje, grunto iškrovimas vamzdynų pagalba į krantą ar norimus objektus, paplūdimių maitinimas.

Gilinimo ir valymo technikos panaudojimo ribos nėra griežtai apibrėžtos ir kartais gali priklausyti nuo sutarties ar kitų sąlygų. Lentelėje pateiktas trumpas skyriaus apibendrinimas priklausomai nuo norimų atlikti darbų pobūdžio.

3 lentelė. Žemsiurbių/žemkasių darbo galimybės

	Daugiakaušė žemkasė	Greiferinė žemkasė	Ekskavatorinė žemkasė	Žemsiurbė su purentuvu	Savaeigė žemsiurbė su hoperiu
Kasant/siurbiant smėlingą gruntą	taip	taip	taip	taip	taip
Kasant/siurbiant molingą gruntą	taip	taip	taip	taip	taip
Kasant/siurbiant akmenuotą gruntą	taip	ne	taip	taip	ne
Inkarų trosai	taip	taip	ne	taip	ne
Maksimalus kasimo/siurbimo gylis [m]	30	>100	20	25	100
Galimybė atlikti tikslų siurbimą/kasimą	taip	ne	taip	taip	taip
Transportuoti gruntą panaudojant vamzdyno liniją	ne	ne	ne	taip	taip
Galimybė kasti griną gruntą	taip	taip	taip	ribota	ne

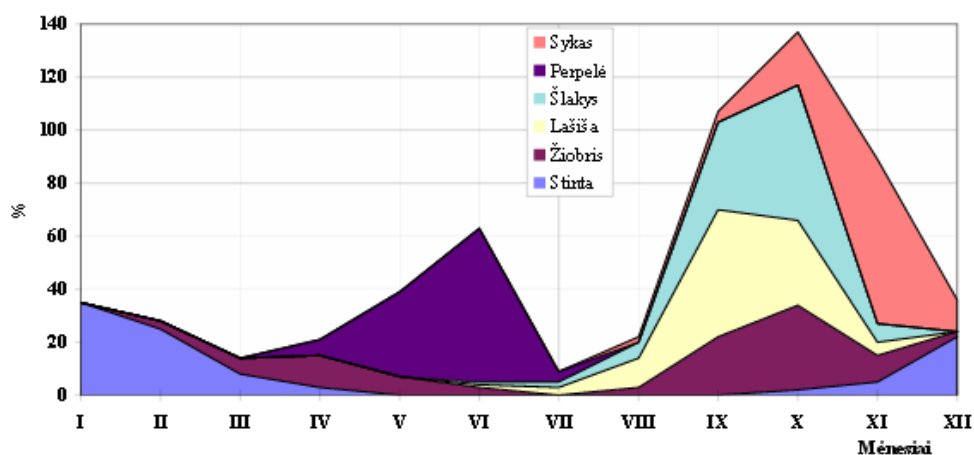
Kiekvienas žemkasės ar žemsiurbės tipas turi savo darbo akvatoriją kurioje jų produktyvumas yra optimalus technologiniu bei ekonominiu požiūriais.

2.4 Gilinimo ir valymo technikos įtaka aplinkosaugai

Aplinkosauginės sritys kurioms gilinimo ir valymo technika gali turėti įtakos yra: atmosferos tarša (oras), akvatorijos tarša, žuvų migracijos trigdymas, socialinis poveikis, poveikis mikrobiologiniams organizmams (dumblas ir kita).

Šiuolaikinė gilinimo ir valymo technika yra suprojektuota taip, kad atitiktų minimalius keliamus aplinkosaugos reikalavimus, kurie pateikti konvencijoje MARPOL -73/78. Gilinimo ir valymo darbai turi būti atliekami vadovaujantis Grunto kasimo jūrų ir jūrų uostų akvatorijose ir iškasto grunto tvarkymo taisyklės” (LAND 46A-2002), 1992 m. bei, Helsinkio konvencija dėl Baltijos jūros baseino jūrinės aplinkos ir kitų tarptautinių konvencijų reikalavimais. Aukščiau paminėtos atmosferos ir akvatorijos taršos iš laivų problemos yra kontroliuojamos ir minimizuojamos. Socialinis poveikis tiesiogiai susijęs su gilinimo technikos keliamu triukšmu, tačiau atžvelgiant į šiuolaikinę gilinimo techniką triukšmas yra beveik negirdimas arba minimalus²⁴.

Žuvų migracijos ir neršto metu gilinimo darbai turėtų būti ribojami 5-kioms praeivių žuvų rūšims kurios ypač svarbios Klaipėdos sąsiauryje: lašišos yra įtrauktos į Lietuvos raudonąją knygą, perpelės, žiobriai ir šlakiai priklauso saugomoms žuvų rūšims, stintos yra labai svarbios verslinės žuvų rūšys. Būtent šioms žuvų rūšims yra įvesti Aplinkos ministerijos gilinimo ir valymo darbų apribojimai migracijų metu. Šie darbai gali būti stabdomi, jei lašišų migracijos intensyvumas Klaipėdos sąsiauryje siekia 0,3 individo/1 standartiniam tinklui, šlakių –0,5, žiobrių ir perpelėlių –po 10 individų, stintų –200 individų.



12 pav. Pagrindinių praeivių žuvų rūšių migracijų terminai ir intensyvumas (% nuo bendro migruojančių per metus žuvų skaičiaus) Klaipėdos sąsiauryje²⁴

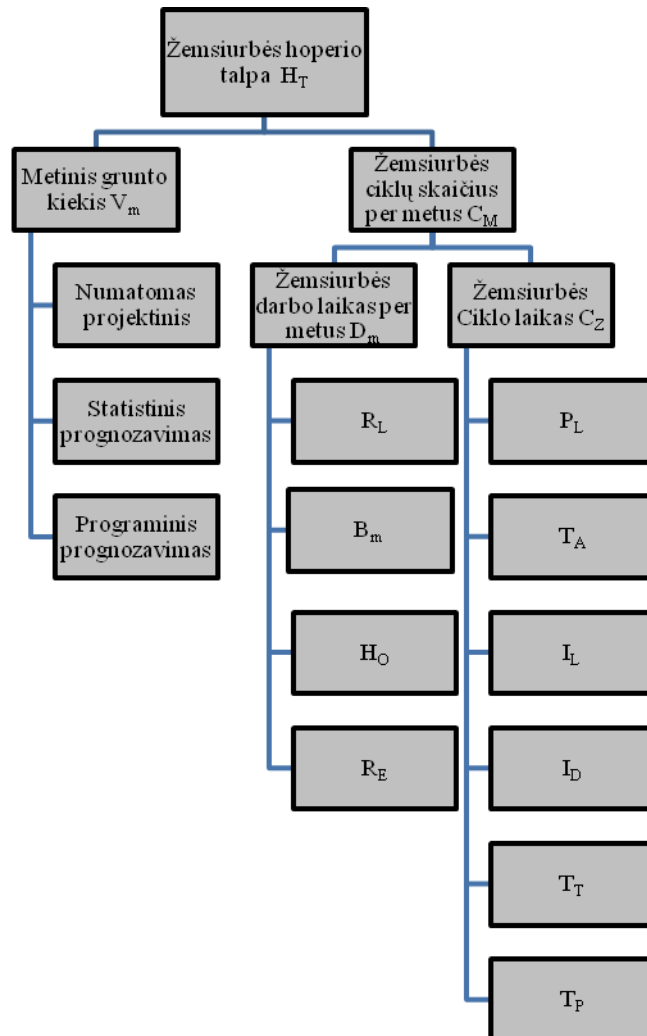
²⁴ Prieiga per internetą:>

http://www.portofklaipeda.lt/uploads/ivairus/Gil-plat-PAV-atask_10-1%20DALIS%20ATASKAITA_doc.pdf>[žiūrėta 2013 m. birželio 1d.]

12 paveikslėlyje matyti, kad aktyviausia migracija vyksta rugpjūčio - lapkričio bei gegužės - birželio mėnesiais, tokiu atveju tam kad minimizuoti žala būtų atiekami žuvų migracijos stebėjimai ir pasiekus aukčiau paminėtą ribą gilinimo darbai perkeliama į kita vietą arba sustabdomi laikinai. Darbe nagrinėjant žemsiurbės optimalų darbą matyti kad minimizuoti žalą aplinkai, mūsų atveju reikia įvertinti valymo technikos galimą nedarbo laiką dėl žuvų migracijos bei neršto laikotarpio. Prieš atliekant valymo darbus reikėtų atlikti išsamų poveikio aplinkai vertinimą

III. SAŃAŠINIO GRUNTO VALYMO TECHNIKOS OPTIMIZAVIMO MODELIAVIMO METODIKA

Norint sukurti sąnašinio grunto valymo technikos optimizavimo modelį reikalinga sudaryti matematinio modelio schemą, kuri tiksliai apibrėžia modelio sandarą 13 pav.



13 pav. Matematinio modelio schema

Matematinio modelio schemeje pavaizduoti pagrindiniai parametrai, kurie bus naudojami modeliuojant. Modelis sudarytas priimant sąlygas:

- fiksuojami uosto techniniai parametrai (akvatorijos gylis, plotis, ilgis, forma ir kt.);
- parenkamas modeliuojamos gilinimo technikos tipas;
- pasirenkama žemsiurbės eksploatavimo akvatorija.

Modelio pagrindinis tikslas – nustatyti optimalios žemsiurbės talpą. Žemsiurbės produktyvumas didžiaja dalimi priklauso nuo talpos.

Prognozuojamas metinis sąnašų kiekis, kuris turi būti išvalomas kasmet norint uoste palaikyti projektinį gylį, tokiu būdu užtikrinant įplaukiančių ir išplaukiančių laivų saugumą, priklauso nuo įvairių faktorių bei tyrimo metodų, tam tikslui reikalinga atlikti sąnašų kiekio uoste tyrimą.

Ciklų skaičius tiesiogiai susijęs su darbu, kurį atlieka žemsiurbė. Siekiant apskaičiuoti ciklų kiekį, būtina susieti ir suderinti faktorius, kurie tiesiogiai daro įtaką tokios gilinimo technikos darbams. Matematinio modelio schemoje yra pateikti modelio blokai, kiekvienas blokas yra įvertinamas ir pagrindžiamas formulėmis ir skaičiavimais, kurie smulkiau nagrinėjami tolesniuose poskyriuose.

3.1 Sąnašų kiekio uoste tyrimo metodika

Prognozuojamas sąnašų kiekis po laiko periodo t , priimant linijinę priklausomybę, gali būti apskaičiuotas pagal formulę²⁵:

$$Q_t = Q_0 + bt \quad (1)$$

Kur: Q_0 - išsiurbtų sąnašų kiekis pirmaisiais metais;

t - skaičiuojamas laiko periodas metais;

b – koef. skaičiuojamas pagal formulę⁸;

$$b_i = (Q_{ti} - Q_0)t_i \quad (2)$$

Čia: Q_{ti} - išsiurbtų sąnašų kiekis i -taisiais metais

t_i - laiko periodas nuo pirmųjų metų

Galutinis koef. B bus lygus⁸:

$$b = \sum b_i / n_i \quad (3)$$

n_i - koef. b_i reikšmių skaičius

Atsitiktinių dydžių dispersija⁸

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{n-1} \sum_1^n (x_i - m_{yi})^2 \quad (4)$$

$$S_{my} = \sqrt{\sigma_y^2} \quad (5)$$

S_{my} - atitinkamų dydžių standartas⁸

Turint keletos metų statistinę išsiurbiamų sąnašų kiekio Klaipėdos uoste informaciją, apskaičiuojame atsitiktinių dydžių matematinę viltis pagal sekančią formulę⁸:

²⁵ Paulauskas, V. 2002. Srautų tyrimo metodika. Klaipėda: KU leidykla.

$$m_{yi} = \frac{1}{n} \sum_1^n x_{i_i} \quad (6)$$

čia: $\sum x_{i_i}$ - bendras sąnašų kiekis per atitinkamą periodą

n - periodo, per kurį $\sum x_{i_i}$ išsiurbtas sąnašų kiekis dalių skaičius (pvz. metų) todėl ir matematinė viltis bus išreikšta tuo periodu.

Turint matematinę viltį, galima apskaičiuoti atsitiktinių dydžių dispersiją.

σ_y^2 - atsitiktinių dydžių dispersija

Norint nustatyti, kiek nagrinėjami dydžiai yra išsiskirstę, apskaičiuojame variacijos koef⁸:

$$\delta = S_{my} / m_y \quad (7)$$

čia: δ - variacijos koef.

Gautas variacijos koeficientas rodo, ar sąnašų kiekis yra pastovus, ar ne. Kai sąnašų kiekio variacijos koeficientas yra mažesnis kaip 20%, vertinami kaip pastovūs, jei variacijos koeficientas didesnis nei 20% - nepastovūs. Kai kiekiai yra pastovūs, daug tikslesnės yra trumpalaikės prognozės, kai nepastovūs - trumpalaikių prognozių tikslumas mažesnis (Paulauskas V. 2011.)

Daugiakriterinis srautų prognozavimo būdas apjungia ir įvertina įvairių faktorių įtaką srautams. Pritaikysime šį prognozavimo metodą prognozuojant sąnašų kiekį Klaipėdos uoste, pagrindiniai faktoriai, kurie yra vertinami daugiakriteriniame srautų prognozavimo metode yra:

- ekonominė bendra situacija (globalinė), t.y. bendras ekonomikos pokytis;
- šalies (užuosčio) ekonominė situacija ir jos galimi pokyčiai;
- transporto sistemos pajėgumas ir jos plėtros prognozės (naujų geležinkelio linijų, terminalų, uosto, logistikos centrų ir panašiai, plėtra);
- šalies perkamosios galios prognozės konkrečių prekių grupių atžvilgiu;
- konkurentų veiksmai ir jų plėtros programos;
- faktoriai darantys įtaką krovinių srautams, pavyzdžiui trąšų panaudojimo kiekiai ir jų įtaka galimiems derliams;
- galimi politiniai pokyčiai ir jų galima įtaka konkrečioms transporto koridoriams;
- galimi administraciniai pokyčiai ir galima jų įtaka srautų persikirstymui;
- kiti papildomi veiksmai, tokie kaip gamtiniai, kataklizmai, galimi kariniai konfliktai ir panašiai.²⁶

²⁶ Paulauskas, V. 2002. Srautų tyrimo metodika. Klaipėda: KU leidykla.

Kadangi daugiakriterinis prognozavimas bus taikomas sąnašų kiekiui prognozuoti tai papildomai taikysime šiuos faktorius:

- vandens debitas;
- hidrometeorologinės sąlygos.

Daugiakriterinio prognozavimo atveju bendra lygtis užrašoma²⁴:

$$Q_T = (Q'_0 + BT)M \quad (8)$$

čia: Q_T - prognozuojamas kiekis t laikotarpiu;

Q' - kiekis paskutiniame statistiniame taške;

B - prognozavimo koeficientas, gaunamas remiantis statistiniais duomenimis

T - prognozavimo periodas;

M - daugiakriterinio prognozavimo koeficientas, apskaičiuojame pagal formulę²⁴:

$$M = \sum (K_m F_m) \quad (9)$$

čia: K_m - veiksnių svorio koef. Jų bendra suma turi būti lygi vienetui

F_m - santykiniai veiksniai, kurie Q'_0 taške lygūs vienetui.

Veiksnių svoriai bus nustatyti taikant eksperimentinį metodą, t.y. panaudojant turimus daugiamečius statistinius duomenis

Vidutinis metinis sąnašų kiekis²⁷ S

$$S = \frac{1}{n} \sum S_{Mi} \quad (10)$$

čia: S_{Mi} - sąnašų kiekis i-taisiais metais

n - skaičiuojamų metų kiekis.

Bendras SB sąnašų kiekis uoste²⁵

$$SB = S + B_{vid} \quad (11)$$

Gylio pokyčių dėl sąnašų uoste skaičiavimai²⁵:

$$S_{MR} = L_{iki10} * B_{Uvid} \quad (12)$$

čia: S_{MR} - plotas uoste, kur nusėda sąnašos.

L_{iki10} -akvatorijos ilgis

B_{Uvid} - vidutinis plotis

²⁷ (Prof.ir. Vlasblom W.J 2000.) Prieiga per internetą: <<http://www.dredging.org/content.asp?page=105>>[žiūrėta 2011 m. Lapkričio 21 d.]

Turint plotą galima apskaičiuoti gylio pokytį H dėl sąnašų.

Vertinant vidutinį sąnašų kiekį⁹:

$$H = \frac{S_{\min}}{S_{MR}} \quad (13)$$

Gylio pokytis H , uoste priklauso nuo ploto kuriame nusėsta sąnašos.

Siurbtinių sąnašų kiekio navigaciniuose kanaluose skaičiavimai:

Navigacinių kanalų plotas, kuriais plaukioja laivai uosto akvatorijoje, skaičiuojami pagal formulę 16 :

Bendras reikiamų išsiurbti metinis sąnašų kiekis V_S uosto projektiniam gyliui palaikyti skaičiuojamas²⁸:

$$V_S = \sum V_{SMi} \quad (14)$$

V_{SMi} - Sąnašų kiekis navigaciniuose kanaluose

Įplaukos kanalo gylis turi užtikrinti saugų laivų įplaukimą į uostą ir išplaukimą iš jo esant sudėtingoms sąlygoms. Bendroju atveju įplaukos kanalo gylį galima apskaičiuoti pagal formulę²⁹:

$$H_{\min} = T + \Delta T_V + \Delta T_{\theta} + \Delta T_{\psi} + \Delta H_m + \Delta H_{V.L} + \Delta H_{\Delta V.L} + \Delta H_n \quad (15)$$

čia: T -maksimali laivo grimzlė;

ΔT_V - laivo grimzlės padidėjimas dėl prasėdimo, plaukiant 6 mazgų greičiu bus nuo 0.2- 0.25 m;

ΔT_{θ} - laivo grimzlės padidėjimas dėl pasvirimo;

ΔT_{ψ} - laivo grimzlės padidėjimas dėl bangavimo poveikio; 0.3-0.4 m;

ΔH_m - gylio matavimo tikslumas 0.1-0.2 m;

$\Delta H_{V.L}$ - vandens lygis konkrečioje uosto vietoje;

$\Delta H_{\Delta V.L}$ -vandens lygio matavimo tikslumas 0.05- 0.2;

ΔH_n - navigacinė atsarga. 0.2-0.3 m nedideliems laivams, 0.5 m tanklaiviams, LNG ir kt.

3.2 Optimalios žemsiurbės panaudojimo tyrimo metodika

Optimalus žemsiurbės panaudojimas priklauso nuo norimų atlikti darbų, didžiaja dalimi pasirinkus gilinimo technikos tipą galima atlikti jos optimalaus panaudojimo tyrimą. Tyrimas

²⁸ (Prof.ir. Vlasblom W.J 2000.) Prieiga per internetą: <<http://www.dredging.org/content.asp?page=105>>[žiūrėta 2011 m. Lapkričio 21 d.]

²⁹ Paulauskas V. 2011. Optimalus uostas. Klaipėda, KU leidykla.

atliekamas naudojant žemsiurbės talpą kaip optimalumo rodiklį, kuris priklauso nuo norimo išsiurbti sąnašų kiekio, bei žemsiurbės ciklo. Žemsiurbės ciklų skaičių per metus galima apskaičiuoti iš bendros formulės³⁰:

$$H_T = \frac{V_S}{C_M} = \frac{V_S}{\frac{D_M \cdot 24 \cdot 60}{P_L + T_A + I_L + I_D + T_T + T_P}} = \frac{V_S [P_L + T_A + I_L + I_D + ((\frac{S_T}{V_T}) \cdot 60) + 2(\frac{S_U}{V_U}) \cdot 60 + ((\frac{S_T}{V_P}) \cdot 60)]}{(365 - (R_L + B_m + H_o + R_E))1440} \quad (16)$$

čia, H_T - žemsiurbės hoperio talpa;

V_S - metinis sąnašų kiekis gaunamas atliekant skaičiavimus, metodika pateikta 3.2 poskyryje;

C_M - žemsiurbės ciklų skaičius per metus;

R_L - remonto dienos per metus, paprastai tokio tipo žemsiurbėms vidutiniškai metuose kartą reikia atlikti remonto darbus, jo trukmė priklausomai nuo laivo būklės, bei darbo tvarkaračio svyruoja nuo 30 iki 90 dienų;

B_m - bunkiruotės, maisto atsargos, įgulos keitimas per metus. Bunkiruotės laikas didžiaja dalimi priklauso nuo aptarnaujančio tanklaivio pajėgumo bei bunkiruojamo kiekio. Klaipėdos uoste vienos bendrovės teikiančios bunkiravimo paslaugas pajėgumai 15m³/h – 100 m³/h [44]. Maisto atsargų papildymas bei įgulos keitimas gali būti atliekamas ir nepertraukiant žemsiurbės darbo, tačiau yra atvejų, kai kyla pavojus įgulos ar laivo saugumui, tuomet darbai yra nutraukiami, kol bus užbaigta maisto ir įgulos operacija, laikas priklauso nuo įvairių sąlygų ir įgulos profesionalumo vidutiniškai (10 – 20 min);

H_o - hidrometeorologinės sąlygos, kurioms esant žemsiurbė negali dirbti. Kiekviena žemsiurbė turi techninius parametrus, kuriuose nurodyta, prie kokių sąlygų laivas gali dirbti, paprastai tai yra nurodoma bangos aukčiu, vėjo stiprumu, boforto skale. Kadangi žemsiurbė dirbs Klaipėdos uoste, o uostas dėl hidrometeorologinių sąlygų yra uždaromas, kai vėjo greitis pasiekia 20m/s ir daugiau, tai priimame, kad žemsiurbė nedirbs, uždarius uostą. Štormų skaičius per metus 29 (1 lentelė, 1 PRIEDAS);

R_E - einamasis remontas, nenumatyti gedimai, dėl kurių laivas negali tęsti darbo, priklauso nuo faktorių: laivo būklės, darbo rajono, įgulos profesionalumo. Dienų skaičius per metus įvertinamas iš praktikos. (priimama nuo 10 d. iki 40 d.);

P_L - vidutinis žemsiurbės pasikrovimo laikas, paprastai jis priklauso nuo: grunto tipo, kasamos akvatorijos, siurblių galingumo, kasamo gylio ir kt. Projektuojant tokio tipo laivus vidutiniškai yra

³⁰ (Prof.ir. Vlasblom W.J 2000.) Prieiga per internetą: <<http://www.dredging.org/content.asp?page=105>>[žiūrėta 2011 m. Lapkričio 21 d.]

siekama, kad toks laivas pasikrautų per 90 min. Realybėje pasikrovimo laikas svyruoja nuo 65 min iki 480 min. Skaičiavimuose žemsiurbės pasikrovimo laiką įvertinsime eksperimentiniu būdu;

T_A - laiko atsarga, priimama dėl nenumatytų priežasčių tokių kaip, navigacija (prasilenkimas su kitais laivais,) hidrometeorologinės sąlygos ir kt;

I_L - žemsiurbės išsikrovimo laikas per kranto jungtį – vidutiniškai 90 min;

I_D - žemsiurbės išsikrovimas dampingo būdu nuo 5 – 30 min (priklausomai nuo grunto, dampingo padėties ir kt.);

S_U - plaukimo atstumas uoste;

S_T - atstumas nuo uosto vartų iki dampingo arba kt. išsikrovimo vietos;

V_T - plaukimo greitis (tuščia žemsiurbė) nuo 12- 18 kt;

V_P - plaukimo greitis (pilna žemsiurbė) nuo 10- 16 kt;

V_P - plaukimo greitis uoste. Šiuo metu maksimalus greitis Klaipėdos uoste 6 mazgai.

Žemsiurbės talpa nebus lygi 100% užpildymui, t.y., jei turime 1000m³ hoperį tai geriausiu atveju jis gali būti užpildomas 90%. Priklausomai nuo grunto tankio užkrovimo procentas gali sumažėti ir iki 65% , patikslinta žemsiurbės talpa bus lygi³¹:

$$H_{T(corr)} = \frac{H_T}{corr} \quad (17)$$

Čia $corr$ -pakrovimo paklaida priimamas (0.9-0.65), priklauso nuo grunto tankio (1730-1300 kg/m³)

Sudarytas matematinis modelis kompiuterinėje programoje microsoft excel 14 paveikslėlis.

³¹ (Prof.ir. Vlasblom W.J 2000.) Prieiga per internetą: <<http://www.dredging.org/content.asp?page=105>>[žiūrėta 2011 m. Lapkričio 21 d.]

- gali būti lengvai modifikuojamas ir integruotas prie norimų sąlygų;
- galima optimizuoti žemsiurbės darbo laiką;
- galima prognozuoti valymo darbų atlikimo laiką;

Modelio trūkumai:

- tikslumas ir patikimumas priklauso nuo naudojamos informacijos tikslumo

Norint padidinti modelio tikslumą, reikalinga turėti tikslius užduoties ar projekto parametrus bei reikalavimus.

Teorinėje dalyje pateiktos formulės yra naudojamos formuojant matematinį modelį, kurio pagrindinis tikslas yra nustatyti žemsiurbės hoperio talpą, kuri tiesiogiai priklauso nuo planuojamo išsiurbti sąnašų kiekio. Teorijoje nėra pateikta modelyje naudojamo atstumo skaičiavimo formulyno, nes tai yra mažai susiję su modelio pagrindiniu tikslu. Vertinant pakrautos žemsiurbės plaukimo atstumą yra patogiu ir daug tiksliau įvertinti atstumą panaudojant koordinačių sistemą GPS, todėl turint ilgumą ir platumą galima greitai ir tiksliai įvertinti plaukimo atstumą, kas smarkiai susiję su laivo darbo ciklo laiku. Toks atstumo skaičiavimo modelis plačiai naudojamas laivyboje, mūsų atveju jis yra integruotas į matematinį modelį kaip pagalbiniė priemonė.

IV. ŠAŅAŠINIO GRUNTO VALYMO TECHNIKOS OPTIMIZAVIMO MODELIAVIMAS

Valymo technikos optimizavimas tiesiogiai susyjęs su sąnašų kiekiu kuris turi būti išvalytas. Kad nustatyti sąnašų kiekio metines ir prognozuojamas apimtis bus atliekama Klaipėdos uosto sąnašų prognozė, gauti rezultatai palyginami su ankščiau išvalytu sąnašų kiekiu bei atliekami gylio sumažėjimo uoste dėl sąnašų skaičiavimai. Gilinimo technikos darbas bus optimizuojamas per žemsiurbės darbo laiką.

4.1. Sąnašų kiekio Klaipėdos uoste tyrimas

Apskaičiuojama sąnašinio grunto kiekio linijine prognoze 2017 metams, remiantis statistiniu išsiurbto grunto kiekiu 2003-2011 metais. Duomenys pateikti 2 lentelėje.

Apskaičiuojami koeficientai pagal (3) formulę b_1 :

$$b_1 = \frac{1218.28 - 340.09}{2} = 439.095$$

Analogiška formule atliekami visų b koef. skaičiavimai, duomenys suvesti 4 lentelėje.

4 lentelė. Koef. b reikšmės

b1	439.095	b6	-40.72
b2	135.12	b7	-11.84
b3	14.98	b8	-2.43
b4	-40.74	b9	-29.51
b5	-3.62	b10	29.99

Apskaičiuojamas galutinis koeficientas b pagal (2) formulę:

$$b = \frac{439.1 + 135.12 + 14.98 - 40.75 - 3.62 - 40.73 - 11.84 - 2.43 - 29.51 + 29.99 + 9.16}{11} = 45.4$$

Prognozuojamas sąnašų kiekis 2017 metams (1) formulė:

$$Q_{2017} = 340 + 45.4 * 18 = 1157.2 \text{ tūkst. m}^3$$

Pasirinktas 5 metų laikotarpis, nes gilinant Klaipėdos uostą keičiasi ir nusėdančių sąnašų kiekis, todėl prognozuojamas trumpas laikotarpis. Atlikus linijinės prognozės skaičiavimus matome, kad prognozuojamas kiekis smarkiai išaugo, todėl priimama, kad linijinis prognozavimo metodas nėra tikslus, toliau taikysime daugiakriterinį prognozavimo metodą.

Apskaičiuojame atsitiktinių dydžių matematinę viltį pagal (6) formulę:

$$m_{yi} = \frac{1}{12} * (340.09 + 1218.28 + 745.45 + 400 + 136.36 + 318.38 + 55 + 245.4 + 318.2 + 45 + 670 + 450) = 411.847$$

Paskaičiuojame Sąnašų kiekio dispersiją (4) formulę:

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{9-1} * ((340 - 411.85)^2 + (1218.28 - 411.85)^2 + (745.45 - 411.85)^2 + (400 - 411.85)^2 + (136.36 - 411.85)^2 + (318.38 - 411.85)^2 * 2 + (55 - 411.85)^2 + (245.4 - 411.85)^2 + (318.2 - 411.85)^2 + (45 - 411.85)^2 + (670 - 411.85)^2 + (450 - 411.85)^2) = 110730$$

Skaičiuojame atitinkamų dydžių standartą pagal (5) formulę

$$S_{my} = \sqrt{110730} = 332.76$$

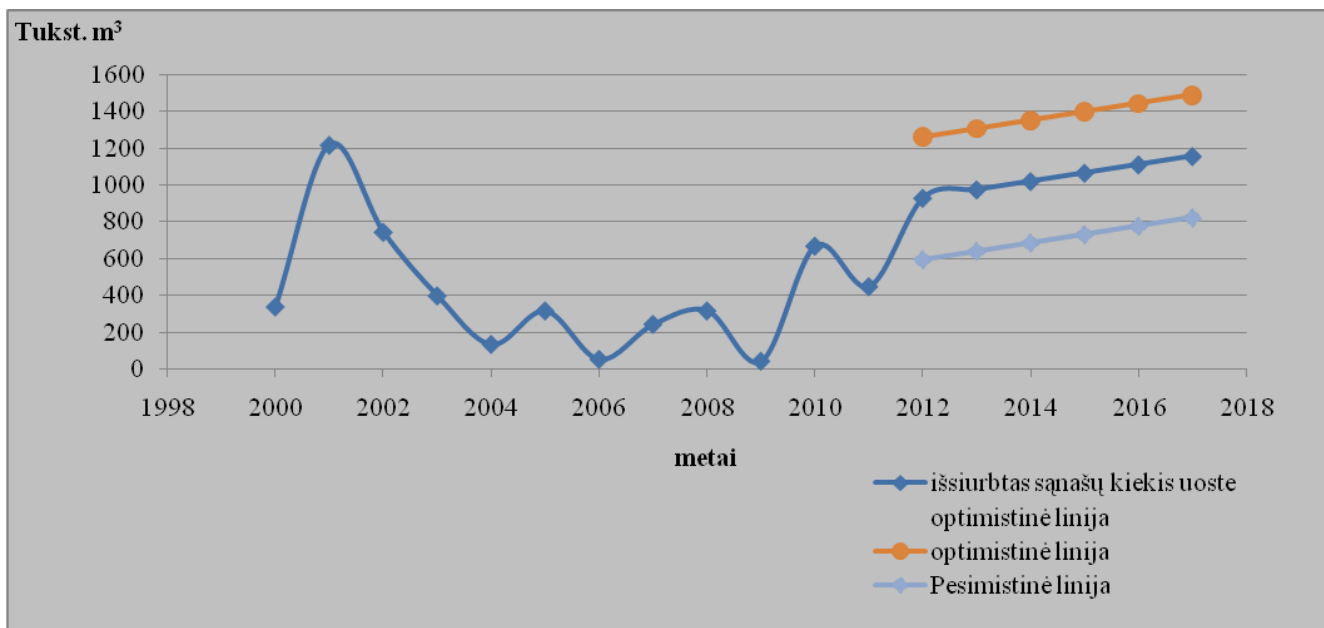
Optimistinis:

$$Q_{2017opt} = Q_{2017} + S_{my} = 1157.41 + 332.76 = 1490.17 \text{ tūkst.m}^3$$

Pesimistinis:

$$Q_{2017opt} = Q_{2017} - S_{my} = 1157.41 - 332.76 = 824.653 \text{ tūkst.m}^3$$

Atlikus skaičiavimus braižomas grafikas 15 pav:



15 pav. Sąnašų kiekio valymo Klaipėdos uoste prognozė 2017m.

Iš grafiko matyti bendra didėjanti siurbiamų sąnašų uoste tendencija, t.y., kad vidutiniškai uoste atliekamų valymo darbų apimtys didėja ir vis daugiau sąnašų su kiekvienais metais reikės išvalyti iš uosto akvatorijos.

Norint nustatyti, kiek nagrinėjami dydžiai yra išsiskirstę, apskaičiuojame variacijos koef (7) formulė:

$$\delta = 332.76 / 411.847 = 0.8$$

Srautas yra nepastovus

Atlikus linijinės prognozės skaičiavimus iš grafiko (11 pav.) matyti, kad prognozavimo paklaida yra didelė, nes vertinant statistinę daugiametę informaciją vidutiniškai yra išvaloma apie 411 tūkst. m³ grunto. Sulyginus vidutinį sąnašų kiekį ir linijinės prognozės metu gautą kiekį matome, kad paklaidos ženkliai didelės, todėl atliksime daugiakriterinį prognozavimą.

- vandens debitas $K_{m1} = 0.4$

- hidrometeorologinės sąlygos $K_{m2} = 0.6$

K_{m1}, K_{m2} - įvertinamas remiantis tyrimo [4] statistiniais duomenimis iš 1 lentelės.

F_{m1} - įvertinamas remiantis tyrimo [20] statistiniais duomenimis iš 2 lentelės.

F_{m2} - įvertinamas remiantis 4 lentelės duomenimis.

5 lentelė. Koef. F_{m1} ir F_{m2} reikšmės

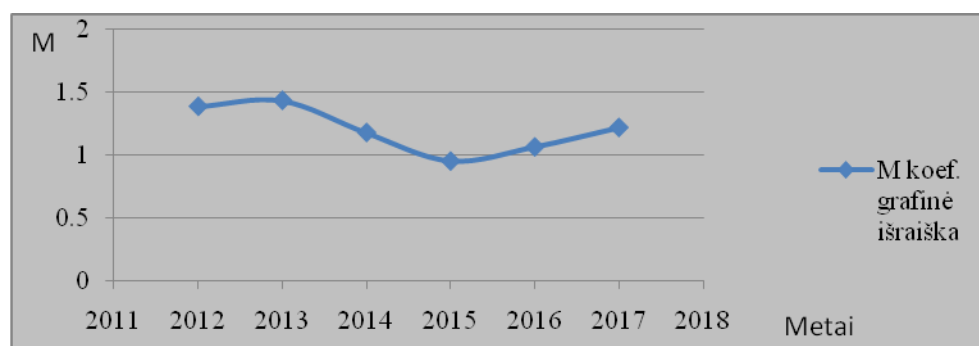
Metai	2012	2013	2014	2015	2016	2017
F_{m1}	1.6	2.2	1.2	1.1	0.9	1.3
F_{m2}	1.25	0.93	1.17	0.86	1.18	1.17

Apskaičiuojame daugiakriterinio prognozavimo koef M:

6 lentelė. M koef. reikšmės

Metai	2012	2013	2014	2015	2016	2017
$F_{m1} * K_{M1}$	0.64	0.88	0.48	0.44	0.36	0.52
$F_{m2} * K_{M2}$	0.75	0.55	0.70	0.51	0.71	0.70
M	1.39	1.44	1.18	0.96	1.07	1.22

Daugiakriterinio prognozavimo koeficiento išraiška pavaizduojame grafiškai 16 pav.



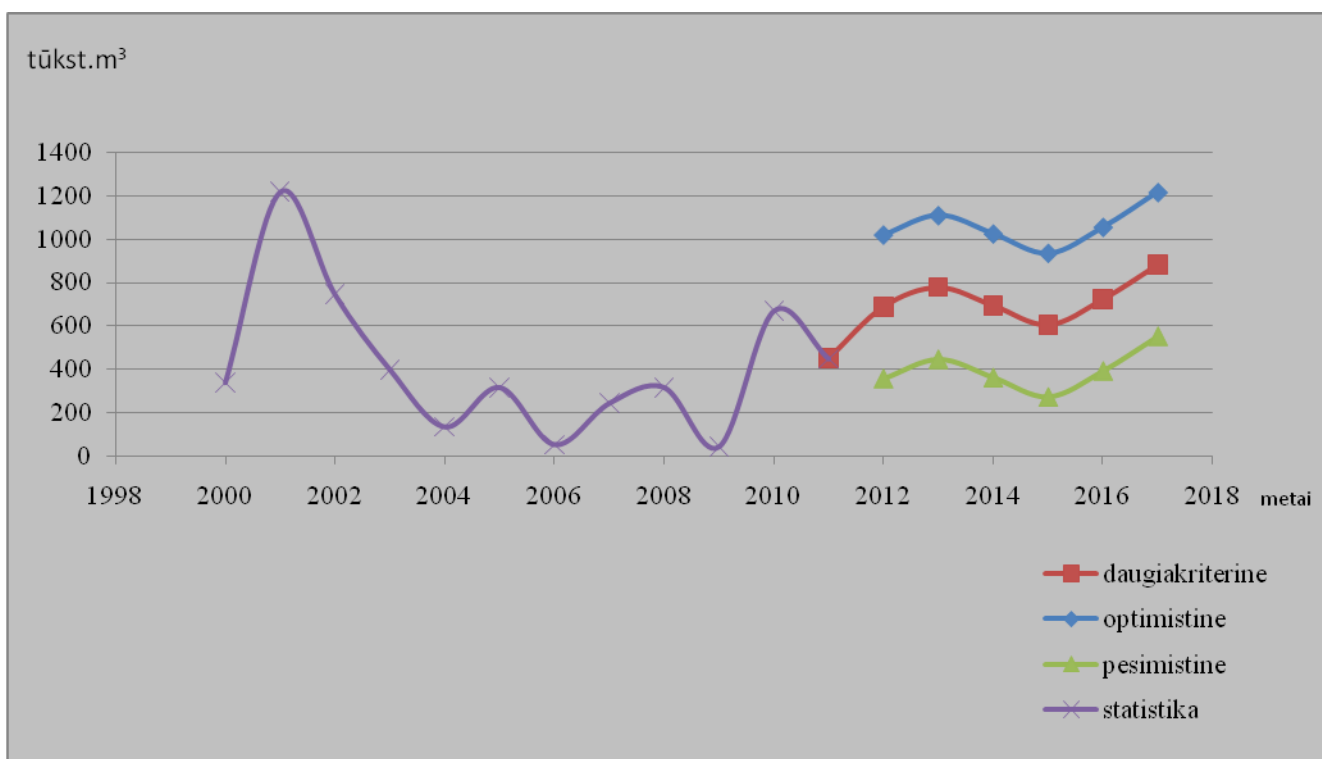
16 pav. 5 metų daugiakriterinio prognozavimo koeficientas sąnašų kiekiui uoste nustatyti

Pagal aukščiau turimus statistinius duomenis ir gautus prognozavimo duomenis sudarome linijiniu bei daugiakriteriniu metodu prognozuojamų sąnašų kiekio reikšmes:

7 lentelė. Linijiniu bei daugiakriteriniu metodu prognozuojamų kiekių reikšmės

Metai	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Tūkst.m ³ (linijinis prognozavimas)	930	975	1021	1066	1112	1157
Tūkst. m ³ daugiakriterinis prognozavimas)	688	778	693	604	723	883
Optimistinė	1021	1110	1026	937	1056	1216
Pesimistinė	356	445	360	271	391	551

Pagal gautus duomenis braižome grafiką 17 pav.:



17 pav. Daugiakriterinė Klaipėdos uosto sąnašų kiekio prognozė bei prognozės paklaida

Daugiakriterinio prognozavimo rezultatai parodė 5 metų sąnašų kiekio uoste prognozes:

daugiakriterinė prognozė: $Q_{2017} = 883 \text{ m}^3$;

daugiakriterinė optimistinė prognozė: $Q_{2017+e} = 1216 \text{ m}^3$;

daugiakriterinė pesimistinė prognozė: $Q_{2017} - e = 551m^3$

Pagal gautus rezultatus galima daryti išvadą, kad šis prognozavimo būdas turi didelę paklaidą. Tam, kad būtų galima sumažinti prognozės paklaidą, atliksime sąnašų kiekio skaičiavimus ir įvertinsime vidutinį metinį sąnašų kiekį Klaipėdos uoste pagal kelių tyrimų statistinius (1 lentelė, 2 lentelė) rezultatus.

Vidutinio metinio sąnašų kiekio uoste skaičiavimai

Minimalus S_{\min} ir maksimalus S_{\max} metinis sąnašų kiekis Klaipėdos uoste iš kuršių marių pagal 10 formulę:

$$S_{\min} = \frac{113600m^3 + 206215m^3 + 109370m^3}{3} = 143061m^3$$

$$S_{\max} = \frac{573760m^3 + 113600m^3 + 52420m^3}{3} = 246593m^3$$

Apskaičiuoti minimalų sąnašų kiekį iš Baltijos jūros į Klaipėdos uostą nepakanka duomenų, todėl priimame vidutinį kiekį iš 1 lentelės.

Bendras minimalus SB_{\min} ir maksimalus SB_{\max} sąnašų kiekis uoste pagal 11 formulę

$$SB_{\min} = 143061m^3 + 563000m^3 = 706061m^3$$

$$SB_{\max} = 246593m^3 + 563000m^3 = 809593m^3$$

Toliau atliksime skaičiavimus, kaip pasikeičia uosto gylis esant prognozuojamam sąnašų kiekiui.

Gylio pokyčio dėl sąnašų uoste skaičiavimai

Žinome, kad dabartinė uosto akvatorija yra 897ha arba 8 970 000 m² tam, kad įvertinti gylio pokytį Klaipėdos sąsiauryje, reikia nustatyti sąnašų kaupimosi plotus. Remdamiesi tyrimų duomenimis bei dabartiniu uosto jūrlapiu apskaičiuojame sąnašų iš marių kaupimosi apytikslį plotą pagal 12 formulę.

Apskaičiuojame plotą Klaipėdos uoste, kur nusėda sąnašos iš Kuršių marių.

$$S_{MR} = 7500m * 700m = 5250000m^2$$

L_{iki10} -Klaipėdos sąsiaurio ilgis nuo malkų įlankos iki 10 krantinės

B_{Uvid} - priimtas vidutinis sąsiaurio plotis nuo malkų įlankos iki 10 krantinės

Turint plotą galima apskaičiuoti gylio pokytį (H_{\min} ir H_{\max}) Klaipėdos uoste nuo malkų įlankos iki 10 krantinės dėl sąnašų iš Kuršių marių.

Vertinant minimalų metinį sąnašų kiekį pagal 13 formulę:

$$H_{\min} = \frac{143061m^3}{5250000m^2} = 0,027m = 2,72cm$$

Vertinant maksimalų metinį sąnašų kiekį:

$$H_{\max} = \frac{246593m^3}{5250000m^2} = 0,047m = 4,7cm$$

Apskaičiavus gylio pokytį uosto akvatorijoje nuo malkų įlankos iki 10 krantinės galima daryti išvadą, kad projektinis gylis per metus uoste pasikeis nuo 2,7 cm iki 4,7 cm todėl dugno valymo darbus tikslinga būtų atlikti viena kartą per 2 arba 3 metus. Tačiau reali situacija uoste yra tokia, kad didžioji dauguma sąnašų nusėsta tose vietose kur joms yra palankiausia, tai matyti iš (1 pav.) atliktų tyrimų. Todėl siekiant nustatyti tikslias sąnašų akumuliacijos vietas, reikalinga atlikti papildomus tyrimus. Nes gylio pokytis H_{\min} , H_{\max} uoste priklauso nuo ploto, kuriame nusėsta sąnašos.

Toliau įvertinsime metinį sąnašų kiekį Klaipėdos uoste iš Baltijos jūros:

Apskaičiuosime plotą Klaipėdos uoste, kuriame nusėsta sąnašos iš Baltijos jūros pagal 12 formulę:

$$S_{MR1} = 3000m * 450m + 1050m * 150m = 1507500m^2$$

L_{iki10} -Klaipėdos sąsiaurio ilgis nuo 10 krantinės iki uosto akvatorijos pabaigos

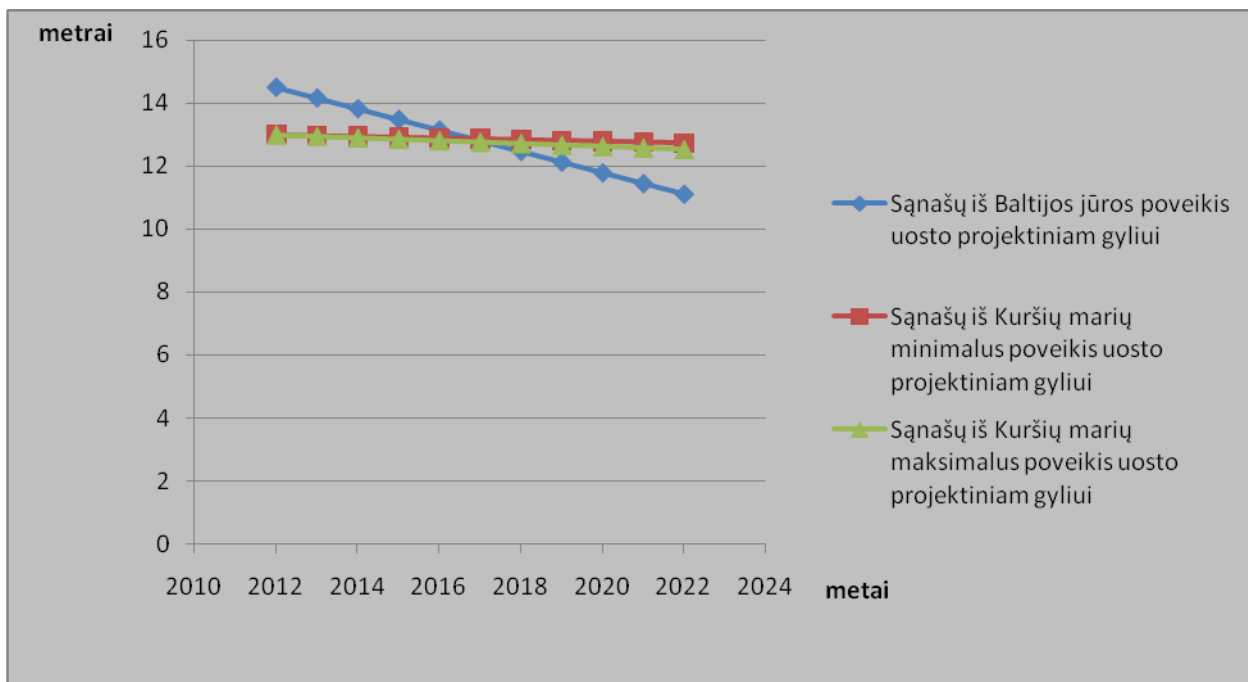
B_{Uvid} - priimtas vidutinis sąsiaurio plotis nuo 10 krantinės iki uosto akvatorijos pabaigos

Turint plotą galima apskaičiuoti gylio pokytį H Klaipėdos uoste nuo 10 krantinės iki uosto akvatorijos pabaigos dėl sąnašų iš Baltijos jūros.

Vertinant vidutinį metinį sąnašų kiekį pagal 13 formulę:

$$H = \frac{563000m^3}{1507500m^2} = 0,373m = 37cm$$

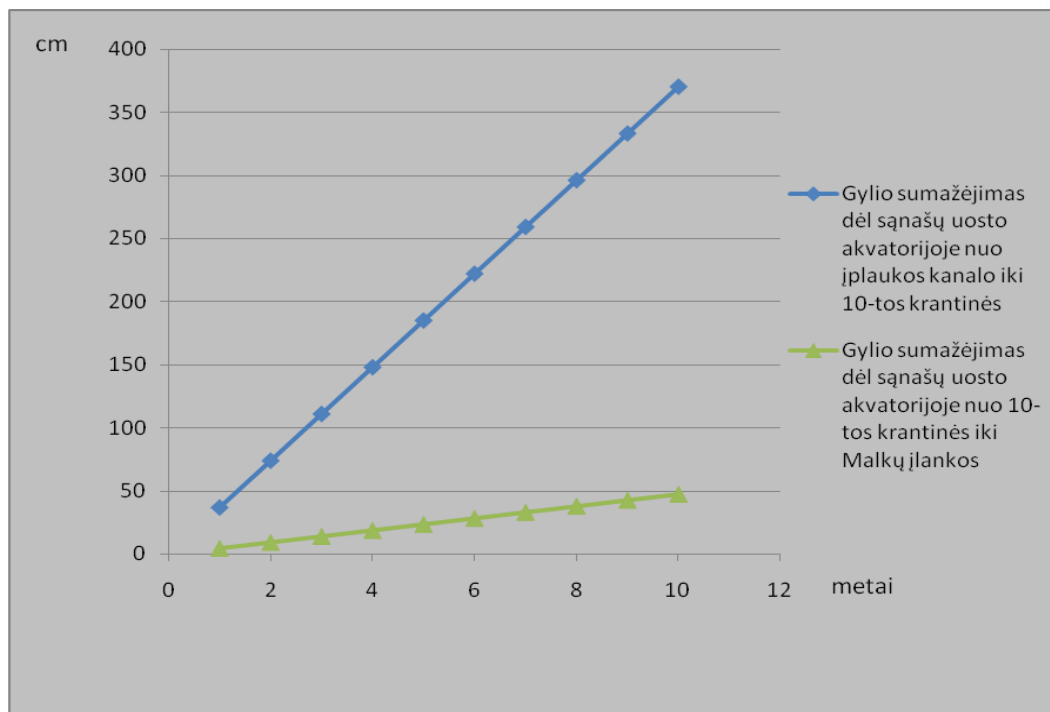
Taigi, vertinant gautus skaičius kasmet Klaipėdos uosto gylis sumažėja 37 cm ir neatliekant dugno valymo darbų uosto įplaukos kanalas bei teritorija iki 10 krantinės po 10 metų atrodytų taip



18 pav. Sąnašų poveikis Klaipėdos uosto projektiniam gyliui 2012 – 2023 m.

Šiuo metu uosto įplaukos kanalo gylis 14.5 m vertinant uosto teritoriją nuo 10 krantinės iki uosto akvatorijos pabaigos, jei uoste nebus atliekami sąnašinio grunto valymo darbai tai uosto projektinis gylis po 10 metų bus 11 metrų bei gylis uosto akvatorijoje sumažės 0.5 metro. 18 pav.

Turint metinę statistiką, bei žinant sąnašų susikaupimo vietas galima nubrėžti gylio sumažėjimo grafiką, dėl sąnašų



19 pav. Sąnašų poveikis Klaipėdos uosto navigaciniams kanalams

Žinant, kad šiuo metu Klaipėdos uoste leidžiama maksimali laivų grimzlė gali būti apskaičiuota iš 17 formulės (žiūrėti „teorinė dalis“) ir turint ΔH_n - navigacinė atsarga, kurią pagrinde sudaro gylio sumažėjimas dėl sąnašų susidarymo šiuo metu Klaipėdos uoste tanklaiviams 0.5 m. Žinant, kad susikaupus sąnašoms 0.3 m ties įplaukos kanalu jau galima iš anksto planuoti sąnašų valymo darbus, ir taip išvengti priverstinio klirenso padidinimo, kas turi didelės įtakos krovos kompanijų rezultatams. Taigi remiantis 19 pav. atlikti sąnašų valymo darbus reikėtų ne vėliau nei metai nuo praėjusio valymo.

Sąnašų kiekio skaičiavimai navigaciniuose kanaluose

Įvertinę metinį sąnašų kiekį Klaipėdos uoste bei jų poveikį uosto projektiniam gyliui galima apskaičiuoti, kiek tūkst. m^3 sąnašų reikėtų išvalyti kasmet, kad laivyba uoste vyktų nesumažinant didelių laivų įplaukimo grimzlės dėl sąnašinio grunto.

Randame navigacinių kanalų plotą, kuriais plaukioja laivai Klaipėdos uosto akvatorijoje.

Navigacinių kanalų S_{N10} plotas nuo malkų įlankos iki 10 krantinės pagal 12 formulę:

$$S_{N10} = 7500m * 125m + 500m * 400m + 300m * 900m + 200m * 900m = 1587500m^2$$

L_{iki10} - navigacinio kanalo ilgis nuo malkų įlankos iki 10 krantinės;

B_{Nvid} - navigacinio kanalo plotis nuo malkų įlankos iki 10 krantinės;

$L_B B_b$ - navigacinės akvatorijos ilgis ir plotis ties Bega;

$L_s B_s$ - navigacinės akvatorijos ilgis ir plotis ties Smelte;

$L_{aps} B_{aps}$ - apsisukimo baseinas ilgis ir plotis ties DFDS Seaways krantinėmis

Navigacinių kanalų plotas S_{NV} nuo 10 krantinės iki uosto akvatorijos pabaigos

$$S_{NV} = 750m * 375m + 1950m * 250m + 1000m * 150m = 918750m^2$$

$L_1 B_1$ - ilgis ir plotis ties KLASCO apsisukimo baseinu;

$L_2 B_2$ - navigacinio kanalo ilgis ir plotis nuo 5 krantinės iki uosto vartų;

$L_3 B_3$ - įplaukos į uostą kanalo ilgis ir plotis.

Skaičiuojame, kokį kiekį sąnašinio grunto reikėtų išvalyti iš akvatorijos, kad palaikyti projektinį gylį navigaciniuose kanaluose:

Sąnašų kiekis nuo malkų įlankos iki 10 krantinės pagal 13 formulę:

$$V_{SM \min} = 1587500m^2 * 0.027m = 42862.5m^3 \text{ minimalus metinis sąnašų kiekis;}$$

$$V_{SM \max} = 1587500m^2 * 0.047m = 74565m^3 \text{ maksimalus metinis sąnašų kiekis;}$$

V_{SM} - sąnašų kiekis iš marių nuo malkų įlankos iki 10 krantinės.

Sąnašų kiekis nuo 10 krantinės iki uosto akvatorijos pabaigos

$$V_{SB} = 918750m^2 * 0.373m = 343121m^3$$

V_{SB} - sąnašų kiekis iš Baltijos jūros nuo 10 krantinės iki uosto akvatorijos pabaigos.

Bendras reikiamų išsiurbti metinis sąnašų kiekis uosto projektiniam gyliui palaikyti pagal 14 formulę:

$$V_S = 42862.5m^3 + 343121m^3 = 353400m^3 \text{ minimalus}$$

$$V_S = 74565m^3 + 343121m^3 = 417687m^3 \text{ maksimalus}$$

Gauti rezultatai parodo kad realus reikiamas išsiurbti sąnašų kiekis yra mažesnis nei visas uoste nusėdęs kiekis

4.2. Optimalios žemsiurbės panaudojimo tyrimo modelis

Kasimo technikos parinkimas – tai ilgas laiko ir žinių reikalaujantis procesas. Tam, kad būtų galima parinkti tinkamiausią techniką reikia išsiaiškinti ir įvertinti:

- norimo kasti grunto rūšį;
- valomos akvatorijos parametrus ir paskirtį;
- norimų atlikti darbų pobūdį.

Ankstesniuose skyriuose jau išsiaiškinome, kad Klaipėdos uosto sąnašinių gruntą sudaro smėlis ir smėlingas dumblas. Šitokią gruntą galima kasti visomis gilinimo technikos rūšimis. Tačiau ne visos jos yra tinkamos vertinant atliekamo darbo specifiką t.y. tam, kad gilinimo įrenginys užimtų darbinę padėtį ji turi įsitvirtinti vienoje pozicijoje. Tai padaryti žemkasei/žemsiurbei reikia išdėlioti inkarus aplink save 100 m. ar net didesniu spinduliu. Žinant Klaipėdos uosto akvatoriją uosto kanalo plotis 125 metrai, taigi laivų judėjimas būtų smarkiai trikdomas. Todėl Klaipėdos uostui reikia tokios technikos, kuri fiksuotų savo poziciją be inkarų ar plieninių lynų pagalbos.

Klaipėdos uoste sąnašos kaupiasi ne tik vidinėje teritorijoje bet ir išoriniam įplaukos kanale, taigi valymo darbus tektų atlikti ir atviroje jūroje, tokio tipo darbus atlikti su stacionariomis gilinimo priemonėmis yra sudėtinga dėl hidrometeorologinių sąlygų, kurios yra svarbios išlaikant žemsiurbės/žemkasės poziciją. Visos žemsiurbės turi savo stipriąsias ir silpnąsias puses, vienos produktyvesnės kasant kietą (sunkų) gruntą, kitos minkštą (lengvą) gruntą, taigi renkantis tipą svarbu atkreipti į tai dėmesį.

Klaipėdos uoste atliekamų darbų pobūdis tikslus ir aiškus – reikalinga atlikti dugno valymo darbus, o gruntą, jei jis yra tinkamas ir reikalingas panaudoti; pvz. naujų krantinių statyboms ir jų

rekonstrukcijai, bei paplūdimių maitinimui. O visą tai atlikti greitai, kokybiškai saugiai ir nesutrikdant laivybos uoste.

Suklasifikavus informaciją bei pritaikius lyginamosios analizės metodą daroma išvada, kad geriausiai Klaipėdos uoste dugno valymo darbus atliks Savaeigė žemsiurbė su hoperiu „Trailing suction hopper dredger”

Pagrindinių techninių parametų parinkimas savaeigėi žemsiurbėi su hoperiu

Pagrindinius techninius parametrus nustatyti būtina tam, kad būtų galima parinkti optimaliausio dydžio žemsiurbę. Pagrindinis parametras yra žemsiurbės produktyvumas: m^3 per savaitę, m^3 per mėnesį, m^3 per metus. Produktyvumas paprastai priklauso nuo ciklų skaičiaus bei hoperio talpos. Ciklas – tai žemsiurbės pasikrovimo, transportavimo ir išsikrovimo laikų suma. Talpa yra nurodoma m^3 , parodo, kokį kiekį grunto gali išvežti žemsiurbė per 1 ciklą. Paprastai žemsiurbės yra projektuojamos taip, kad pasikrovimo laikas (grunto siurbimo) būtų 90 min.

Tam, kad būtų galima apskaičiuoti žemsiurbės talpą, reikia rasti žemsiurbės ciklų skaičių per metus. Žemsiurbės ciklų skaičių per metus Klaipėdos uoste galima apskaičiuoti iš bendros formulės 15:

$$C_M = \frac{(365 - (45 + 5 + 40 + 15))1440}{90 + 20 + 15 + 2\left(\frac{2.6}{6} \cdot 60\right) + \left(\frac{9.8}{12.5} \cdot 60\right) + \left(\frac{9.8}{11.5} \cdot 60\right)} = \frac{374400}{274.97} = 1361 \text{ ciklu / sk / m}$$

Atlikdami skaičiavimus priimame:

R_L -remonto laikas 45d. per metus

B_m -bunkiruotes, maisto atsargos, įgulos keitimas 5 d. per metus

H_O - laivas nedirba dėl hidrometeorologinių sąlygų 40 dienų

R_E - einamsis remontas 15 dienų

P_L -žemsiurbės pasikrovimo laikas 90 min

T_A - laiko atsarga 20 min

I_L - žemsiurbės išsikrovimo laikas dampingo būdu 20 min

S_U - plaukimo atstumas uoste 2.6 jūrmylės

S_T - atstumas nuo uosto vartų iki dampingo arba kt. išsikrovimo vietos. 9.8 jūrmylės

V_T - plaukimo greitis (tuščia žemsiurbė) 12.5

V_P - plaukimo greitis (pilna žemsiurbė) 11.5

V_P - plaukimo greitis uoste. Šiuo metu maksimalus greitis Klaipėdos uoste 6 mazgai.

Turint ciklą laiką per metus ir norimą iškasti sąnašų kiekį per metus galime apskaičiuoti kokia turėtų būti žemsiurbės talpa idealiomis sąlygomis kad palaikyti norimą projekcinį gylį Klaipėdos uoste.

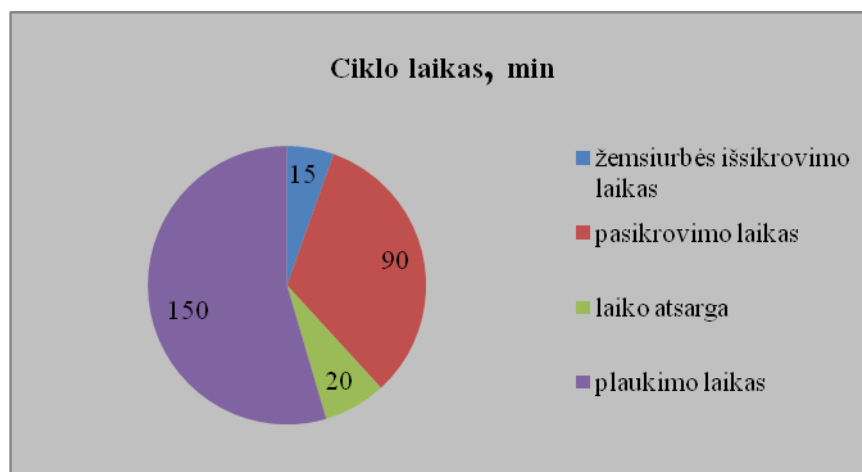
$$H_T = \frac{417687}{1361} = 307m^3$$

Toliau įvertinsime hoperio pakrovimo paklaidą.

$$H_{T(corr)} = \frac{307}{0.7} = 438m^3$$

Atlikus pirminius skaičiavimus matyti, kad tokios talpos žemsiurbių nėra. Toliau panagrinėsime žemsiurbės ciklo laiką Klaipėdos uoste.

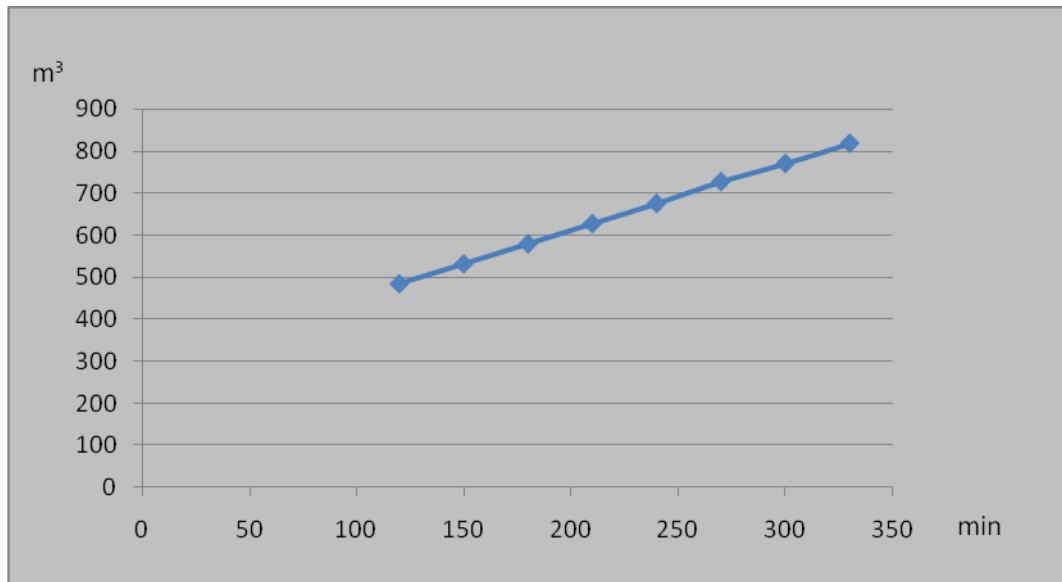
Ciklo laikas apskaičiuotas remiantis 15 formule grafiškai atrodo taip:



20 pav. Ciklo sandara

Kaip matyti 20 pav. Žemsiurbės ciklą sudaro: žemsiurbės išsikrovimo laikas, pasikrovimo laikas, laiko atsarga, plaukimo laikas.

- Vertinant Klaipėdos uostą plaukimo laiko matmuo yra pastovus ir gali būti įvertintas be didesnių paklaidų, t.y. šiuo metu oficialiai yra naudojamos dviejomis grunto gramzdinimo vietomis, kurių atstumas yra 9.8 jūrmylės ir 6.1 jūrmylės, taip pat plaukimo greitis paprastai būna pastovus su nedideliais svyravimais (dėl hidrometeorologinių ar navigacinių sąlygų);
- Žemsiurbės laiko atsarga įvertinta remiantis Klaipėdos uosto užimtumu, taip pat atsarga sudaro nedidelę ciklo laiko dalį;
- Išsikrovimo laikas dampingo būdu yra pastovus dydis svyruojantis labai nežymiai;
- Pasikrovimo laikas, kaip matyti 19 paveikslėlyje sudaro didelę laiko dalį vertinant bendrą ciklo laiką, jis tiesiogiai priklauso nuo daugelio faktorių, tiksliausiai jis yra nustatomas eksperimentiniu būdu t.y. sisteminant laikų statistiką, grunto parametrus, kasamą gylį, kasamos akvatorijos parametrus. Nubrėšime grafiką kuris parodo žemsiurbės hoperio talpos priklausomybę nuo pasikrovimo laiko 4 priedas 1 lentelė(duomenys gauti modelio pagalba).



21 pav. Žemsiurbės hoperio priklausomybė nuo pasikrovimo laiko

Iš grafikomatyti, kad pasikrovimo laikas turi didelę įtaką žemsiurbės hoperio talpai, o tai yra tiesiogiai susiję su maksimaliais žemsiurbės produktyvumo parametrais.

Prieš tai atliktame skaičiavime buvo panaudojamas projektinis žemsiurbės pasikrovimo laikas, tačiau Klaipėdos uostui jis būtų netikslus dėl aukčiau paminėtų priežasčių, toliau atliksime skaičiavimus, remiantis eksperimentiniu būdu gautu pasikrovimo laiku. Rezultatai pateikti 8 lentelėje rezultatai gauti panaudojant šaltinį³²

8 lentelė. Žemsiurbės UTRECHT pasikrovimo laiko stebėjimai

Stebėjimai	Laikas, min
1	300
2	290
3	275
4	260
5	285
Vidutinis pasikrovimo laikas	282

Toliau atliksime žemsiurbės talpos skaičiavimus naudojant eksperimentiniu būdu gautą pasikrovimo laiką:

³² Prieiga per internetą < <http://www.marinetraffic.com/ais/>>[žiūrėta 2012 m. rugpjūčio 12d.]

$$C_M = \frac{(365 - (45 + 5 + 40 + 15))1440}{285 + 20 + 15 + 2\left(\frac{2.6}{6} \cdot 60\right) + \left(\frac{9.8}{12.5} \cdot 60\right) + \left(\frac{9.8}{11.5} \cdot 60\right)} = \frac{374400}{470} = 796 \text{ ciklu / sk / m}$$

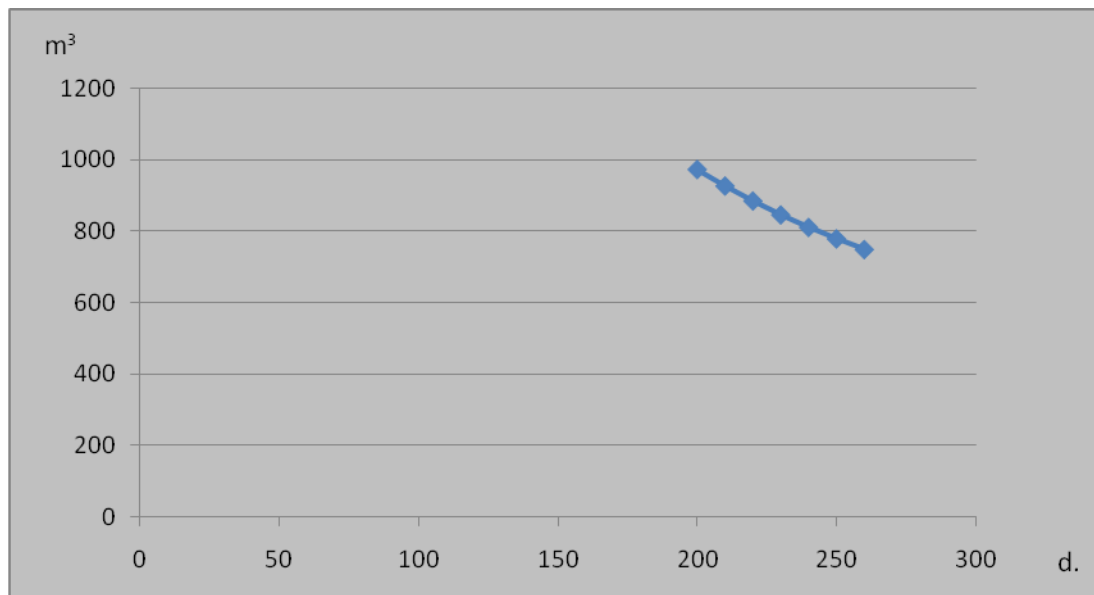
Apskaičiuosime žemsiurbės hoperio tūrį idealiomis sąlygomis:

$$H_T = \frac{417687}{796} = 524 \text{ m}^3$$

Toliau įvertinsime hoperio pasikrovimo paklaidą.

$$H_{T(\text{corr})} = \frac{524}{0.7} = 749 \text{ m}^3$$

Papildomai įvertinsime galimas nedarbo dienas dėl žuvų migracijos ir neršto. Braižome grafiką kuris parodo žemsiurbės hoperio talpos priklausomybę nuo darbo dienų metuose skaičiaus. Grafikas braižomas naudojant duomenis pateiktus 12 paveikslėlyje (4 priedas 2 lentelė).



22 pav. Žemsiurbės hoperio talpos priklausomybė nuo darbo dienų skaičiaus per metus

22 paveikslėlyje pateikto grafiko matyti, kad metinis darbo dienų sumažėjimas dėl žuvų neršto, bei migracijos, turi didelės įtakos žemsiurbės hoperio talpai, vertinant maksimalų variantą žemsiurbės talpa dėl sumažėjusių darbo dienų skaičiaus turėtų būti 1000 m³. Norint tiksliai įvertinti šį kriterijų reikėtų turėti tikslus valymo akvatorijos parametrus, žinoti valymo darbų atlikimo laikotarpį bei žuvų migracijos ir neršto duomenis.

Parinktas optimalios dugno valymo technikos tipas – savaeigė žemsiurbė su hoperiu. Žemsiurbė leis maksimaliai išnaudoti savo technines galimybes atliekant sąnašų valymą Klaipėdos uoste ir

minimaliai arba visai neturės įtakos laivų eismui ir saugumui. Žemsiurbė turi plačias panaudojimo galimybes atliekant gilimo bei grunto transportavimo operacijas.

Nagrinėjamos pasirinktos žemsiurbės tipo optimalus panaudojimas išreikštas per hoperio talpą. Hoperio talpa apskaičiuota panaudojant sukurta optimizavimo modelį, bei įvertinus Klaipėdos uosto sąlygas. Apskaičiuota hoperio talpa įvertinus pasikrovimo paklaidą yra 749 m^3 .

IŠVADOS

1. Išanalizavus sąnašinio grunto atsiradimo priežastis Klaipėdos uosto akvatorijoje galima teigti, kad sąnašinio grunto kiekiai iš Kuršių marių priklauso nuo nešmenų debito iš Nemuno upės kuris svyruoja nuo 500 iki 2800 m³/s priklausomai nuo metų laiko ir Klaipėdos sąsiauryje vyraujančių povandeninių srovių greičio (0.3 m/s - 1.5m/s). Vyraujančios povandeninės srovės greitis priklauso nuo farvaterio (navigacinio kanalo) parametrų (gylis, plotis). Sąnašų kiekis iš Baltijos jūros priklauso nuo vyraujančių hidrometeorologinių sąlygų (stipraus vėjo, bangu). Taip pat didelės įtakos turi besikeičiančios srovės kryptis Klaipėdos uoste.
2. Vidutinis metinis iškasamų sąnašų kiekis per 2000 – 2011 metų laikotarpį Klaipėdos uoste buvo 411 tūkst. m³. Atlikus daugiakriterinę sąnašų kiekio prognozę gavome, kad sąnašų kiekis Klaipėdos uoste 2017 m. bus 883 m³. Apskaičiuotas metinis Klaipėdos uosto projektinio gylio pokytis dėl sąnašų iš Kuršių marių yra 2.72 – 4.7 cm uosto akvatorijoje nuo malkų įlankos iki 10 krantinės ir 37.3 cm uosto akvatorijoje nuo 10 krantinės iki uosto įplaukos kanalo dėl sąnašų iš Baltijos jūros. Apskaičiuota, kad per metus Klaipėdos uoste reikėtų išvalyti 417687 m³ sąnašų, kad laivyba vyktų nesumažinant didelių laivų įplaukimo grimzlės dėl sąnašinio grunto.
3. Sudarytas optimalios sąnašinio grunto valymo technikos parinkimo matematinis modelis. Metodika ir skaičiavimai pritaikyti Klaipėdos uosto parametrams ir esamoms hidrometeorologinėms sąlygoms. Modelio tikslumas priklauso nuo naudojamų parametrų tikslumo. Skaičiavimai atliekami pagalba gali būti lengvai pritaikyti įvairiems gilinimo ir valymo darbams optimizuoti, keičiant pagrindinius kintamuosius parametrus.
4. Povandeninio grunto kasimo technikos pasirinkimas yra labai platus. Atlikus visų tipų žemkasių ir žemsiurbių teorinę analizę bei įvertinus: Klaipėdos uosto akvatorijos, sąnašų tipą, laivybos intensyvumą ir reikalingų atlikti darbų pobūdį su perspektyva į ateityje numatomus atlikti darbus buvo parinkta savaeigė žemsiurbė su hoperiu ang. “Trailing suction hopper dredger“ kaip labiausiai tinkanti Klaipėdos uosto akvatorijos dugno valymo darbams atlikti. Tokio tipo žemsiurbės produktyvumą apsprendžia triumo (hoperio) talpa. Kad pasiekti norimą produktyvumą buvo apskaičiuota minimali žemsiurbės triumo talpa 750 m³, panaudojant sukurtą ir pritaikytą Klaipėdos uostui matematinį modelį. Tiksliai apskaičiuota savaeigės žemsiurbės hoperio talpa optimizuoja žemsiurbės panaudojimą (maksimaliai išnaudoja žemsiurbės pajėgumą) uoste ir užtikrina nepageidaujamo sąnašinio grunto išvalymą, tokiu būdu palaikant uosto projektinį gylį visus metus.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

Knygos

1. Paulauskas V. 2011. Optimalus uostas. Klaipėda, KU leidykla.
2. Paulauskas, V. 2002. Srautų tyrimo metodika. Klaipėda: KU leidykla.
3. Paulauskas V., Barzdžiukas R., Placienė B. 2001. Uosto technologija. Klaipėda, KU Leidykla.

Moksliniai straipsniai

4. Gailiušis, B., Kriaučiūnienė, J., Jakimavičius D., Šarauskienė, D., 2011. The variability of long-term runoff series in the Baltic Sea drainage basin. *Baltica*, 24(1), 45–54. Vilnius. ISSN 0067-3064.
5. Gailiušis B., Kriaučiūnienė J. 2006. Baltijos jūros paplūdimių smėlio atsargų papildymas // Geologijos akiračiai. ISSN 1392-0006. Nr. 1, p. 21-26.
6. Gailiušis B., Kovalenkoviėnė M., Kriaučiūnienė J., 2006. Svarbiausios šiandieninės Lietuvos hidrologinių tyrimų kryptys. ENERGETIKA. Nr. 3. P. 43–5
7. Gailiušis B., Kriaučiūnienė J., Kovalenkoviėnė M. 2005. Studies on permeability of the Klaipėda strait // Environmental engineering: the 6th international conference, Vilnius, May 26-27, Vilnius, Lithuania, 2005. Vol.1 ISBN 9986-05-850-3, p. 356-361. [ISI Proceedings]
8. Gailiušis B., Kriaučiūnienė J., Kriaučiūnas R. 2004. Klaipėdos uosto įplaukos kanalo tėkmės hidrodinaminio režimo pokyčiai dėl molų pertvarkymo // Energetika. ISSN 0235-7208 /. Nr. 1, p. 57-61. [INSPEC]
9. Gailiušis B., Kriaučiūnienė J., Kriaučiūnas R. 2003. Sediment Budget in Klaipėda Strait. Water Resources. Vol. 30, No 4, p. 379-386
10. Gailiušis B., Kriaučiūnienė J., Kovalenkoviėnė M. 2002. Baltijos jūros priekrantės hidrodinaminis modeliavimas // Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba. Nr. 3. P. 3-12.
11. Gailiušis B. 2005. Assessment of the Seaport Development Impact on Hydrological Regime of the Klaipėda Strait. Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba, Nr.4(34), P.12-19
12. Gulbinskas, S.; Suzdalev, S. 2011. Uostuose iškasamo grunto tvarkymo optimizavimas (Conference) 5-osios mokslinės-praktinės konferencijos "Jūros ir krantų tyrimai 2011" pranešimų medžiaga
13. Jakimavičius D., Kriaučiūnienė J. 2011. Influence of the Klaipėda seaport development on the water balance of the curonian lagoon // Environmental engineering: 8th international conference, Vilnius, Lithuania, May 19-20, 2011. Vilnius: VGTU Press "Technika", 2011. Vol. 2. ISSN 978-9955-28-828-2, p. 573-577.

14. Kriaučiūnienė J., Gailiusis B., Kovalenkoviėnė M. 2006. Peculiarities of sea wave propagation in the Klaipėda strait, Lithuania // *Baltica*. ISSN 0067-3064. 2006. Vol. 19, No. 1, p. 20-29. [GeoRef]
15. Kriaučiūnienė J., Gailiusis B. 2004. Changes of sediment transport induced by reconstruction of Klaipėda Seaport entrance channel // *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba*. ISSN 1392-1649 / 2004. Nr. 2(28), p. 3-9. [INSPEC, CAB Abstracts]
16. Lagunavičienė L., Jokšas K., Stakėnienė R., Galkus A. 2010. Dugno nuosėdų užterštumo raida grunto gramzdinimo (dampingo) rajone baltijos jūroje. (101 – 105p) Jūros ir krantų tyrimai.
17. Paulauskas, V. 2010. Ships turning basins in ports for big Container vessels. *Scientific journals Maritime university of Szczecin*, No. 20(92). ISSN: 1733 – 8670. Szczecin, p. 102 – 106.
18. Paulauskas, V. 2010. Channels and ships turning basins in limit conditions. *Transport Means – Kaunas, Technologija*, 2010. ISSN: 1822 – 296X. p. 25 – 28. [ISI Proceedings].
19. Paulauskas, V. 2008. Navigational channels study and optimisation. *Maritime transport and Infrastructure – 2008*. ISSN: 1691 – 3817, Riga, p. 134 – 137
20. Suzdalev, S.; Gulbinskas, S. Distribution patterns of tributyltin contaminated bottom sediments in Klaipėda port area (Article). *Baltic International Symposium (BALTIC), 2012 IEEE/OES*, on-line, Page(s): 1-7, 2012.
21. Suzdalev, S.; Gulbinskas, S. 2010. Assessment of sediment contamination in Klaipėda port area using long-term monitoring data (Conference). *Baltic International Symposium (BALTIC)*, Riga.
22. Trimonis, E.; Vaikutienė, G.; Gulbinskas, S. 2010. Seasonal and spatial variations of sedimentary matter and diatom transport in the Klaipėda Strait (Eastern Baltic) (Article). *Baltica*, 23, 2, Page(s): 127-134.
23. Trimonis, E.; Gulbinskas, S. Kuzavinis, M. 2003. The Curonian Lagoon bottom sediments in the Lithuanian water area (Article). *Baltica*, 16, Page(s): 13-20.
24. Trimonis, E.; Gulbinskas, S. 2000. Klaipėdos sąsiaurio dugno nuosėdos (Article). *Geologija*, 30, Page(s): 20-27.
25. Prof. ir. Vlasblom W.J. 2005. *Dredging Engineering; theory and practice of sedimentation and reclamation. Current Geotechnical Issues of Thick Clay Deposits*, Korean Geotechnical Society, Korea, Busan, 21 en 22 sept. blz. 227 – 252
26. Vlasblom W.J., Hoff J. van 't, and Rhee C. van , 2005. Quality improvement of dredged sand on board a trailing suction hopper dredger. *CEDA Dredging Days November*, Rotterdam, The Netherlands.
27. Žaromskis, R.; Gulbinskas, S. 2002. Klaipėdos uosto vartų rekonstrukcijos poveikis aplinkai (Article) *Jūra ir aplinka*, 1, 6, Page(s): 12-18,

28. Žilinskas G., Jarmalavičius D., Pupienis D. 2008. Paplūdimio sąnašų papildymo Palangos rekreacinėje zonoje poveikis kranto būklei. *Annales Geographicae* 41(1-2) t.

Kiti informacijos šaltiniai

30. Baltijos pajūrio aplinkos tyrimų ir planavimo institutas. Smėlio panaudojimo galimybių ir hidrotechninių įrenginių taikymo tikslingumo krantotvarkoje įvertinimas. Klaipėda 2006.

31. Klaipėdos Valstybinio Jūrų Uosto Direkcijos, Uosto Kapitono, Įsakymas, 2011-10-24, Nr. UK8 Dėl Leistino Laivų Grimzlės;

32. Gulbinskas S. 2012. Klaipėdos uoste iškasamo grunto tvarkymas. KU Baltijos pajūrio aplinkos tyrimų ir planavimo institutas. SMOCS seminaras.

33. Kuzavinis M. Klaipėdos sąsiauris. 2006. Visuotinė lietuvių enciklopedija, T. X (Khmerai-Krelle). – Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidybos institutas, 222 psl.

34. International dredging academy. 2002. Basic dredging vol.1, vol. 2

Elektroniniai šaltiniai

35. Prieiga per internetą: <<http://www.dredging.org/content.asp?page=105>>[žiūrėta 2011 m. Lapkričio 21 d.]

36. Prieiga per internetą:
<http://www.portofklaipeda.lt/uploads/metiniu_finansiniu_ataskaitu_rinkinys.pdf>[žiūrėta 2011 m. Lapkričio 21 d.]

37. Prieiga per internetą:<http://www.portofklaipeda.lt/uploads/brosiura_lt_a4.pdf>[žiūrėta 2011 m. Lapkričio 21 d.]

38. Prieiga per internetą:<<http://ausis.gf.vu.lt/mg/nr/98/8/08gnauda.html>>[žiūrėta 2011 m. Lapkričio 21 d.]

39. Prieiga per internetą:

40. Prieiga per internetą: <<http://www.livemint.com/2007/08/08013854/Dredging-Corp-seen-paying-too.html>>[žiūrėta 2011 m. Lapkričio 23 d.]

41. Prieiga per internetą:
<http://www.alfa.lt/straipsnis/192869/Uzdirbti.daugiau.trukdo.uosto.gylis=2008-08-04_08-44/>[žiūrėta 2011 m. Lapkričio 23 d.]

42. Prieiga per internetą > <http://www.damen.nl/markets/trailing-suction-hopper-dredgers>>[žiūrėta 2011 m. Lapkričio 23 d.]

43. Prieiga per internetą< <http://www.marinetraffic.com/ais/>>[žiūrėta 2012 m. rugpjūčio 12d.]

44. Prieiga per internetą:

<http://www.bunkering.lt/lt/paslaugos/laivu_aprupinimas_dyzeliniu_kuru/laivu_bunkeriavimo_tech_nines_galimybes>[žiūrėta 2013 m. Gegužės 8d.]

45. Prieiga per internetą:><http://www.msa.lt/lt/hidrografine-veikla/navigaciniai-leidiniai.html>>[žiūrėta 2013 m. Gegužės 9d.]

46. Prieiga per internetą:>http://www.portofklaipeda.lt/uploads/ivairus/Gil-plat-PAV-atask_10-1%20DALIS%20ATASKAITA_doc.pdf>[žiūrėta 2013 m. birželio 1d.]

PRIEDAI

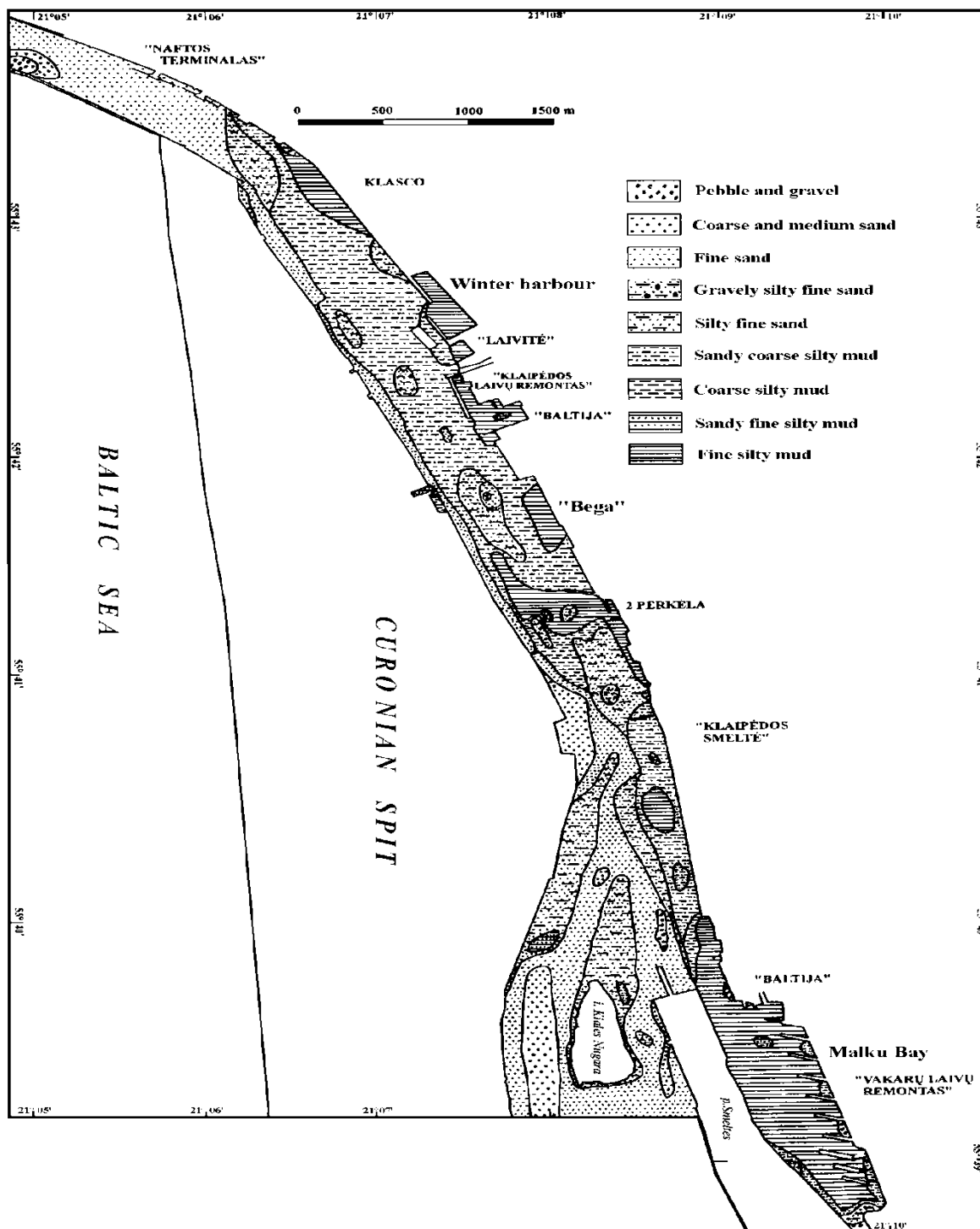
PRIEDAS 1

1 lentelė. Pagrindinių meteorologinių rodiklių santrauka³³

Rodiklis	Mėnesiai												Metai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Oro temperatūra													
vidutinė	-2.1	-2.5	0.3	5.4	10.8	14.4	17.1	17	13.5	8.8	3.7	0.3	7.3
maksimali	8.7	15.4	17.1	27	30.4	34	34	34	30.4	22.2	15.4	10.3	34
minimali	-32	-	-	-12.8	-4	-0.7	4.9	2.9	-2.1	-9.1	-14.4	-24.2	-33.4
Krituliai, mm													
vidutinis kiekis	55	37	40	35	40	57	68	81	83	84	87	68	735
Maksimalus paros kritulių kiekis	26.9	14.6	19.9	28.4	24.4	54	73.9	48	34.9	42.4	32.8	21.2	73.9
Rūkai													
vidutinė trukmė, val.	24	27	41	44	33	20	9	6	10	19	20	31	284
Vėjas													
Vyraujanti kryptis	PR	PR	PR	ŠV	ŠV	ŠV	V	V	V	PR	PR	PR	PR
Vidutinis greitis, m/s	5.7	5.1	4.8	4.3	4	4.1	4.4	4.4	5.1	5.6	6.2	6	4.8
Maksimalus greitis gūsiuose, m/s	34	30	28	26	24	25	34	28	30	40	36	38	40
Dienų skaičius, kai V>15m/s	12	5	5.7	2.4	0.6	1.5	2.6	3.9	8.2	10.5	9	11.3	73
Vidutinis Štormų skaičius	3.9	2.1	1.9	2.1	0.8	1	1.4	2.4	3	3.2	3.6	3.8	29
Vyraujanti kryptis pučiant štorminiams vėjams	PV	PV	PV	ŠV	V	V	PV	V	V	PV	PV	PV	PV

³³ Paulauskas V. 2011. Optimalus uostas. Klaipėda, KU leidykla

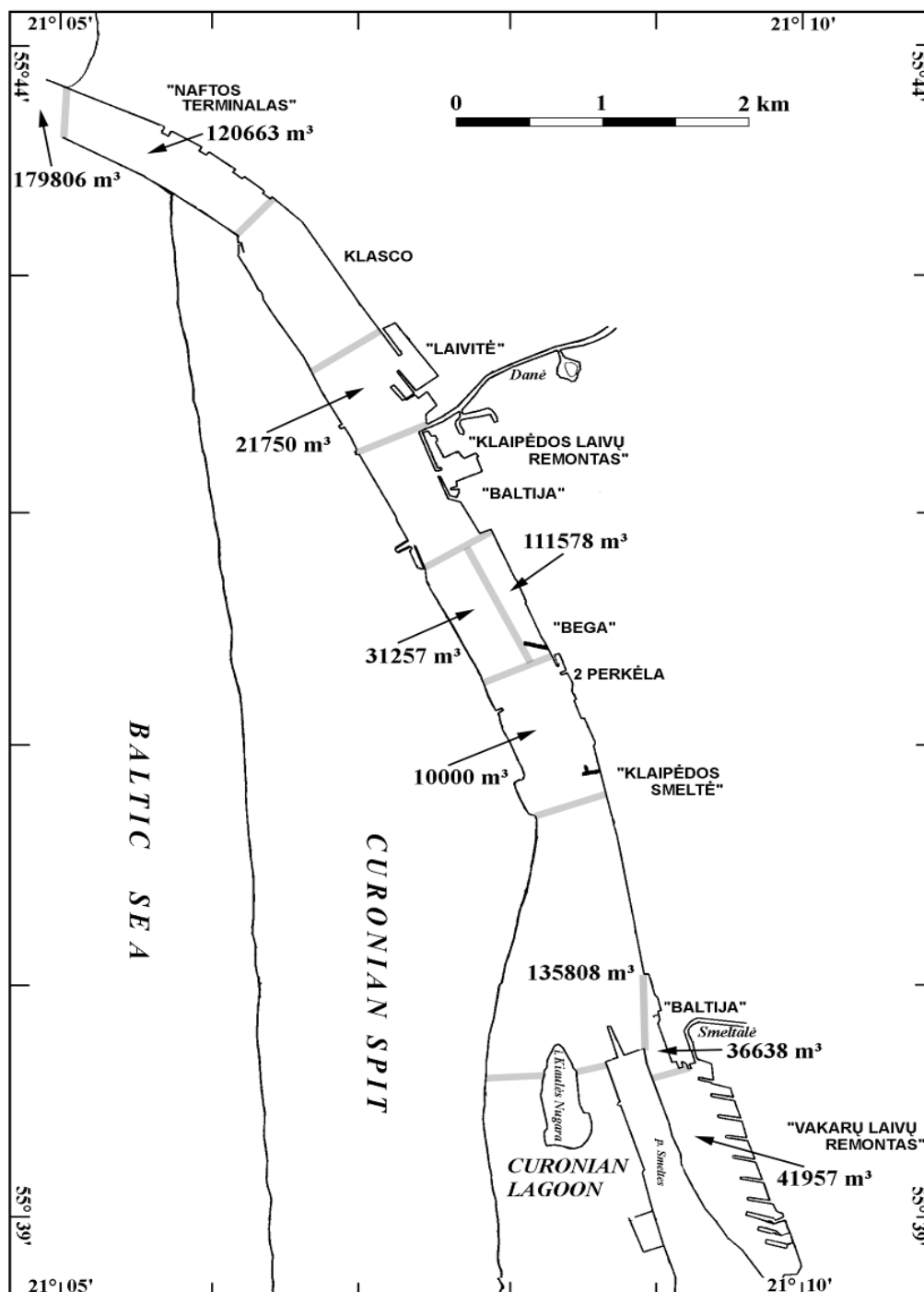
PRIEDAS 2



1 pav. Klaipėdos uosto sąnašų pasiskirstymas pagal grunto tipą³⁴

30. ³⁴ Gulbinskas S.2012. Klaipėdos uoste iškasamo grunto tvarkymas. KU Baltijos pajūrio aplinkos tyrimų ir planavimo institutas. SMOCS seminaras.

PRIEDAS 3



2 pav. Iškastas šnašinis gruntas¹² 1994-1999 m

PIREDAS 4

1 lentelė. Žemsiurbės hoperio talpos priklausomybė nuo pasikrovimo laiko

Žemsiurbės hoperio talpa, m ³	Žemsiurbės pasikrovimo laikas, min
486	120
533	150
581	180
629	210
677	240
729	270
772	300
820	330

2 lentelė. Žemsiurbės hoperio talpos priklausomybė nuo darbo dienų skaičiaus per metus

Darbo dienų skaičiaus, d per metus	Žemsiurbės hoperio talpa, m
200	973
210	927
220	885
230	846
240	811
250	779
260	749