

KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS

Jūrų technikos fakultetas

Laivo inžinerijos katedra

Ernesta Gudaitė

**EKO-INOVATYVIŲ TECHNOLOGIJŲ TAIKYMAS KU
MOKSLINIŲ TYRIMŲ LAIVO STATYBOJE**

Laivų projektavimo ir statybos studijų programos magistro baigiamasis darbas

Klaipėda, 2014

SANTRAUKA

Šiame magistriniame darbe nagrinėjama gyvavimo ciklo metodika, kuri pritaikoma KU statomo Mokslinių tyrimo laivo korpuso suvirinimo metu išsiskiriančių emisijų skaičiavimui GaBi 6 programinės įrangos pagalba.

Nagrinėjami du suvirinimo būdai, kurie buvo naudojami statant KU Mokslinių tyrimo laivą, t. y. lankinis suvirinimas po fliusu (SAW) ir lankinis suvirinimas lydžiuoju elektrodu apsauginėse dujose (MIG, MAG).

Raktiniai žodžiai: laivas, korpusas, suvirinimas, ozonas, gyvavimo ciklas, GaBi

SUMMARY

This master thesis examines the life cycle methodology that adjusts constructed KU research vessel shell weld calculation of emissions released from 6 GaBi software.

Analyzed two welding techniques that have been used in the construction of KU research vessel - submerged arc welding (SAW) and arc welding electrode deposits for gas shielded (MIG, MAG).

Keywords: Ship, hull, welding, ozone, LCA, GaBi

LENTELIŲ SĄRAŠAS

- 1 lentelė. Laivo išmetamųjų dujų toksiškumo mažinimo metodai
- 2 lentelė. Ciklo vertinimo privalumai
- 3 lentelė. Ciklo vertinimo trūkumai
- 4 lentelė. Emisijų faktorius suvirinimo metu
- 5 lentelė. Išsiskiriančios dalelės suvirinimo metu
- 6 lentelė. Laivo „Mintis“ pagrindinės charakteristikos
- 7 lentelė. Emisijos, išsiskyrusios suvirinant laivo korpusą

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

- 1 pav. Kuro sąnaudos pagal laivo tipus atviroje jūroje ir pakrantėje
- 2 pav. Laivų variklių NO_x emisijos mažinimo technologijos
- 3 pav. Jėgos aitvarų naudojimas taupant kurą
- 4 pav. Sraigto valymas
- 5 pav. NO_x emisijos apribojimai (MARPOL 73/78 VI priedas)
- 6 pav. Ateities NO_x išmetamųjų teršalų faktorius
- 7 pav. SO_x emisijos apribojimai (MARPOL 73/78 VI priedas)
- 8 pav. SO_x emisijos kontrolės rajonai
- 9 pav. Ateities SO_x išmetamųjų teršalų faktorius
- 10 pav. Būvio ciklo vertinimo principinė schema
- 11 pav. Produkto ar proceso keturi gyvavimo ciklo etapai
- 12 pav. Būvio ciklo vertinimo struktūra
- 13 pav. Suvirinimas po fliuso sluoksniu
- 14 pav. Vielos tiekimo greičio priklausomybė nuo srovės dydžio, esant skirtingam vielos skersmeniui ir lanko įtampai: 1 – 30 (32) V, 2 – 50 (52) V
- 15 pav. Pinčo efektas trumpojo jungimo metu
- 16 pav. Mokslinių tyrimų laivas „Mintis“
- 17 pav. Automatinio suvirinimo po fliusu (SAW) gyvavimo ciklo schema
- 18 pav. Lankinio suvirinimo lydžiuoju elektrodu apsauginėse dujose (GMAW) gyvavimo ciklo schema
- 19 pav. Globalinio atšilimo potencialas 100 metų (kg CO₂ ekvivalentų)
- 20 pav. Aplinkos rūgštėjimo potencialas (kg SO₂ ekvivalentų)
- 21 pav. Žmogaus toksiškumo potencialas (kg dichlorbenzeno ekvivalentų)
- 22 pav. Eutrofikacijos potencialas (kg dichlorbenzeno ekvivalentų)
- 23 pav. Ozono sluoksnio nykimo potencialas (kg freonų ekvivalentų)

TURINYS

IVADAS	7
I. EKOLOGINIAI LAIVYBOS APRIBOJIMAI	10
1.1. Inovacijų poreikis laivyboje.....	10
1.2. Prevencijos nuostatai dėl oro taršos iš laivų.....	17
1.2.1. MARPOL 73/78 VI priedo prevencijos nuostatai.....	18
II. GYVAVIMO CIKLO SAMPRATA	23
2.1. Gyvavimo ciklo vertinimas.....	23
2.2. Gabi programinė įranga.....	30
III. SUVIRINIMO TECHNOLOGIJOS	31
3.1. Automatinis suvirinimas po flisu.....	31
3.2. Pusiau automatinis mechanizuotasis MIG, MAG suvirinimas.....	35
3.3. Virinimo metu išsiskiriančios emisijos.....	37
IV. MOKSLINIŲ TYRIMŲ LAIVO KORPUSO VIRINIMO TECHNOLOGIJŲ TYRIMAS	40
4.1. Tyrimo objekto analizė.....	40
4.2. Laivo korpuso suvirinimas ir naudojamos medžiagos.....	42
4.3. Gyvavimo ciklą sudarymas GaBi 6 programa.....	43
4.4. Suvirinimo metu išsiskiriančių emisijų palyginimas.....	45
4.4.1. Globalinio atšilimo vertinimas.....	45
4.4.2. Poveikis aplinkos rūgštėjimui.....	46
4.4.3. Žmogaus toksiškumo vertinimas.....	47
4.4.4. Eutrofikacijos potencialo vertinimas.....	48
4.4.5. Ozono sluoksnio ardymo potencialas.....	49
IŠVADOS	50
LITERATŪRA	51

IVADAS

Šiandieninis civilizuotas pasaulis, susirūpinęs dėl prasidėjusios klimato kaitos, daugiau dėmesio skiria tausojančiam gamtos išteklių naudojimui, poveikio aplinkai mažinimui. Ekonominio bendradarbiavimo ir paramos organizacijos paskelbta „Green growth“ deklaracija, Europos Sąjungos įsipareigojimai mažinti šiltnamio dujų emisiją strategijoje Europa 2020, ilgalaikė Europos Komisijos „Blue growth“ strategija jūrinio sektoriaus vystymui, ambicingi Tarptautinės jūrų organizacijos sprendimai sumažinti taršą iš laivų – išvardinti dokumentai yra skirti bet kurios veiklos, tame tarpe ir laivybos, poveikio aplinkai mažinimui.

Laivų eksploataciniai teršalai – tai ne tik krovos operacijų metu išskirta į aplinką tarša. Tai ir įvairios šiukšlės, užteršti vandenys bei dujos, ardančios ozono sluoksnį. Tai ir išmetamųjų dujų, krovinio, triukšmo, gaisro gesinimo medžiagų, šaldymo sistemų agentų emisijos. Taršą iš laivų reglamentuoja Tarptautinė Jūrų Organizacija. ES priima ir savus reikalavimus laivybai, dažnai net griežtesnius už tarptautinius. 2011 m. paskelbtoje Transporto Baltojoje knygoje iki 2050 m. įsipareigojo sumažinti CO₂ emisiją iš vandens transporto priemonių 40 % lyginant su 2005 m. Dažniausias emisijos iš laivų šaltinis yra dyzelinė jėgainė, todėl ji turi būti tobulinama, pritaikoma naudoti kelias, iš jų alternatyvias, kuro rūšis arba apskritai keičiama į varomą suskystintomis dujomis. Emisijos mažinimui reikalingi sprendimai, didinantys laivo operacijų efektyvumą išnaudojant palankias oro sąlygas, optimizuojant greitį, diferentą, kontroliuojant laivo mašinų ir mechanizmų energijos suvartojimą. Nauji laivai turi naudoti naujas, ne tokias imlias elektros energijai technologijas, o uosto infrastruktūra turi būti pritaikyta naujiems laivybos poreikiams tenkinti.

Tiek pažangiausių pasaulio šalių, tiek ES narių, tarp kurių yra energetiniais ištekliais ar gausiais gamtos resursais negalinti pasigirti Lietuva, plėtros ir konkurencingumo pagrindas yra naujos technologijos, inovacijos, skatinančios naujų darbo vietų kūrimą, aukštosiomis technologijomis grįstą gamybą. Todėl Lietuvos jūrų pramonė ir laivyba, kaip strateginė mūsų ekonomikos dalis, turi pasukti energetinio efektyvumo ir darnios plėtros keliu.

Teršalai, išsiskiriantys iš laivo korpuso dangos, savo sudėtyje turinčios nuodingų substancijų, neleidžiančių apaugti korpuso povandeninei daliai, irgi ribojami. Kita vertus, apaugusi povandeninė laivo korpuso dalis didina kuro sąnaudas, sudaro sąlygas invazinių rūšių pervežimui ant korpuso ar inkaro, pažeidžia apsaugines dangas, todėl spartėja korpuso koroziniai procesai, didėja remonto kaštai. Laivų pertvarkymas pagal naujus, aplinką tausojančius reikalavimus, beje, irgi daro poveikį aplinkai, todėl mokslininkai vertina laivų statyklų technologijas, rekomenduoja pramonei taikyti draugiškesnes gamtai.

Aplinkosaugos problemos dabar daro įtaką pasaulio laivybą daugiau nei kas nors kitas. Per pastaruosius kelis dešimtmečius pramonės reguliavimo sistema pasikeitė. „Žaliųjų“ spaudimas

laivybai ir toliau didės, todėl jūrų pramonė jau šiandien žengia į žaliojo laivo amžių. Kita vertus, laivo būvio ciklo analizė rodo, kad laivų statybos, remonto ir pertvarkymo metu išskirtos CO₂ emisijos sudaro tik 1,5 %; didžioji dalis išskiriama laivo eksploatacijos metu – 98,4 % ir tik 0,1 % - laivo supjaustymo metu. Nepaisant santykinai mažo laivų statybos proceso poveikio aplinkai, užsibrėžti ES tikslai 20 % sumažinti CO₂ emisijas iki 2020 m., liečia ne tik laivybą, bet ir bet kurią pramonės rūšį, t.y. laivų statybos ir remonto pramonę taip pat.

Gaminant laivo korpusą, vyrauja detalių pjovimo, surinkimo, suvirinimo, valymo ir dažymo darbai. Kadangi šiuolaikinėje laivų statybos ir remonto pramonėje dominuoja mažaanglio konstrukcinio plieno konstrukcijos, kurių gamybai taikomi įvairūs metalo šiluminio pjovimo ir suvirinimo būdai, o apsaugai nuo korozijos konstrukcijos dažomos, galima daryti išvadą, kad taikomos technologijos yra imlios elektros energijai ir medžiagoms, todėl jų poveikis aplinkai turi būti vertinamas.

Klaipėdoje išvystyta laivų statybos ir remonto veikla. Estijos kapitalo koncernui „BLRT Grupp“ priklausanti didžiausia Baltijos šalyse šio profilio įmonė Vakarų laivų gamykla (VLG), 2010 m. įsigijusi „Baltijos“ laivų statyklą, turi labai geras galimybes užimti ir išlaikyti dominuojančias pozicijas šioje veikloje artimiausią dešimtmetį.

UAB „Vakarų Baltijos laivų statykla“ – moderni laivų statykla, siūlanti pilną paslaugų kompleksą pradedant projektavimu ir baigiant laivų statyba „iki rakto“. Klaipėdos universitetas ir UAB „Vakarų Baltijos laivų statykla“ 2012 metų lapkričio 15 dieną pasirašė Mokslinių tyrimų laivo projektavimo ir statybos sutartį. Naujai statomas Mokslinių tyrimų laivas yra sudėtinė Jūrinio slėnio branduolio kūrimo dalis. Numatoma, kad laivas bus naudojamas tiek moksliniams tikslams, tiek įvairių jūrinio sektoriaus veiklų poreikiams tenkinti: vykdyti jūrinės aplinkos monitoringą, žuvų išteklių tyrimus, reaguoti į taršos incidentus, vykdyti palaidoto cheminio ginklo rajonų taršos monitoringą ir kita. Šis laivas prisidės prie jūrų ūkyje planuojamų stambių infrastruktūros projektų bei, valstybės mastu, padės įgyvendinti ES jūrų politikos siekius. Vykdydamas svarbią misiją, laivas turi būti maksimaliai draugiškas aplinkai. Mokslinių tyrimų laivo poveikis aplinkai turi būti įvertintas skiriant dėmesį visiems etapams: projektavimui, statybai, eksploatacijai ir perdirbimui. Gyvavimo ciklo valdymas siūlo didžiulį potencialą procesų tobulinimui ir išlaidų sumažinimui laivų statyboje ir laivybos pramonėje, dėl labai trumpo laivo kūrimo ciklo ir ilgo, intensyvaus laivo gyvavimo ciklo. Laivo gyvavimo ciklo organizacijos uždavinys - rasti būdų, kaip efektyviai valdyti ir perduoti svarbią informaciją nuo laivo projektavimo iki jo pridavimo į metalo laužą.

Darbo tikslas:

Pritaikius gyvavimo ciklo vertinimo metodiką laivo gyvavimo ciklo vertinimui bei naudojant Gabi programinę įrangą, atlikti KU mokslinių tyrimų laivo statyboje naudojamų suvirinimo procesų analizę, įvertinti daromą poveikį aplinkai ir pasiūlyti taršos mažinimo sprendimus.

Darbo uždaviniai:

1. Išanalizuoti gyvavimo ciklo metodiką;
2. Pritaikyti gyvavimo ciklo vertinimą KU mokslinių tyrimų laivo korpuso suvirinimo procesams ir parinkti tinkamiausią suvirinimo būdą mažesnio poveikio aplinkai požiūriu;
3. Išanalizuoti GaBi programinės įrangos metodiką;
4. Apskaičiuoti KU mokslinių tyrimų laivo korpuso suvirinimo procesų metu išsiskiriančias emisijas GaBi programinės įrangos pagalba.

Tyrimo objektas: statomas KU mokslinių tyrimų laivas.

Tyrimo metodai:

1. Gyvavimo ciklo vertinimas;
2. GaBi programinė įranga.

I. EKOLOGINIAI LAIVYBOS APRIBOJIMAI

Šiomis dienomis pasaulyje ir ypač Europoje yra kilęs susirūpinimas jūrų aplinkos tarša, kuri turi ilgalaikį poveikį pakrantėms, jūrų buveinėms bei ekosistemoms, todėl nuolatos ieškoma naujų sprendimų jūrų aplinkosaugos srityje. Didelis dėmesys skiriamas taršai, susidarantiems ne tik laivų statybos ir remonto metu, bet ir utilizuojant laivus. Kyla daug diskusijų dėl laivų utilizavimo pavojaus aplinkai, kuriuos sukelia pavojingų medžiagų identifikavimas, sudėtingas klasifikavimas bei atliekų susidarymas.

1.1. Inovacijų poreikis laivyboje

Nesiliaujantis netinkamo ir nesaugaus laivų perdirbimo praktikos plitimas kelia didelį susirūpinimą. Dauguma didelių komercinių jūros laivų pasibaigus jų eksploatavimo trukmei yra išmontuojami standartų neatitinkančiuose Azijos kompleksuose (Indijoje, Pakistane ir Bangladeše), paprastai naudojant ištraukimo į krantą metodą, kuris daro didelį poveikį aplinkai ir sveikatai.¹

Dabartinis dažnas teisės nuostatų nesilaikymas susijęs su:

- perdirbimo, ypač pačių didžiausių komercinių laivų, pajėgumų Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacijos (angl. trumpinys OECD) valstybėse trūkumu;
- nuožmia ir nesąžininga standartų neatitinkančių kompleksų ir aukštesnius techninius standartus atitinkančių kompleksų konkurencija – pastarieji gali užimti tik nišines specifinių tipų laivų, kaip antai mažų laivų, valstybinių, įskaitant karo, laivų arba atsakingai į aplinką žiūrinčių savininkų laivų, perdirbimo rinkas;
- tuo, kad dabartiniai teisės aktai nėra pritaikyti pagal laivų specifiškumą ir tarptautinę laivybą.

Padėtis greičiausiai dar pablogės, nes dėl pernelyg didelių pasaulio laivyno pajėgumų, kurie turėtų nesikeisti dar bent 5–10 metų, artimiausiais metais numatoma išmontuoti daug laivų. Be to, manoma, kad laivai bus intensyviausiai perdirbami maždaug tuomet, kai įsigalios draudimas naudoti viengubo korpuso tanklaivius (2015 m.), ir tuo daugiausia pasinaudos labiausiai standartų neatitinkantys kompleksai. Dabartiniai tarptautinio ir Europos Sąjungos lygmens teisės aktai pasirodė esą neveiksmingi tokiai laivų perdirbimo praktikai sustabdyti.

Laivybos įtaka oro taršai:

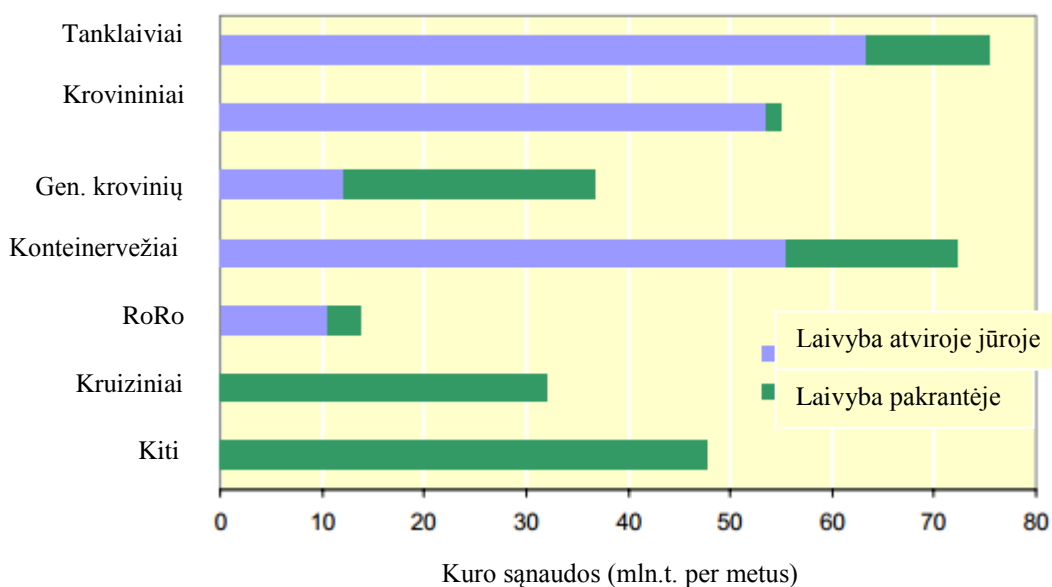
- 5 % bendro pasaulyje suvartojamo kuro – apie 140 mln. tonų;
- Iki 5 % iš kuro išsiskiriančio CO₂ junginių pasaulinės emisijos – 450 mln. tonų CO₂ per metus;

¹ Europos parlamento pozicija, priimta 2013 m. spalio 22 d. per pirmąjį svarstymą, siekiant priimti Europos Parlamento ir Tarybos reglamentą (ES) Nr. .../2013 dėl laivų perdirbimo, kuriuo iš dalies keičiami Reglamentas (EB) Nr. 1013/2006 ir Direktyva 2009/16/EB (EP-PE_TC1-COD(2012)0055)

- Sunaudojama 2-3 % pasaulinio iškastinio kuro;
- 13 % iš kuro susidarančių NO_x junginių;
- 2-5 % pasaulinės SO_x emisijos.²

Dėl tokių tarptautinės auditorijos susirūpinimą keliančių rodiklių, bei dėl sugriežtintų tarptautinės konvencijos dėl taršos iš laivų NO_x, SO_x, bei ozoną ardančių junginių (iki 2020 m. bus uždrausti visai) išmetimo iš laivų reikalavimų atsirado akivaizdus poreikis taikyti aplinkai žalingo poveikio nedarančius, o taip pat ir ekologiškus atsinaujinančios energijos šaltinius.

Kuro sąnaudos, suskirstytos pagal laivų pagrindines kategorijas ir tipiškas operacijų rūšis (1 pav.).



1 pav. Kuro sąnaudos pagal laivo tipus atviroje jūroje ir pakrantėje

2007 m. kovo 9 d. vykusiam Europos tarybos posėdyje buvo patvirtinti šie iki 2020 m. ES mastu privalomi pasiekti tikslai:

- Atsinaujinančių energijos šaltinių panaudojimas turi padidėti nuo 7 % iki 20 %;
- CO₂ dujų emisija turi būti sumažinta 20 %;
- Sumažinti energijos gavybą iš iškastinio kuro 20 %.

Laivo dyzeliai, aprūpinantys laivą elektros energija, nuolat dirba uosto teritorijose, ir nors globaliu mastu laivai nedaro didelės įtakos bendram oro užterštumui, bet uostamiestyje išmetamųjų dujų rodiklis gerokai padidėja iki 10–30 %. Ekologinio fono pablogėjimas vyksta dėl šių priežasčių:

² Komisijos pasiūlymo dėl Europos Parlamento ir Tarybos reglamento dėl jūrų transporto išmetamo anglies dioksido kiekio stebėsenos, ataskaitų teikimo ir tikrinimo, kuriuo iš dalies keičiamas Reglamentas (ES) Nr. 525/2013

- dėl akvatorijos apribojimų neįmanomas greitas toksinių junginių išsisklaidymas ore;
- uosto teritorijoje pakrovimo/iškrovimo darbų metu laivo dyzeliai dirba dideliais sūkliais.

Padidėjęs laivybos intensyvumas verčia griežtinti laivams keliamus reikalavimus. Panagrinėkime Baltijos jūros pavyzdį. Šios jūros baseino plotas tėra 0,12 % pasaulio vandenyno ploto. Tačiau intensyvumas yra didžiulis: kasmet jame aptarnaujama daugiau nei 60 tūkst. laivų, kurių bendros kuro sąnaudos siekia 5,6 mln. t (daugiau kaip 1,6 % pasaulinio kuro sąnaudų). Dėl išvardintų priežasčių toksinių junginių emisija Baltijos jūroje labai skiriasi (daugiau nei 13 kartų didesnė) nuo pasaulinio vidurkio: čia išmetama daugiau kaip 390 tūkst. t NO_x; 135 tūkst. t SO_x; 18 mln. t CO₂.³

Analizuodami kitus regionus, kur jūrų transporto srutai taip pat dideli, matome, kad atskiros šalys savo iniciatyva stengiasi sumažinti akvatorijų užteršimą. Taip jau nuo 2011 m. Singapūro uoste taikoma kenksmingų junginių emisijos mažinimo programa. Pagal šią programą laivams, kuriuose įdiegtos išmetamųjų dujų valymo sistemos arba naudojamas mažos sieros koncentracijos (<1 %) kuras, bus taikomos 15 % mažesnės rinkliavos už stovėjimo uoste laikotarpį. Kiti uostai (Švedijos, Suomijos, JAV) skiria papildomą oro taršos iš laivų mokestį arba apriboja laivų, neatitinkančių uosto keliamų reikalavimų, įplaukimą į akvatoriją.

Dabartiniu metu laivų išmetamųjų dujų toksiškumas mažinamas dviem kryptimis, kurios pateiktos 1 lentelėje. Pirminiai metodai: toksinių junginių mažinimas susidarymo metu – variklio darbo proceso optimizavimas. Antriniai metodai: išmetamųjų dujų nukenksminimas naudojant valymo įrenginius.

Žinome, kad NO_x junginiai degimo kameroje susidaro esant aukštai temperatūrai. Tačiau CO, CH ir PM emisijai didžiausią įtaką turi neefektyvus kuro degimas (kai kuras sudega nevisiškai). Tokiu būdu variklio toksiškumas mažinamas reguliuojant darbo proceso parametrus, siekiant nustatyti optimalias variklio charakteristikas. Tai pasiekama užtikrinant tolygesnį variklio darbo procesą, t. y. išvengiant staigaus slėgio ir temperatūros šuolio, nesant esminio kuro sąnaudų padidėjimo. Iškart po kuro įpurškimo degimo kameroje staiga padidėja slėgis ir atitinkamai temperatūra. Kad geriau vyktų darbo procesas, būtina užtikrinti mažesnį slėgį c atkarpoje (būtent šioje atkarpoje susidaro NO_x). Esminiai parametrai, lemiantys tolygų variklio darbo procesą, yra: kuro įpurškimo laikas, slėgis ir kampas; įpurškiamo kuro pasiskirstymas degimo kameroje; degimo kameros konstrukcija; įpučiamo oro parametrai. Toliau nagrinėsime skirtingų išmetamųjų dujų toksinio poveikio mažinimo pirminių variklio metodų taikymo privalumus ir trūkumus.

³ Panasiuk I. 2012. Laivo išmetamųjų dujų toksiškumo mažinimo problematika. Klaipėdos universitetas

1 lentelė. Laivo išmetamųjų dujų toksiškumo mažinimo metodai

Išmetamųjų dujų toksiškumo mažinimo metodai
Pirminiai metodai
<i>Variklio darbo proceso optimizavimas:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Kuro tiekimo reguliavimas; • Degimo kameros optimizavimas;
<i>Specialaus kuro naudojimas:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Mažasis kuras; • Alternatyvusis kuras;
<i>Oro tiekimo reguliavimas:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Įpučiamo oro parametrų keitimas;
Antriniai metodai
<i>Išmetamųjų dujų nukenksminimas:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Terminis, elektrinis, kontaktinis.

Tyrimai rodo, kad SO_x emisijos normų sugriežtinimas padidins laivo eksploatacijos išlaidas ir frachto kainą net iki 30 %, o tose zonose, kurioms bus suteiktas SECA ir NECA statusas, šios sąnaudos padidės net iki 35 %. Todėl norint užtikrinti jūrinio sektoriaus konkurencingumą būtina pasiūlyti racionalų kenksmingų junginių emisijos mažinimo metodą, kuris atitiktų MARPOL 73/78 reikalavimus.

Kuro tiekimo reguliavimas

Kuro įpurškimo parametrų (kuro įpurškimo laiko, slėgio ir kampo) optimizavimas gali sumažinti kuro sąnaudas ir atitinkamai toksinių junginių emisiją. Tai pasiekama didinant kuro tiekimo slėgį ir užtikrinant geresnę kuro pasiskirstymą degimo kameroje, dėl ko geriau išdega kuras. NO_x emisijos mažinimas pasiekiamas reguliuojant kuro tiekimo kampą. Tačiau, sumažinus kuro tiekimo kampą sumažėja temperatūra, o tai lemia blogesnę kuro išdegimą ir padidina CO, CH ir PM emisiją. Siekiant užtikrinti gerą kuro išdegimą ir tuo pat metu mažesnę slėgį ir temperatūrą naudojamas kuro įpurškimas porcijomis (įpurškimas ciklo pradžioje ir degimo proceso metu). Šiuo metodu nedidinant kuro sąnaudų gerokai sumažinama NO_x emisija. Jo pagrindu buvo sukurta „Common rail“ technologija, dėl kurios, esant bet kokiems variklio darbo režimams, į degimo kamerą tiekiamas optimalus kuro kiekis ir užtikrinamas geras variklio darbo procesas.⁴

⁴ Panasiuk I. 2012. Laivo išmetamųjų dujų toksiškumo mažinimo problematika. Klaipėdos universitetas

Degimo kameros optimizavimas

Degimo kameros forma turi įtakos degimo procesui. Varikliai su vientisa degimo kamera pasižymi kuro ekonomiškumu ir konstrukcijos paprastumu, tačiau jų darbo procesas netolygus ir atitinkamai didesnis variklio toksinis poveikis. Padalintos degimo kameros pasižymi geresniu kuro susimaišymu, kuris veikia kuro degimą ir šį procesą daro tolygesnį. Tačiau dėl šio tipo degimo kameros konstrukcijos tampa sudėtingesnis šalto variklio užvedimas, o dėl didesnio cilindro paviršiaus ploto padidėję šilumos nuostoliai lemia didesnes kuro sąnaudas. Optimalus degimo kameros tipas yra pusiau padalinta kamera, pasižyminti anksčiau išvardintų kamerų privalumais.

Specialaus kuro naudojimas

Dar vienas būdas sumažinti toksinių dalelių emisiją yra efektyvesnio kuro naudojimas. Tai yra kuro savaiminio užsiliepsnojimo savybių gerinimas, siekiant užtikrinti greitą liepsnos fronto pasiskirstymą degimo kameroje. Taip pat galima naudoti mažasierį kurą, kuriuo sumažinama išmetamųjų dujų SO_x emisija. Biodyzelinas ir dujos taip pat užtikrina geras ekonomines ir ekologines charakteristikas. Tačiau pagrindinis alternatyviojo kuro naudojimo trūkumas – gamybos kaina, kuri atitinkamai padidina ir laivo eksploatacijos sąnaudas.

Oro tiekimo reguliavimas

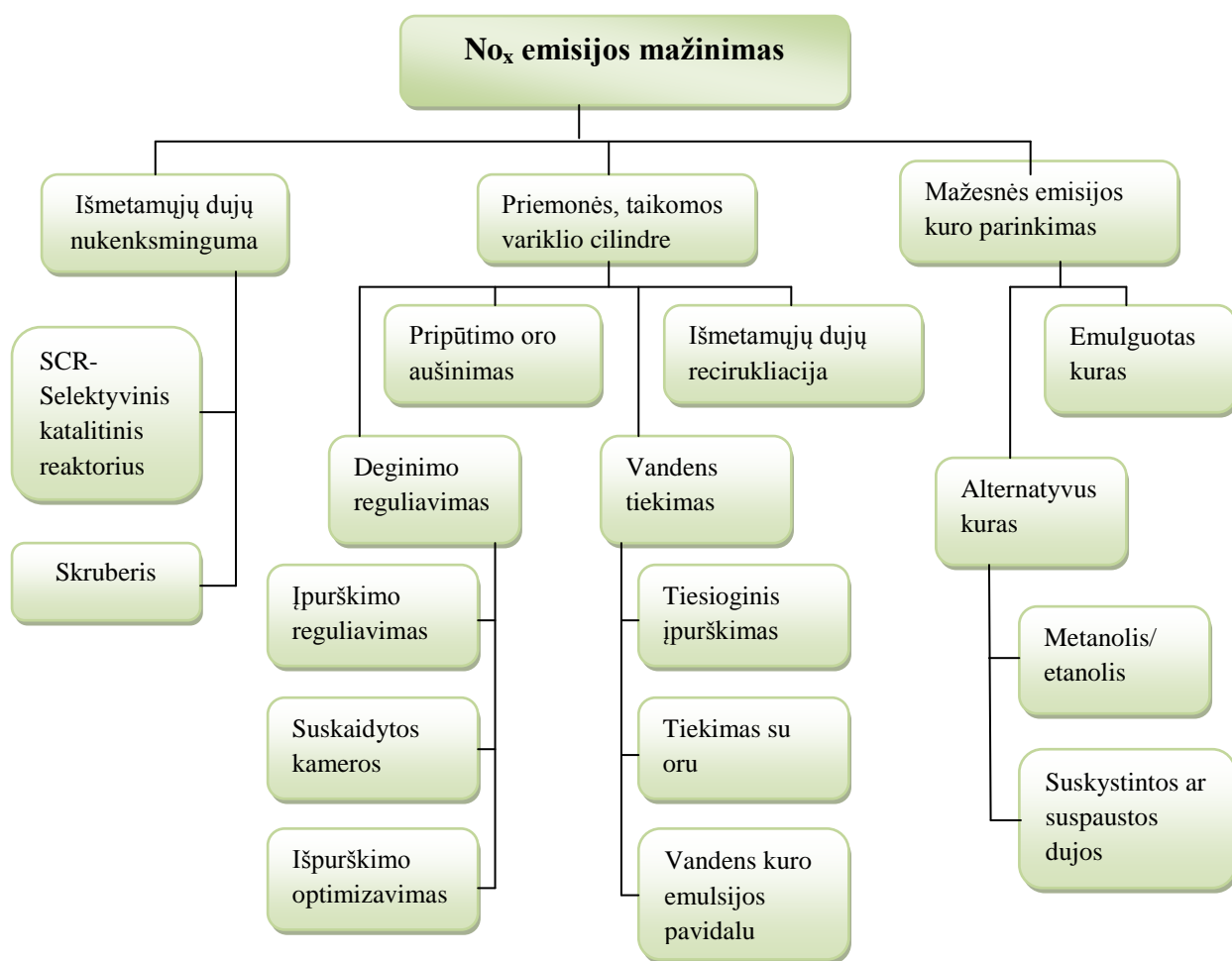
Emisijos mažinimas optimizuojant oro įpūtimą į cilindrą pasiekiamas naudojant turbokompresorius. Jis leidžia padidinti oro kiekį kuro ir oro mišinyje. Tokiu būdu yra sumažinama kietųjų dalelių emisija ir geriau iš cilindro pašalinamos išmetamosios dujos. Toks oro įpurškimas gerokai padidina įpučiamo oro temperatūrą, todėl degimo kameroje padidėja temperatūra, taip pat padidėja ir NO_x emisija. Norint išvengti temperatūros kilimo oro įpūtimo metu naudojama oro aušinimo sistema. Naudojant turbokompresorių su aušinimo sistema pasiekiamas tiek kietųjų dalelių, tiek NO_x emisijos sumažėjimas.

Vandens įpurškimo į degimo kamerą sistema

NO_x emisija tiesiogiai priklauso nuo temperatūros degimo kameroje. Todėl vandens tiekimas (kartu kurą sumaišant su suslėgtu oru arba įpurškiant tiesiogiai į degimo kamerą) degimo proceso metu sumažina NO_x emisiją. Tačiau šis būdas nėra labai veiksmingas, nes mažėja variklio ciklo šiluminis naudingumo koeficientas. Paminėti metodai užtikrina laivo ekologinių parametru atitiktį Tier II reikalavimams. Siekiant įvykdyti Tier III normatyvus, būtina naudoti išmetamųjų dujų valymo sistemas.

Naudojant šias priemones (2 pav.) NO_x išėigą galima sumažinti 30-80 %, tačiau tam trukdo labai svarbi aplinkybė – tiesioginė priklausomybė tarp azoto oksidų išėigos ir darbo ciklo terminio naudingojo veikimo koeficiento.

Pritaikius bet kokį poveikį, dėl kurio azoto oksidų išėiga sumažėja, išauga specifinis kuro sunaudojimas. Šio ryšio termodinaminė prigimtis remiasi tuo, kad azoto oksidų išėiga ir terminis ciklo naudingojo veikimo koeficientas didėja augant degimo temperatūrai ir atvirkščiai. Efektas universalus ir nepriklauso nuo to, kokiais būdais modifikuojamas degimo procesas. Tik naudojant antrinius metodus (SCR), kurie visiškai neliečia degimo proceso, tiesioginės sąsajos tarp NO_x emisijos ir proceso ekonomiškumo nėra.⁵



2 pav. Laivų variklių NO_x emisijos mažinimo technologijos

Išmetamųjų dujų nukenksminimas

⁵ Smailys V. 2012. Laivų aplinkos apsauga. Klaipėda: Klaipėdos universiteto leidykla, 213 p.

Šiuo metu taikomi trys išmetamųjų dujų apdorojimo būdai: terminis (sudeginimas, katalitinis oksidavimas), elektrinis (poliarizavimas) ir kontaktinis (sausasis ir skystasis). Smulkiau aptarsime kontaktinį išmetamųjų dujų apdorojimo metodą. Sausasis valymas taikomas, kai naudojami absorbentai (aliumogelis, silikagelis, ceolitas, aktyvinta anglis). Skystojo valymo esmė – toksinių dalelių ištirpinimas vandenyje. Išvardintos valymo sistemos veiksmingai mažina toksinių junginių koncentraciją išmetamosiose dujose, tačiau jos yra labai masyvios, brangios ir kol kas ne iki galo ištirtas šių sistemų efektyvumas esant kintamiems variklio darbo procesams.

- Laivai sudegina maždaug 335,000,000 tonų kuro per metus, o aptarnauja ~85% pasaulio transportavimo poreikių;
- Bendras išmetamo CO₂ kiekis maždaug 1 mlrd tonų per metus;
- Iki 2050 m. tikėtina, kad CO₂ emisijos padvigubės arba patrigubės.⁶

Sumažintas išmetamų CO₂ kiekis gali

būti pasiektas:

Techninėmis priemonėmis:

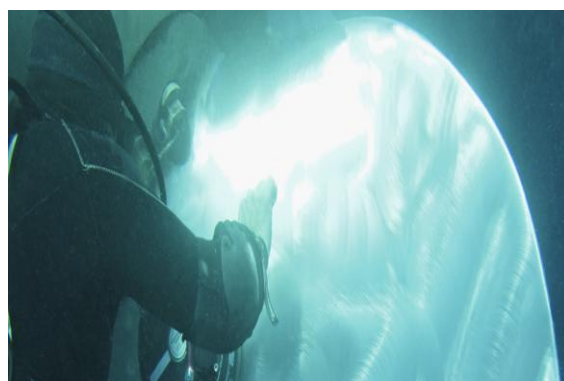
- Padidinti laivo dydį;
- Sraigto ir vairo projektavimas, korpuso priedai;
- Korpuso dangos;
- Naudoti bures ar jėgos aitvarus;
- Alternatyvus kuras, pvz.: LNG.



3 pav. Jėgos aitvarų naudojimas taupant kurą

Eksploatacinėmis priemonėmis:

- Dažnesnis korpuso valymas;
- Dažymas korpusą dažais, mažinančiais laivo pasipriešinimą;
- Dažnesnis sraigto ar sraigto dangos valymas;
- Balasto ir diferento optimizavimas;
- Geresnio maršruto planavimas;
- Greičio optimizavimas.



4 pav. Sraigto valymas

⁶ Nyhus E. 2011. Shipping CO₂ emissions - Technical solutions and abatement potential. Managing risk, DNV

Struktūrinėmis priemonėmis:

- Infrastruktūra (pvz., kranai, krantinės, uosto logistika), aptarnaujanti didesnės talpos laivus;
- Mažinti prastovų laiką, just-in time atvykimas;
- Sutrumpinti kelionės atstumą.⁷

1.2. Prevencijos nuostatai dėl oro taršos iš laivų

Statant aplinkai „draugiškus“ ir energetiniu požiūriu optimalius laivus, tikslinga bendradarbiauti su kitų šalių mokslininkais ir dalyvauti kuriant inovatyvius laivų ir kitų jūros įrenginių propulsiyvinis įrenginius (pritaikant atsinaujinančius energijos išteklius), naujus laivus ir kitus jūros objektus.⁸

Laivų statybos ir remonto pramonė kasdien susiduria su Tarptautine jūrų organizacijos rengiamomis ir skelbiamomis konvencijomis, reglamentuojančiomis aplinkos apsaugą, naujai statomiems ir eksploatuojamiems laivams. Laivų remonto ir statybos įmonės privalo laikytis nacionalinės ir tarptautinės aplinkos apsaugos teisės reikalavimų – naudojamos technologijos turi daryti kiek galimą mažesnę poveikį aplinkai⁹.

Tarptautinė jūrų organizacija (TJO/IMO) per savo kontroliuojamą tarptautinę konvenciją MARPOL 73/78 nuosekliai didina aplinkos apsaugos reikalavimus jūrų laivams ir kartu su pasaulio regionų aplinkos apsaugos organizacijomis skiria ypatingą dėmesį laivams, ypač jautriuose taršai jūrų rajonuose, siekdama jiems ypatingų rajonų statusą. Vienas iš griežčiausių reglamentuojamų jūros rajonų yra Baltijos jūra, kurioje Helsinkio Baltijos jūros aplinkos apsaugos komiteto (HELCOM) iniciatyva IMO aprobuoja naujus, išskirtinius, laivų aplinkos apsaugos reikalavimus ir taisykles. Konvencija nustato leistiną NO_x, CO, CO₂, SO_x, CH, suodžių ir kitų kietųjų dalelių koncentracijos kiekį.

Išmetami iš laivų oro teršalai įsitraukia į globalinius procesus, kurie sukels problemų žmonėms, Pagal poveikio charakterį teršalai ir papildomai halogenų anglies junginiai CFC gali būti priskirti prie konkrečias globalines problemas sukeliančių veiksnių.

CO₂, CH₄, N₂O, CFC – šiltnamio dujos, veikia klimato kaitą;

CFC, N₂O, NO_x – stratosferos ozoną ardančios medžiagos;

SO_x, NO_x – medžiagos, didinančios aplikos rūgštėjimą;

NO_x – iškritose didina vandens eutrofikaciją;

⁷ Nyhus E. 2011. Shipping CO2 emissions - Technical solutions and abatement potential. Managing risk, DNV

⁸ Baltijos slėnis. 2011. Lietuvos jūrinio sektoriaus vystymo galimybių studija

⁹ Jūrinių tyrimų koncorciumas. 2012. Lietuvos Baltijos jūros aplinkos apsaugos valdymo stiprinimo dokumentų parengimas. III-oji tarpinė ataskaita. Klaipėda

SO_x, NO_x, CH, PM – dalyvauja formuojantis smogui.¹⁰

1.2.1. MARPOL 73/78 VI priedo prevencijos nuostatai

MARPOL konvencijos VI priedas taikomas visiems laivams, tačiau sertifikavimo reikalavimai, priklauso nuo laivo dydžio ir pastatymo metų.

Ozono sluoksnį ardančios medžiagos

MARPOL konvencijos VI priedas draudžia bet kokias tyčinius, ozono sluoksnį ardančių medžiagų, emisijas.

Įrenginiai, kuriuose yra ozono sluoksnį ardančių medžiagų, išskyrus hidrochlorfluorangliavandenilių, draudžiama visuose laivuose, pastatytuose nuo 2005 m. gegužės 19 d.¹¹

NO_x emisija

VI priedo reglamentas NO_x išmetamųjų teršalų iš dyzelinių variklių taikomas:

- Kiekvienam dyzeliniam varikliui su galia didesnė kaip 130 kW, kai laivas pastatytas nuo 2000 m. sausio 1 d.;
- Kiekvienam dyzeliniam varikliui su galia didesnė kaip 5000 kW ir kurių cilindro tūris 90 litrų ir daugiau, kai laivas pastatytas nuo 1990 m. sausio 1 d. iki 2000 m. sausio 1 d.;

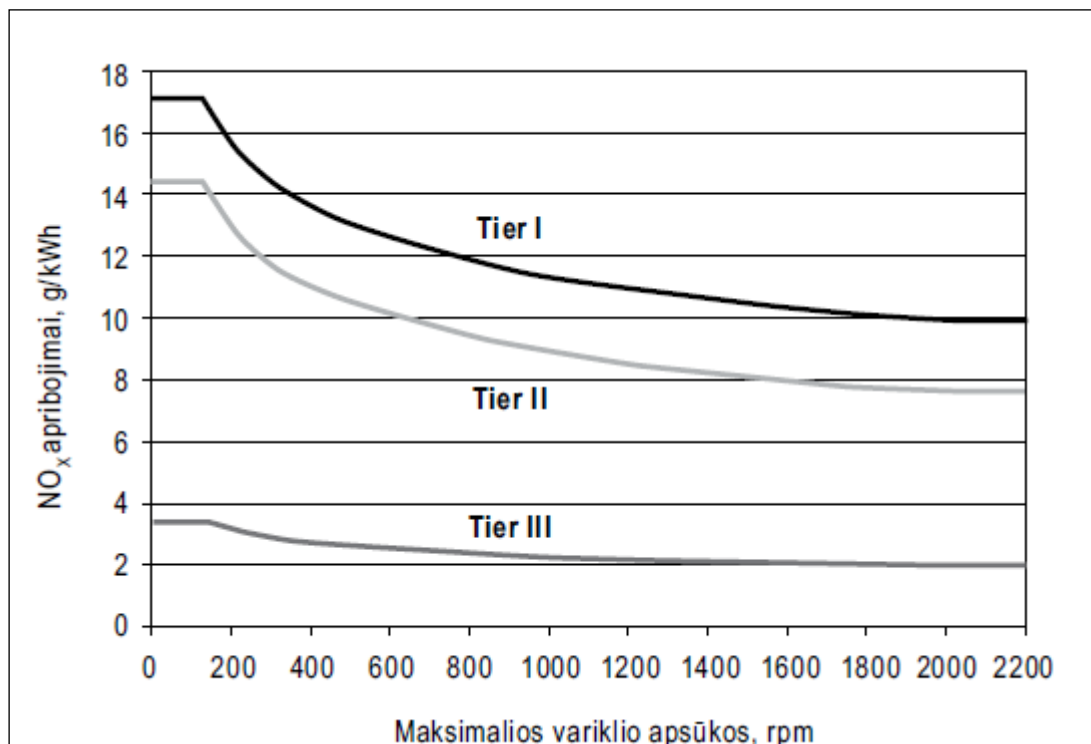
Šis reglamentas netaikomas:

- Avariniams dyzeliniams varikliams, kurie sumontuoti gelbėjimo valtyse arba bet kuriai įrangai, skirtai naudoti tik avariniu atveju;
- Varikliams, naudojamiems tik vairuoti mašiną, skirtą žvalgymui, tyrimo darbams ir susijusiems procesams jūroje.¹²

¹⁰ Smailys V. 2012. Laivų aplinkos apsauga. Klaipėda: Klaipėdos universiteto leidykla, 79 p.

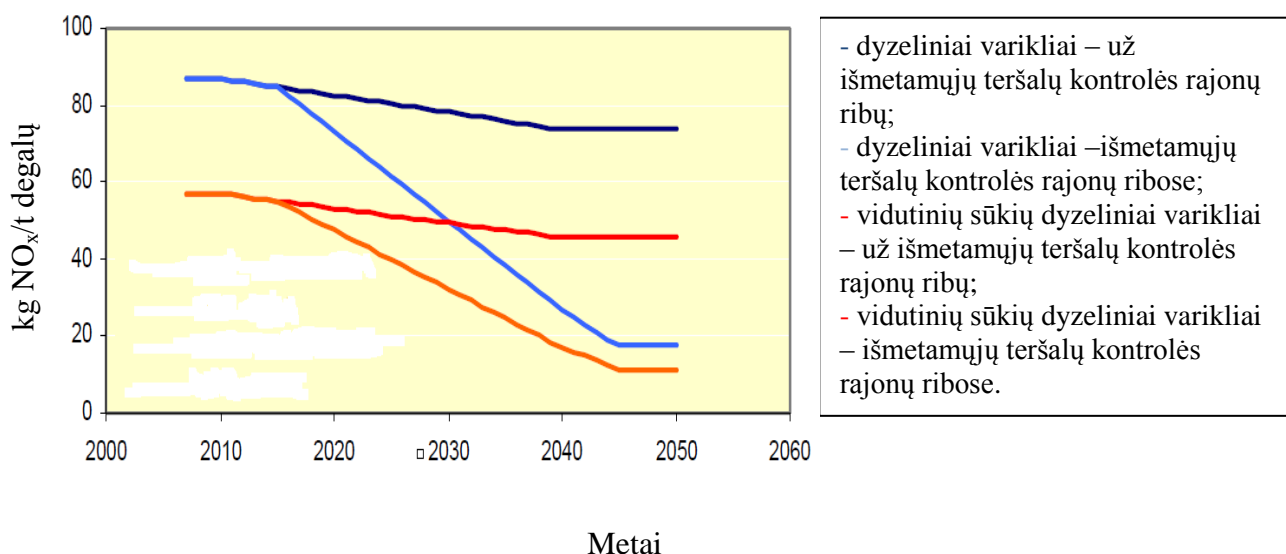
¹¹ Marpol 73/78 Annex VI. 2009. Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships. Managing risk, DNV

¹² Marpol 73/78 Annex VI. 2009. Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships. Managing risk, DNV



5 pav. NOx emisijos apribojimai (MARPOL 73/78 VI priedas)

MARPOL 73/78 VI priede NOx emisijos apribojimus suskirstė į 3 lygius (5 pav.). 2008 m. į MARPOL 73/78 VI priedą buvo įtraukti du nauji emisijos sugriežtinimo lygiai Tier II ir Tier III. Pagal IV priedo reikalavimus laivai, kurių pastatymo metai yra 2000 m. ir vėlesni, taip pat kurių variklių galingumas viršija 130 kW, turi atitikti Tier I lygio reikalavimus. Nuo 2011 m. sausio 1 dienos įsigaliojo Tier II reikalavimai, o nuo 2016 m. įsigalios Tier III reikalavimai. Tier III lygio reikalavimai, skirtingai nei Tier I ir Tier II, negalios mažesniems nei 24 metrai laivams, kurie naudojami tik pramoginiams tikslais, arba laivams, kurių variklio galia neviršija 750 kW.¹³



6 pav. NOx emisijos iš laivų mažėjimo prognozės iki 2050 m.

¹³ Panasiuk I. 2012. Laivo išmetamųjų dujų toksiškumo mažinimo problematika. Klaipėdos universitetas

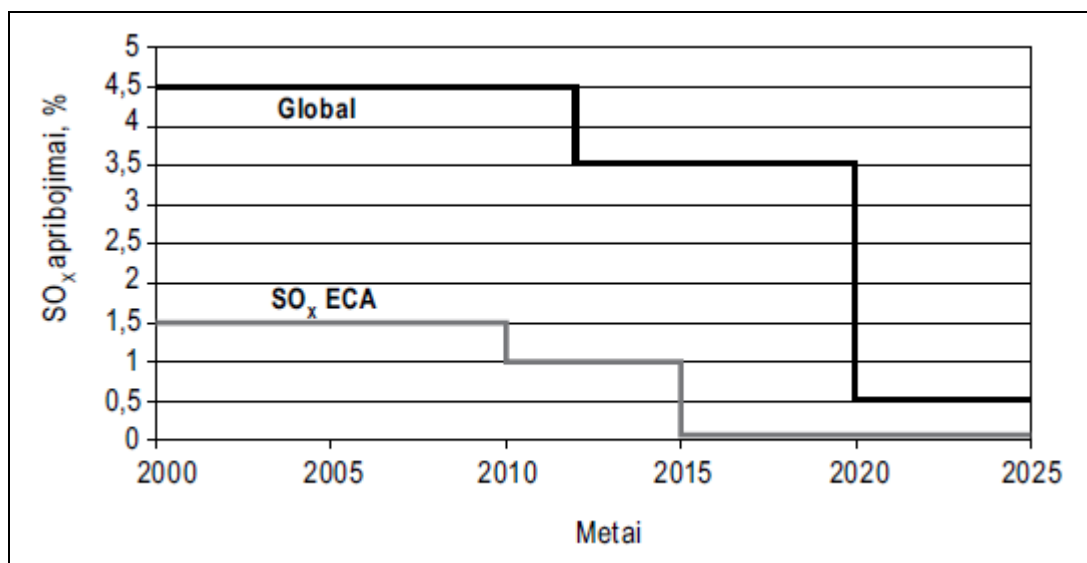
Laivyno vidutinis išmetamųjų teršalų faktorius priklauso nuo laivyno sudėties kiekvienais metais, kuris priklauso nuo laivo eksploatavimo laiko ir laivyno augimo. Laivyno augimas taip pat yra susijęs su greičio sumažinimu; todėl greičio sumažinimas galėtų turėti netiesioginį teigiamą poveikį NOx spartinant naujų laivų ir variklių įvedimą. Būsiami NOx išmetamųjų teršalų faktoriai, kurie būtų grindžiami laivyno augimo iki 3 % per metus, o vidutinis laivo eksploatavimo laikas 30 metų, parodyta 6 paveiksle. Šis skaičius rodo, išmetamųjų teršalų faktorių dyzelinių variklių (SSD angl. *Slow speed diesel*) ir (MSD angl. *Medium speed diesel*) vidutinių sūkių dyzelinių variklių už išmetamųjų teršalų kontrolės rajonų ribų (ECA angl. *Emission Control Area*) ir rajonų ribose ateinančių metų.¹⁴

SO_x emisija ir kietosios dalelės

Sieros oksido (SO_x) ir kietųjų dalelių išmetimai iš laivų bus apskritai kontroliuojami, nustatant sieros kiekį jūriniame mazute. Sieros kiekis mazute, naudojamam laivuose, negali viršyti šių ribų:

- 4,50% m/m iki 2012 m. sausio 1 d.;
- 3,50% m/m nuo 2012 m. sausio 1 d.;
- 0,50% m/m nuo 2020 m. sausio 1 d.

1999 m. direktyvoje (su 2005 m. pakeitimais) regla mentuojamas sieros kiekis jūrų transporto priemonių naudojamame kure. 2008 metų MARPOL konvencijos protokolo VI priede numatyta iki 2020 m., blogiausiu atveju bent iki 2025 m., šį kiekį laipsniškai sumažinti net iki 0,5 % (7 pav.).¹⁵



7 pav. SO_x emisijos apribojimai (MARPOL 73/78 VI priedas)

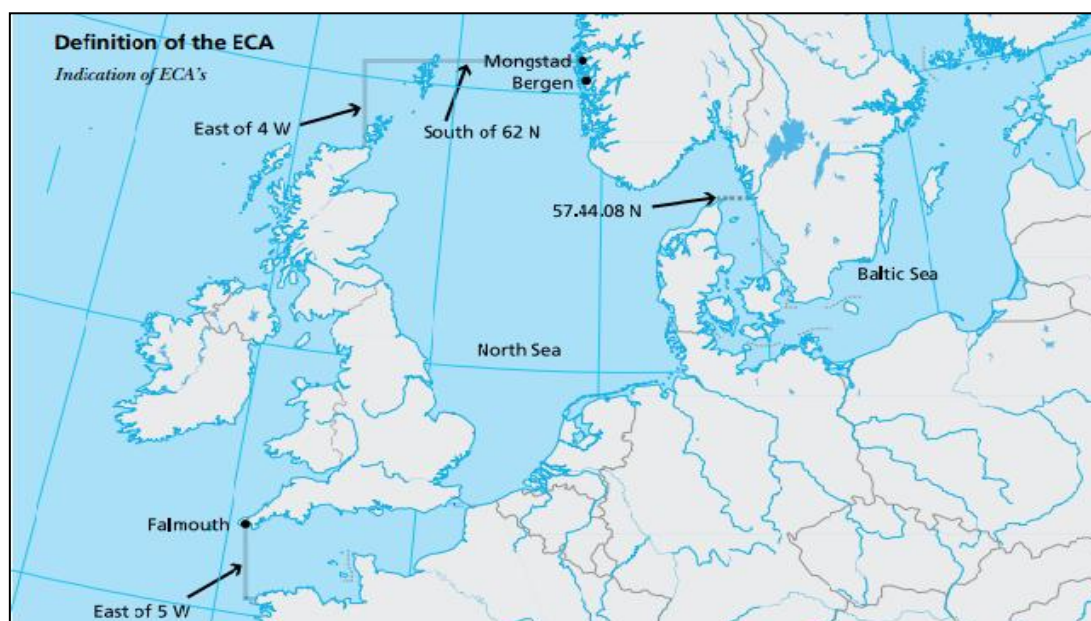
¹⁴ IMO. 2009. Prevention of air pollution from ships

¹⁵ Panasiuk I. 2012. Laivo išmetamųjų dujų toksiškumo mažinimo problematika. Klaipėdos universitetas

Pažymėtina, kad konvencija leidžia naudoti daug įvairių teršalų išmetimo mažinimo metodų: įvairių įrangą, metodus, technologijos procesus ir alternatyvų kurą.

Šio reglamento išmetamųjų teršalų kontrolės rajonai ECA (angl. *Emission Control Area*) apima (8 pav.)¹⁶:

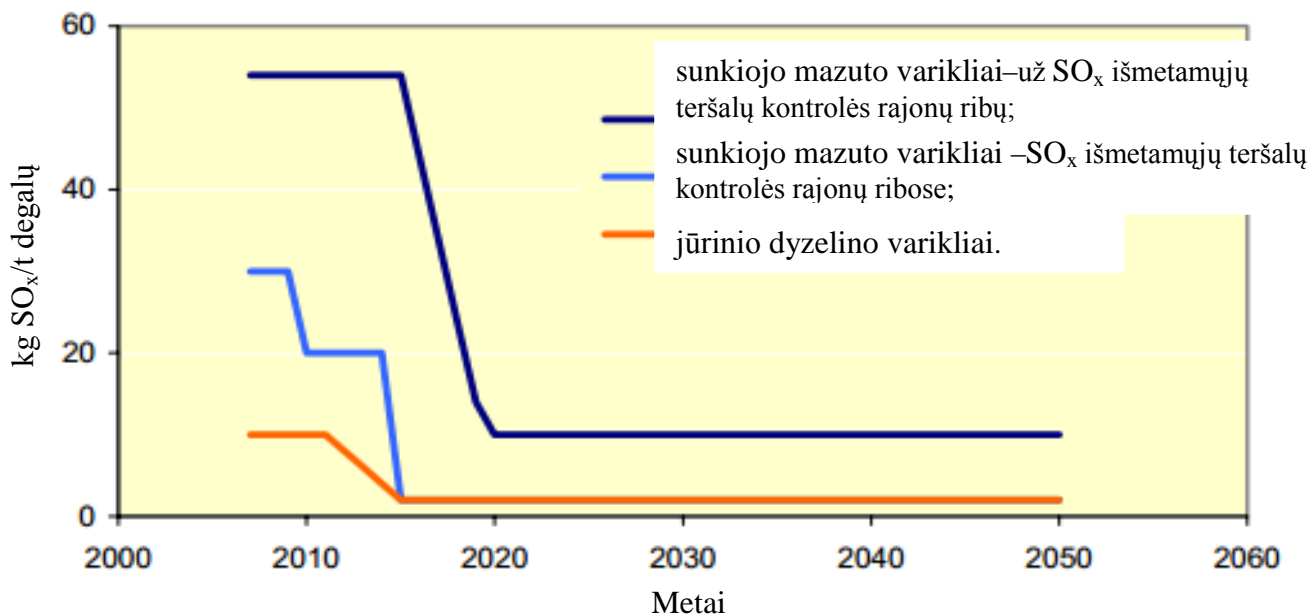
- Baltijos jūros regionas nuo 2006 m.;
- Šiaurės jūra nuo 2007 m.;
- Šiaurės Amerikos ir Kanados pakrantės nuo 2012 m.;
- Pietų Korėja, Malakos sąsiauris, Viduržemio jūra nuo 2015 m.
- Bet koks kitas jūros plotas, įskaitant uosto teritoriją. Nors laivai plaukioja per emisijos kontrolės rajonus, sieros kiekis naudojamame mazute laivuose neturi viršyti šių ribų:
 - 1,50% m/m iki 2010 m. liepos 1 d.;
 - 1,00% m/m nuo 2010 m. liepos 1 d.;
 - 0,10% m/m nuo 2015 m. sausio 1 d.



8 pav. SO_x emisijos kontrolės rajonai

Šioms teritorijoms gali būti suteiktas SECA arba NECA statusas (SO_x or NO_x *Emission Control Areas*), tuomet minė tuose rajonuose leistina sieros oksidų ir azoto oksidų emisija galės būti 3–5 kartus mažesnė nei pasauliniu mastu.

¹⁶ Marpol 73/78 Annex VI. 2009. Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships. Managing risk, DNV



9 pav. SO_x emisijos iš laivų mažėjimo prognozės iki 2050 m.

9 paveiksle pateikti sieros teršalų apribojimo dydžiai ir terminai. Svarbus pasiekimas yra tas, kad maksimalaus 3,5% kuro sieringumo riba pasauliui galioja nuo 2012 m.¹⁷ Tikimasi, kad neįtakos vidutinio išmetamųjų teršalų faktoriaus, nes pasaulio vidurkis šiuo metu yra 2,7%. Šis skaičius rodo, išmetamųjų teršalų faktorių sunkiojo mazuto variklių (HFO angl. *Heavy fuel oil*) ir jūrinio dyzelino variklių (MGO angl. *Marine gas oil – distillate marine fuel*) už SO_x išmetamųjų teršalų kontrolės rajonų ribų SECA (angl. *SO_x Emission Control Area*) ir rajonų ribose ateinančių metų.¹⁸

Lakieji organiniai junginiai

Visos cisternos, kuriose taikoma garų emisijos kontrolė, pagal reikalavimus turi būti su aprobuota garų surinkimo sistema; krovos metu tokią sistemą naudoti privaloma. Garų surinkimo sistema turi atitikti IMO reikalavimus.

Deginimas laive

Deginimas krovinių likučių, polichlorintų bifenių, šiukšlių, kurių sudėtyje yra sunkiųjų metalų pėdsakų ir rafinuotų naftos produktų, kurių sudėtyje yra halogeninių junginių, yra draudžiamas.¹⁹

¹⁷ IMO. 2009. Prevention of air pollution from ships

¹⁸ IMO. 2009. Prevention of air pollution from ships

¹⁹ IMO. 2009. Prevention of air pollution from ships

Mazuto prieinamumas ir kokybė

Anksčiau mazuto kokybė buvo svarbiausia tarp savininkų/vadovų (šiuo klausimu ir frachtuotojai) ir tiekėjų. 2005 m. gegužės 19 d. įsigaliojus MARPOL 73/78 VI priedui, mazuto kokybė tapo įstatyminis reikalas.

Be to, ribojančiais sieros oksido (SO_x) ir kietųjų dalelių išmetimo iš laivų reikalavimais, pateiktais VI priede, siekiama, kad būtų užkirstas kelias potencialiai kenksmingų medžiagų atsiradimui mazute, ypač mazuto atliekose. Reikalaujama, kad tiekiamas laivams kuras turi būti be neorganinių rūgščių arba cheminių atliekų, kurios gali kelti pavojų laivo saugai, gali būti žalingos laivo personalui, arba kurios prisidėtų prie papildomos oro taršos. Tačiau priedų mažais kiekiais, skirtų pagerinti našumą, leidžiama pridėti.²⁰

Laivų statybos ir remonto pramonė šiomis dienomis vystosi labai sparčiai, todėl privaloma taikyti aplinkosaugines priemones ir mažinti produktų ar procesų poveikį aplinkai per visą gyvavimo ciklą.

II. GYVAVIMO CIKLO SAMPRATA

Gyvavimo ciklo samprata reikalauja išnagrinėti gaminio poveikį aplinkai nuo fizinio atsiradimo iki pat išnykimo. Į gaminio gyvavimo ciklą įeina tokie komponentai: žaliavų paruošimas, energijos išgavimas, pervežimas, pirminis apdirbimas, gaminio gamyba, pakuotė, paskirstymas, vartojimas, atliekų surinkimas ir galutinis pašalinimas. Reikia pabrėžti, kad gyvavimo ciklo požiūris yra sudėtingas tuo, kad daugelis gaminio gyvavimo ciklo komponentų yra susiję su kitų gaminių sistemomis. Todėl gaminio gyvavimo ciklą ne visada paprasta apibrėžti ir tam reikalingas subjektyvus sprendimas.

2.1. Gyvavimo ciklo vertinimas

Standartizuota GCV metodika pagrįsta proceso modelio vertinimu, kuris apima išsamų išteklių sąnaudų aprašą ir aplinkos išeigos (pvz., įėjimo ir išėjimo srautai), o taip pat apskaičiuoja masės ir energijos balansus ir įvertina potencialią žalą aplinkai. Per šį „holistinį“ požiūrį metodas tarnauja kaip sprendimų priėmimo priemonė, galinti pagerinti aplinkos kokybę ir tvarumą įgyvendinant tinkamą jo taikymą.

Elementarūs srautai yra apibrėžti pagal ISO standartus 14040 ir 14044, kaip „medžiaga arba energija patenkanti į tiriamą sistemą buvo paimta iš aplinkos, kuri nebuvo anksčiau paveikta žmogaus veiklos, arba medžiaga ar energija paliekanti tiriamą sistemą, kuri yra išleidžiama į

²⁰ IMO. 2009. Prevention of air pollution from ships

aplinką be ryškios žmogaus veiklos^{21, 22}. Visų pirma nurodo srautus, kurie patenka į technosferą (t. y. vertinamą sistemą) iš gamtos, tokių kaip išteklių srautus (pvz., geležies rūdos); ir srautai, kurie išeina iš technosferos sistemos į gamtą, kaip emisija, ar jos yra nukreiptos į orą, vandenį arba dirvožemį.²³

Dauguma GCV metodikų buvo pradėtos praktikuoti pagal du bendrus tikslus: pirmas - naudojant elementarius srautus ir galimą poveikį aplinkai ar poveikį, siekiant spręsti produkto, arba sistemos aplinkos istoriją; antras - tyrimai, kurie aptaria produkto ar sistemos galimas būsimas pasekmės aplinkai, dažnai palyginant su produkto alternatyva. Per šiuos du bendrus tikslus, GCV suteikia sprendimus priimančioms subjektams vertinti visos sistemos galimybes, o ne tik sutelkti dėmesį į vieną gyvavimo ciklo etapą ar procesą, todėl sumažinama galimybė neįvertinti poveikio aplinkai.

GCV gali nustatyti ekologinį poveikį perdavimo iš vienos aplinkos terpės į kitą; pvz., panaikinti teršalų išmetimą į orą. Be to, metodika gali nustatyti galimą poveikį pereinant iš vieno gyvavimo ciklo etapo į kitą; pvz., nuo naudojimo ir pakartotinio produkto į žaliavos įsigijimo etapą.

GCV yra sukurtas iš metodikos, kuri buvo dažniau taikoma galimų žalingų procesų aplinkos mažinimui, priemonė yra naudojama šiuo metu, siekiant pagerinti produkto projektavimą, o taip pat taikomas vykdyti valdžios nuostatus. GCV rezultatai yra idealus projektavimo įrankis, dažnai atliekamas prieš produkto gamybą, ar procesui vykstant.²⁴

GCV metodika susieja rezultatus, surinktus iš išlaidų skaičiavimų, kurie buvo atlikti kiekviename renovacijos etape. Pabrėžiant mažiausiai aplinkai kainuojančią galimybę, ji taip pat gali būti susieta su jos ekonomine veikla.

GCV pagrindinis tikslas yra pasirinkti geriausią produktą, procesą ar paslaugą su mažiausiu poveikiu žmonių sveikatai ir aplinkai. Antriniai tikslai gali apimti informaciją, patvirtinti aplinkos vertinimus, nustatyti procesui pradinis duomenis, ir patvirtinti viešąją politiką, produktų sertifikavimą, ir t. t.²⁵

Kiekvienas iš būvio ciklo etapų yra susijęs su didesniu ar mažesniu poveikiu aplinkai. Tai – vandens ir energijos sąnaudos, įvairiais chemikalais užterštos nuotekos, transporto tarša pervežant

²¹ ISO, „14040:2006(E) Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework,“ ed. Geneva, Switzerland, 2006

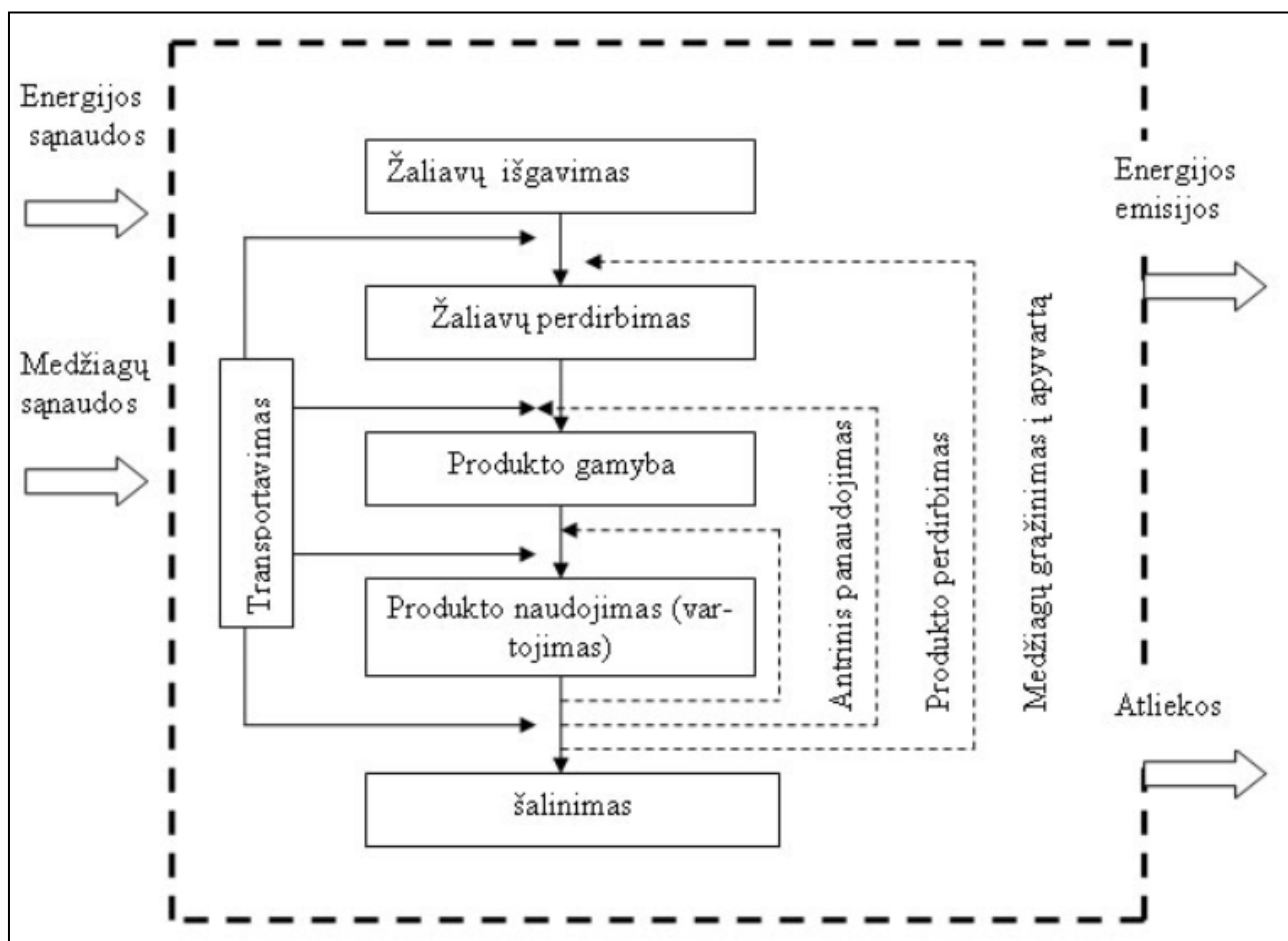
²² ISO, "14044:2006(E) Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines," ed. Geneva, Switzerland, 2006

²³ T. Koch, E. Blanco-Davis, and P. Zhou, "Analysis of Economic and Environmental Performance of Retrofits using Simulation," in Computer and IT Applications in the Maritime Industries, Cortona, Italy, 2013

²⁴ T. Koch, E. Blanco-Davis, and P. Zhou, "Analysis of Economic and Environmental Performance of Retrofits using Simulation," in Computer and IT Applications in the Maritime Industries, Cortona, Italy, 2013

²⁵ SAIC and M. A. Curran, Life-cycle Assessment: Principles and Practice: National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, US Environmental Protection Agency, 2006

žaliavas ir gaminius, atliekas. Todėl projektuojant gaminį siekiama įvertinti, kokį poveikį jis darys aplinkai įvairiuose gamybos etapuose, o taip pat eksploatacijos ir produkto perdirbimo metu.²⁶



10 pav. Būvio ciklo vertinimo principinė schema

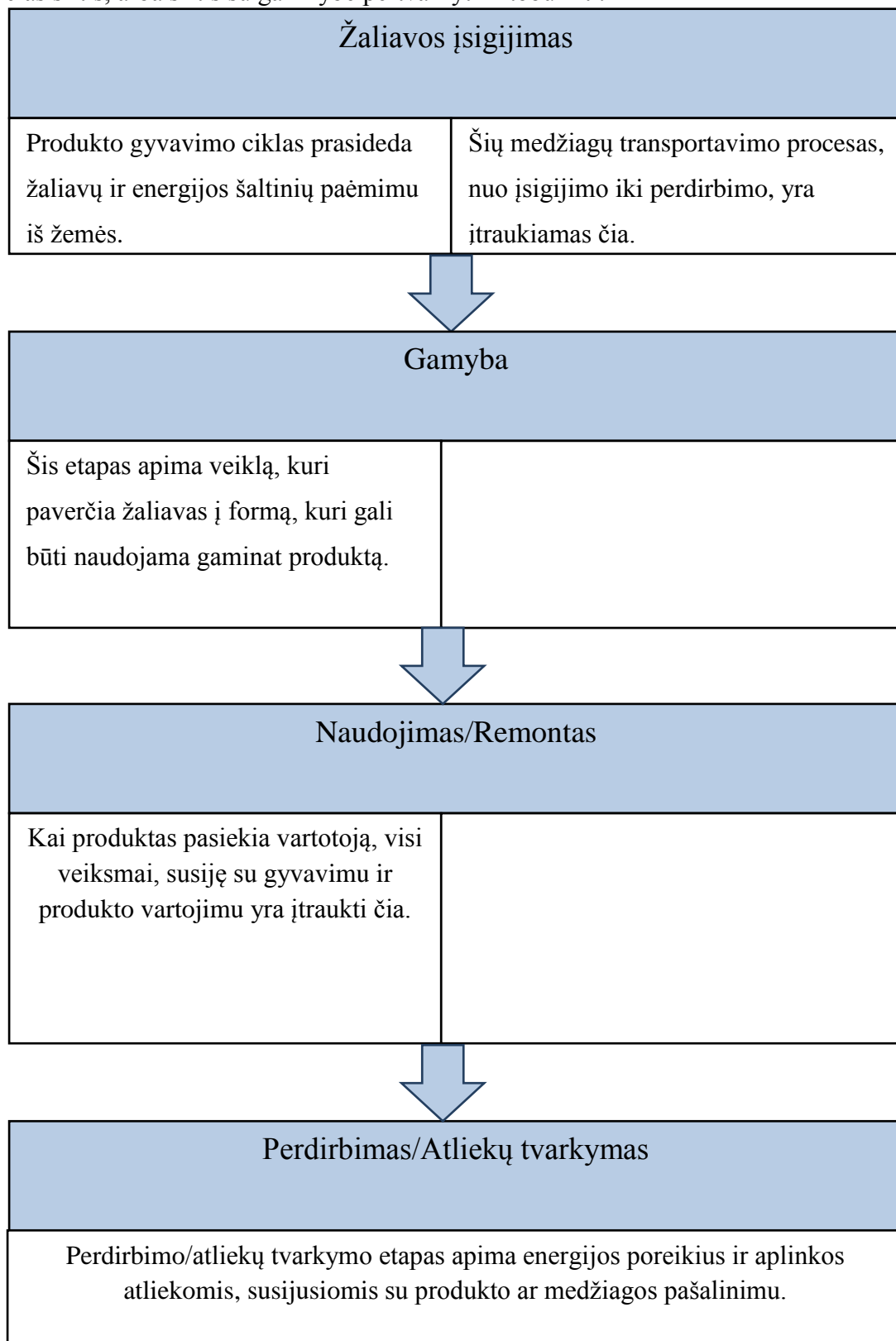
Duomenų rinkimas dažniausiai yra intensyviausias darbas, o taip pat, daug laiko reikalaujantis ir dažnai brangiausia dalis yra Gyvavimo ciklo vertinimas, ypač kai reikalingi pavienių procesų konkretūs duomenys per gyvavimo ciklo sistemą. Šie duomenys gali būti kiekybinio ar kokybinio tipo. Rezultatai dažnai pateikiami lentelėje, išvardyjant vertinamos sistemos visas medžiagų ir energijos sąnaudas; duomenys dažnai yra skirstomi pagal energijos sąnaudas, žaliavų sąnaudas, produktus, atliekas, emisiją ir t. t.²⁷

Gyvavimo ciklo vertinimo srities apibrėžimas nustato šio tyrimo ribas, tai apibrėžia, kas turi būti įtraukta į sistemą ir kokie metodai, būdingi informacijos rūšies ir rūšies specifika, turi būti naudojama. Nustatyti, ar vienas, keli ar visi proceso etapai turėtų būti įtraukti į GCV, tyrimo tikslas, reikalauja rezultatų tikslumo ir turėtų būti įvertintas tyrimo laiko ir išteklių tyrimas. 11 paveikslas paaikškina proceso etapus. Konkretaus kiekvieno atvejo tyrimo rezultatai bus paaikškinti, kad padaryti

²⁶ Būvio ciklo vertinimas (BCV). Prieiga per Internetą: http://www.asu.lt/nm/1-projektas/-Aplinkos_tarsa/45.htm

²⁷ E. Blanco-Davis and P. Zhou, "LCA as a Tool to Aid in the Selection of Retrofitting Alternatives," Submitted to Ocean Engineering, 2013

išvadas, nustatyti apribojimus, ir pateikti rekomendacijas, pavyzdžiui, koks produktas/procesas yra mažiausiai apsunkinantis žmonių sveikatą ir aplinką, o papildomai įvardyti konkrečias susirūpinimą keliančias sritis, arba sritis su galimybe pertvarkyti ir tobulinti.



11 pav. Produkto ar proceso keturi gyvavimo ciklo etapai

Gyvavimo ciklo vertinimo rezultatus dažniausiai žiūrima kaip į palyginamuosius, o ne absoliutinius, todėl jis tinkamesnis vidiniam vertinimui ir produktų tobulinimui.²⁸

Gyvavimo ciklo vertinimas gali padėti šiais atvejais:

- Identifikuoti galimybes gerinti produktų aplinkos aspektus įvairiuose jų būvio ciklo vietose;
- Pramonei, vyriausybinėms ir nevyriausybinėms organizacijoms priimant sprendimus (pvz., strateginio planavimo, prioritetų nustatymo, produktų ar procesų projektavimo ar perprojektavimo);
- Parenkant atitinkamus sąveikos su aplinka veiksmingumo rodiklius, įskaitant matavimo metodus;
- Rinkodarai (pvz., aplinkosauginis pareiškimas, ekologinio ženklavimo schema ar produkto nekenksmingumo aplinkai deklaravimas).

Gyvavimo ciklo vertinimo metodika nurodo, kad produkto ar paslaugos sąvoka apima:

- Paslaugas (pvz., transportas);
- Programinė įranga (pvz., kompiuterinės programos);
- Techninė įranga (pvz., mechanizmai, detalės);
- Gaminamos medžiagos.

Gyvavimo ciklo vertinimo tyrimai turėtų apibūdinti ir dokumentais patvirtinti duomenų šaltinius bei būti aiškiai ir tinkamai pateikti:

- Atsižvelgiant į numatomą GCV tyrimo taikymą, turėtų būti suformuluotos konfidencialumo užtikrinimo ir nuosavybės apsaugos nuostatos;
- GCV metodika turėtų būti pajėgi naudoti naujus mokslo duomenis ir šiuolaikinių technologijų patobulinimus;
- Specialūs reikalavimai taikomi GCV tyrimams, naudojamiems visuomenei skelbiamam lyginamajam pareiškimui daryti;
- Nėra mokslinio pagrindo GCV rezultatų gauti vieną bendrą rezultatą ar skaičių, nes skirtingais būvio ciklo tarpsniais analizuojamoms sistemoms daromi kompromisiniai sprendiniai, be to, pačios sistemos yra sudėtingos;
- Nėra vieno GCV tyrimų metodo. Įgyvendinant GCV praktiškai, organizacijoms reikėtų lanksčiai veikti pagal konkretaus taikymo ir vartotojo reikalavimus.²⁹

Tarptautinė standartizacijos organizacija pateikė tokius pagrindinius ciklo vertinimo principus:

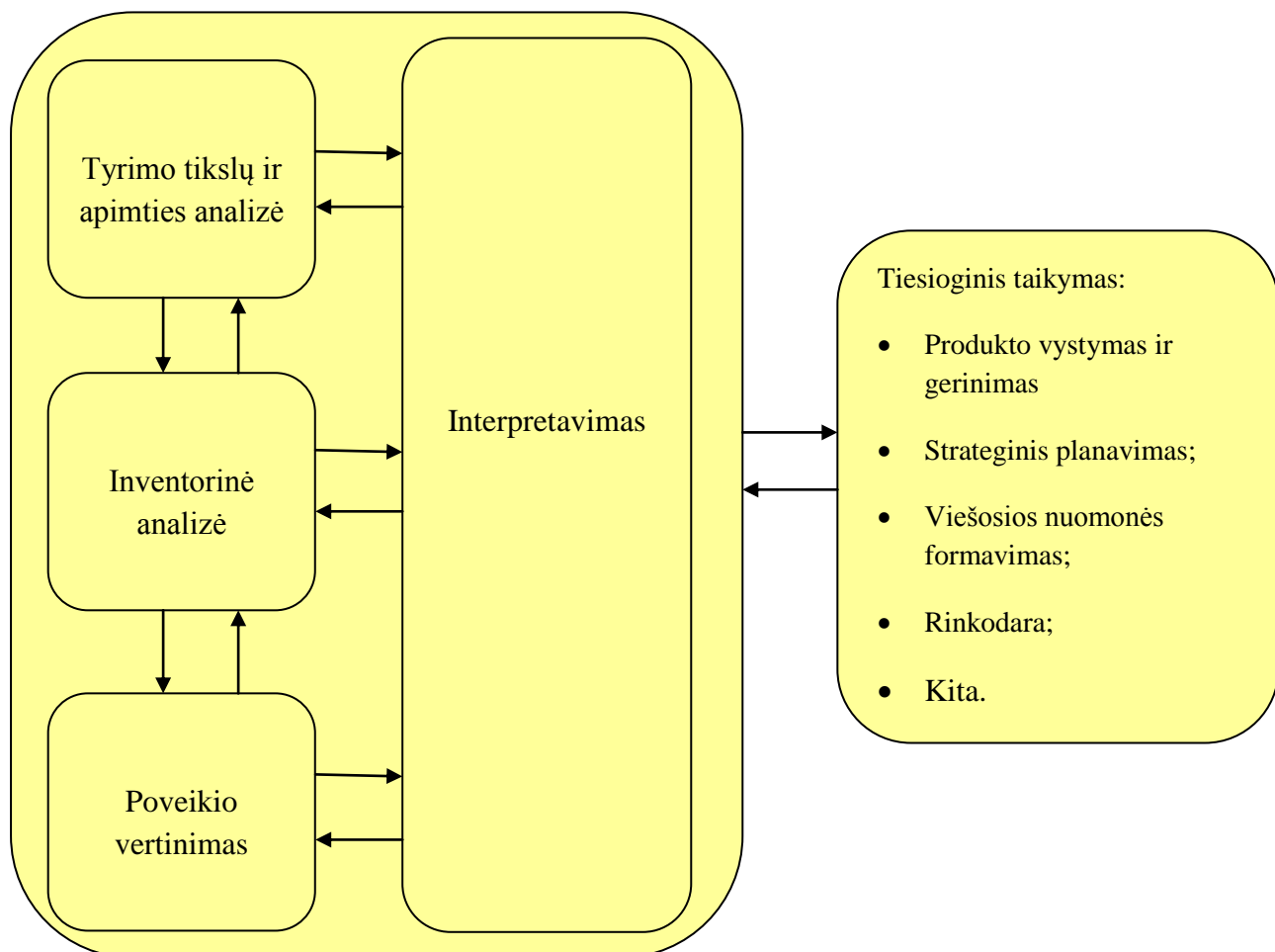
²⁸ Aplinkos vadyba. Būvio ciklo įvertinimas. Principai ir sandara (ISO 14040:2006)

²⁹ Aplinkos vadyba. Būvio ciklo įvertinimas. Principai ir sandara (ISO 14040:2006)

- Produkto ar jo sistemos aplinkos aspektai nagrinėjami per visą gaminio būvio ciklą, t. y. nuo žaliavų išgavimo iki galutinio atliekų tvarkymo;
- Ciklo vertinimo apimtis gali keistis, atsižvelgiant į tikslo ir apimties apibrėžimą;
- Ciklo vertinimo tyrimo apimtis, prielaidos, duomenų kokybės aprašymas, metodikos ir tyrimų rezultatai turėtų būti skaidrūs ir aiškia aprašyti;
- Ciklo vertinimo metodologija turėtų remtis naujausiais moksliniais duomenimis ir šiuolaikinėmis technologijomis;
- Nėra mokslinio pagrindo iš GCV rezultatų gauti vieną bendrą rezultatą ar skaičių, nes analizuojamos produkto sistemos yra sudėtingos ir tarpusavyje susijusios;
- Nėra vienintelio GCV tyrimo metodo, todėl įgyvendinant GCV praktiškai reikia atsižvelgti į konkretų taikymo atvejį ir GCV užsakovo reikalavimus.

Pagal ISO 14040 standartą, būvio ciklo vertinimą sudaro keturi tarpusavyje susiję etapai:

1. Tyrimo tikslų ir apimties apibrėžimas;
2. Inventorinė analizė;
3. Poveikio vertinimas;
4. Rezultatų interpretavimas.



12 pav. Būvio ciklo vertinimo struktūra

Tikslo bei apimties apibrėžimo etapas daugiausia susijęs su tikslų klausimų, į kuriuos reikia atsakyti, suformulavimui. Inventorinėje analizėje dėmesys sutelkiamas į analizuojamo gaminio funkcijos procesų struktūrą ir tarpusavio priklausomybę. Trečiuoju poveikio įvertinimo etapu siekiama sujungti ir interpretuoti inventorinės analizės rezultatus. Interpretacija suteikia įvairių tyrimų rezultatų pasekmių analizės galimybių. Šis etapas apima neapibrėžtumo ir jautrio analizę, palyginimą su ankstesniais rezultatais ir t. t.

Dažnai projektuojant gaminius nebūtina atlikti detalaus būvio ciklo vertinimo, nes tai sudėtingi, daug laiko ir išteklių reikalaujančios studijos. Produktų poveikio aplinkai vertinimas dažniausiai atliekamas programine įranga bei duomenų bazėmis, kuriose sukaupti jau atliktų tyrimų duomenys.³⁰

Pagal taikymo sritį, būvio ciklo vertinimo tyrimus galima skirstyti į pramoninės ir visuomeninės paskirties. Visuomeninės paskirties ciklo vertinimo tyrimai atliekami siekiant palyginti kelis panašius gaminius ar paslaugas rinkoje. Šiuo atveju būvio ciklo vertinimo rezultatai naudojami formuojant visuomenės nuomonę ar rengiant kriterijus aplinkai mažiau kenksmingų produktų ženklinimui ar sertifikavimui. Būvio ciklo vertinimo tyrimų naudotojai gali būti įvairios suinteresuotos šalys.³¹

2 lentelė. Ciklo vertinimo privalumai

Ciklo vertinimo privalumai
1. Išsamūs ir aiškūs proceso rezultatai;
2. Leidžia palyginti konkrečius produktus;
3. Identifikuoja procese silpniausias vietas;
4. Gauta informacija yra pagrindas procesų ar gaminių tobulinimui ir tolimesniam vertinimui;
5. Atliekamas su viešai prieinamais duomenimis.

3 lentelė. Ciklo vertinimo trūkumai

Ciklo vertinimo trūkumai
1. Sunkiai nustatomos proceso ribos;
2. Galimos didelės išlaidos ir atlikimui reikalingas ilgas laikotarpis;
3. Sunku naudoti naujo produkto ar proceso metu;
4. Dažnai naudojama privačių įmonių ar įstaigų duomenys;
5. Dažnas duomenų trūkumas;

³⁰ Varžinskas, V. 2013. Ekologinis gaminių projektavimas, būvio ciklo įvertinimas. Prieiga per Internetą: <http://ktu.edu/apini/turiny/ekologinis-gaminiu-projektavimas-buvio-ciklo-ivertinimas>

³¹ Navickas K., Venslauskas K. 2012. Biomasės būvio ciklo analizė. Aleksandro Stulginskio universitetas. Akademija

6. Nagrinėjimų sistemų sudėtingumas ir pastovus duomenų trūkumas. Duomenų poreikis reikalauja daugelio žmonių darbo;
7. Vertinimo proceso metu neišvengiami skaičiavimo netikslumai, kurie dar labiau nutolina nagrinėjamą sistemą nuo realybės;
8. Vertinimo tyrimai gali būti labai kompleksiški ir finansiškai neįmanomi daugeliui įmonių, ypač mažoms ir vidutinio dydžio įmonėms.

Vienas iš būvio ciklo vertinimo trūkumų yra didelis subjektyvumas visuose etapuose, kas suteikia didžiulę laisvę rezultatams interpretuoti bei nulemia rezultatus, atsižvelgiant į keliamus tyrimo tikslus. Subjektyvumas ypač pasireiškia nustatant sistemos tyrimų ribas, pasirenkant duomenų šaltinius ir poveikio aplinkai paskirstymo skirtingoms sistemoms komponentams metu. Kai kurie svarbūs būvio ciklo etapai būti sąmoningai praleisti.

Standartizuotos būvio ciklo vertinimo metodologijos nebuvimas neleidžia išsamiai palyginti skirtingų vertinimų. Didelė pasirinkimo laisvė gali privesti prie lobizmo ir tam tikro gaminio propagavimo. Todėl būvio ciklo vertinimo, kaip pagalbinės priemonės sprendimams priimti, vaidmuo gali būti ginčytinas.

Būvio ciklo vertinimas nepateikia problemos sprendimo, tik suteikia informacinę bazę, todėl kad kurie potencialūs būvio ciklo įvertinimo vartotojai gali suabejoti metodo naudingumu.³²

2.2. Gabi programinė įranga

Tokiems tyrimams atlikti naudojama GaBi 6 programinės įranga, ja galima įvertinti konkrečių tyrimų atvejus. GaBi 6 programinės įrangos paketas leidžiantis atlikti produktų, paslaugų ir sistemų techninių, ekonominių ir aplinkos poveikio vertinimą.

Gabi veikia modulinėje sistemoje, kurią sudaro planai, procesai ir srautai veikiantys modulinuose mazguose; programa automatiškai stebi visą medžiagą, energiją ir išmetamų teršalų srautus, siekiant išanalizuoti, apibendrinti ir atsiskaityti už įvairių poveikio aplinkai kategorijas.³³

GaBi Envision yra speciali priemonė, siekiant sukurti tvarius produktus ir procesus, kaip ji lengvai integruoja gyvavimo ciklo vertinimą (LCA) į produkto projektavimo procesą, greitai įvertina „kas jeigu“ scenarijus ir efektyviai perduoda poveikio aplinkai kieki.

Kurti daugiau tvarius produktus, sumažinti išlaidas ir padidinti prekės ženklą GaBi Envision suteikia lengvą vartotojo sąsają prieigai prie išsamių LCA modelių ir kurti įvairių produktų dizaino scenarijus, pagrįstais pagrindinių tvarumo savybių. Tai leidžia produktų dizaineriui ir inžinieriui greitai ir tiksliai patikrinti įvairių kintamųjų (tokių kaip medžiagų atrankos, regiono produktų

³² Navickas K., Venslauskas K. 2012. Biomasės būvio ciklo analizė. Aleksandro Stulginskio universitetas. Akademija

³³ <http://database-documentation.gabi-software.com/support/gabi/>

gamybos, perdirbimo etapų ir transportavimo maršrutus), poveikį tvarumui veiklos produktų nereikia gilių techninių žinių.

GaBi Serveris pagerina LCA kokybę:³⁴

- Pateikia vieną standartinę duomenų bazę, siekiant užtikrinti, kad visi dirba su tais pačiais duomenimis;
- Taiko modeliavimo standartus ir darbo eigas, kurios pagerina bendrą kokybę;
- Integruoja tiekėjo duomenis, centralizuotai, lengvai ir greitai;
- GaBi Serveris taupo laiką ir mažina išlaidas;
- Pagreitintas modeliavimas - komanda gali dirbti lygiagrečiai;
- Centralizuotas atnaujinimų sutaupo laiko, sumažina sudėtingumą.

III. SUVIRINIMO TECHNOLOGIJOS

Statant mokslinių tyrimų laivą, buvo naudojami du suvirinimo būdai: automatinis elektrolankinis suvirinimas po fliusu (SAW) ir pusiau automatinis – lankinis suvirinimas lydžiuoju elektrodu apsauginėse dujose (MIG/MAG-GMAW).

3.1. Automatinis suvirinimas po fliusu

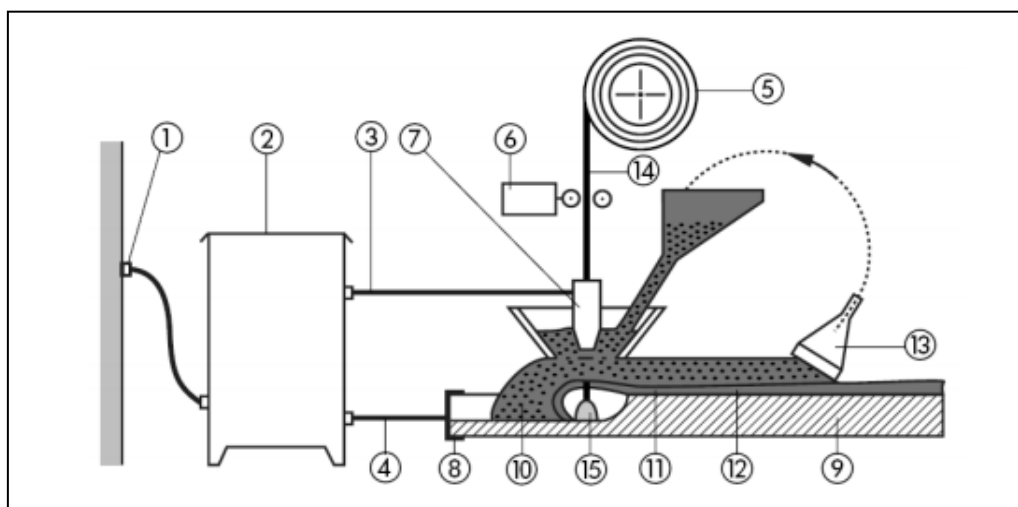
Suvirinti po fliusu galima įvairius metalus ir jų lydinius kampinėmis bei sandūrinėmis siūlėmis. Šis suvirinimo būdas naudojamas laivų, slėginių indų, tiltų ir kitų konstrukcijų elementams suvirinti. Be to, šis būdas taikomas detalėms ir konstrukcijos elementams apvirinti tos pačios sudėties metalu, padengti nerūdijančiojo plieno sluoksniu arba atliekant kietinamąjį apvirinimą ir kt. Suvirinimas po fliusu paprastai atliekamas ceche, bet ne statybos aikštelėje. Dirbant statybos aikštelėje ant suvirinamųjų paviršių arba ant fliuso patekusi drėgmė gali siūlės metale suformuoti poras. Jeigu šį suvirinimo būdą reikia naudoti lauko sąlygomis, turi būti imamas papildomų apsaugos priemonių – virš darbo vietos reikia sumontuoti laikinąjį stogą. Suvirinimą po fliusu ypač tikslinga naudoti, kai siūlė turi būti užpildyta mažiausiu ėjimų skaičiumi. Jei suvirinami nestori paprasto anglinio konstrukcinio plieno elementai ir jie gali būti vartomi, tuomet pageidautina virinti iš abiejų pusių. Jei suvirinami legiruotojo plieno elementai, siūlė paprastai virinama keliais ėjimais. Suvirinimas po fliusu plačiai taikomas virinant konstrukcijas, gaminamas iš plieno, spalvotųjų metalų ir jų lydinių. Jam būdingas aukštas našumas, puiki kokybė, stabilios suvirintosios jungties savybės, geros darbo sąlygos, lyginant su kitais lankinio suvirinimo būdais, mažesnės suvirinimo medžiagų ir elektros energijos sąnaudos.³⁵

³⁴ <http://database-documentation.gabi-software.com/support/gabi/>

³⁵ Gedzevičius I. (2012) Suvirinimo technologijos. Vilnius: leidykla Technika, 57 p.

Šio suvirinimo būdo trūkumai tokie, kad suvirinimas po flisu gali būti taikomas tik esant žemutinei padėčiai (PA, PB). Pakreipus gaminį 10–15°, skystasis metalas neapsaugotas nuo nutekėjimo; be to, negalima vizualiai stebėti siūlės formavimo, nes jis vyksta po fliso sluoksniu. Plačiausiai taikomas suvirinimas vienu elektrodu - vienalankis suvirinimo būdas.

13 paveiksle schematiškai parodytas suvirinimo po flisu principas. Lanko maitinimo šaltinis (2) įjungtas į elektros tinklą (1). Lanko maitinimo šaltinis su kontaktoriumi (7) ir gaminiu (9) sujungtas laidais (3) ir (4). Suvirinimui naudojama pridėtinė viela (14), tiekiamas iš kasetės (5), smulkus flisas (10), tiekiamas iš konteinerio per vamzdį. Pridėtinės vielos (14) varža turi būti kuo mažesnė, kad būtų galima virinti didelėmis srovėmis. Suvirinimo srovė į elektrodą (vielą) tiekama per kontaktorių (7), kurie yra labai arti suvirinimo lanko (15) ir tiesiog virš jo. Masės gnybtas (8) jungiamas prie gaminio (9). Elektros variklis (6) stumia vienodu greičiu vielą į suvirinimo zoną. Flisą (10) nuo sustingusio šlako (12) ir gaminio paviršiaus reikia pašalinti. Ne visas flisas yra sunaudojamas – likęs susiurbiamas (13) atgal į fliso talpą ir vėl naudojamas. Be to, flisas ir skystas šlakas (11) koncentruoja išsiskyrusią šilumą lanko srityje (15), taigi sumažina šilumos nuostolius, todėl pačiam suvirinimo procesui lieka daugiau energijos, nei virinant atviru lanku. Esant didesnei šilumos koncentracijai, padidėja suvirinimo greitis. Nustatyta, kad suvirinimo po flisu naudingumo koeficientas yra didesnis nei 60 %, o rankinio suvirinimo – tik apie 25 %.³⁶



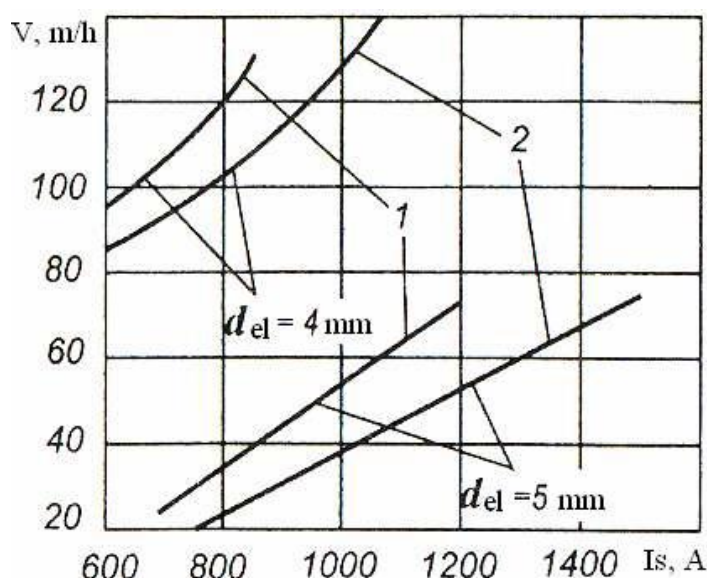
13 pav. Suvirinimas po fliso sluoksniu

- 1 – elektros tinklas; 2 – lanko maitinimo šaltinis; 3 – laidas, prijungtas prie kontaktoriaus;
 4 – laidas, prijungtas prie gaminio; 5 – vielos kasetė; 6 – elektros variklis vielai tiekti;
 7 – kontaktorius; 8 – masės gnybtas; 9 – detalė; 10 – flisas; 11 – skystas šlakas; 12 –
 sustingęs šlakas; 13 – siurblys; 14 – viela; 15 – elektros lankas.

³⁶ Gedzevičius I. (2012) Suvirinimo technologijos. Vilnius: leidykla Technika, 58 p.

Išlydytame fliuse susidaro dujų burbulas, kuriame dega suvirinimo lankas. Dujų burbule dujų slėgis ir mechaninis slėgis, kurį sukuria lankas, yra pakankamas, kad išstumtų skystą metalą iš po lanko, ir tai pagerina šilumos perdavimą nuo jo pagrindiniam metalui. Padidinus suvirinimo srovę, padidėja lanko mechaninis slėgis ir pagrindinio metalo įvirinimo gylis. Skysto metalo vonios kristalizacija sudaro suvirintą siūlę. Sukietėjęs, išsilydęs fliusas sudaro plėvelę, kuri padengia siūlės paviršių. Išsilydęs fliusas, sudarydamas dujų burbulą, dengia suvirinimo vonios paviršių tuo efektyviai saugodamas išlydytą metalą nuo sąlyčio su aplinka. Metalurginis procesas, vykstantis tarp išlydyto metalo ir šlako, lemia metalo siūlės chemines savybes. Skirtingai nei taikant rankinio suvirinimo būdą, metaliniais elektrodais srovė, kaip ir suvirinant apsauginėse dujose, tiekama laidais, prijungtais prie gnybto, kuris yra nedideliu atstumu nuo lanko (iki 70 mm). Tai leidžia neįkaitinant elektrodo naudoti dideles suvirinimo sroves (iki 2000 A). Suvirinimo srovės tankis siekia $200 - 250 \text{ A/mm}^2$, o taikant rankinį elektrolankinio suvirinimo būdą neviršija 15 A/mm^2 . Taigi, šiuo atveju padidėja pagrindinio metalo įvirinimo gylis, vielos lydymosi greitis. Taip pasiekiamas aukštas proceso našumas. Suvirinimą po fliusu galima vykdyti kintama ir nuolatine srovėmis. Elektrodinės vielos tiekimas vykdomas specialiais mechanizmais.³⁷

Pagrindinė sąlyga suvirinant – lanko stabilumo palaikymas. Taip vielos tiekimo greitis turi atitikti jo lydymo greitį. Padidinus suvirinimo srovę, vielos tiekimas irgi turi būti padidintas. Mažesnio skersmens elektrodinė viela, esant tokiam pat srovės dydžiui, turi būti tiekiamas didesniu greičiu. Padidinus srovės tankį (sumažinus elektrodo skersmenį, esant nuolatinei srovei) galima gerokai padidinti įvirinimo gylį.

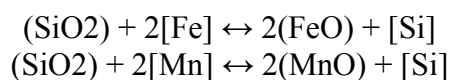


14 pav. Vielos tiekimo greičio priklausomybė nuo srovės dydžio, esant skirtingam vielos skersmeniui ir lanko įtampai: 1 – 30 (32) V, 2 – 50 (52) V

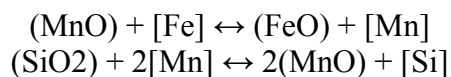
³⁷ Štyps E., Jotautienė M., Martišienė D., Speičys V. 2008. Suvirinimo specialistų rengimas Lietuvoje taikant europinį atestavimo modelį. Kauno technikos kolegija

Padidinus lanko įtampą (lanko ilgį), padidėja jo slankumas ir šilumos kiekis, kuris naudojamas fluso lydymui (išlydyto fluso kiekiui), tada didėja siūlės plotis, o įvirinimo gylis kinta mažai. Šis reiškinys plačiai taikomas suvirintos siūlės pločiui reguliuoti. Suvirinimo greičio padidinimas sumažina linijinę energiją ir keičia išlydyto metalo tarpsluoksnį po lanku. Tai sumažina pagrindinius siūlės matmenis. Kai kuriais atvejais (suvirinant nedidelio skersmens vielomis, esant padidintam srovės tankiui) padidintas suvirinimo greitis iki nustatytos vertės mažinant išlydyto metalo tarpsluoksnį po lanku bei šilumos perdavimą nuo jo pagrindiniam metalui gali padidinti įvirinimo gylį. Toliau didinant suvirinimo greitį, siūlės formos matmenys kinta analogiškai. Pasiekus labai didelį suvirinimo greitį ir suvirinimo vertę, siūlės gali būti suformuotos su dideliais defektais (susidaryti įpjovos). Padidinus elektrodo iškyšą (1.10.4 d pav.) intensyvėja jo kaitinimas, o tai reiškia – ir lydymo greitis. Dėl išlydyto metalo tarpsluoksnio storis po vonia didėja ir mažėja įvirinimo gylis. Šis procesas naudojamas suvirinant elektroninę 1–3 mm skersmens vielą, siekiant padidinti elektrodinės vielos išlydymo kiekį pridėtinės vielos sąskaita (suvirinimas padidinat elektroninės vielos iškyšą). Kai kuriais atvejais, ypač automatinio aplydymo metu, taikomi elektrodo skersiniai, skirtingos amplitudės ir dažnio judesiai siūlės atžvilgiu. Šis būdas leidžia keisti siūlės formą ir matmenis esant plačiam diapazonui. Skersiniai elektrodo judesiai sumažina siūlės aukštį ir įvirinimo gylį, padidina siūlės plotį. Šis būdas sumažina pradeigimų susidarymą suvirinant. Fluso sudėtis ir struktūra taip pat turi įtakos siūlės formai ir matmenims. Sumažinus užpilamo fluso kiekį, padidinama fluso dujinė skverbtis virš skysto metalo vonios, taip pat sumažinamas dujų slėgis lanko ertmėje. Tada padidėja skysto metalo sluoksnis po lanku ir mažėja įvirinimo gylis. Flusai, pasižymintys mažesnėmis stabilizacinėmis savybėmis, nulemia gilesnį suvirinimą. Pakaitinus metalą iki 100 °C temperatūros ir daugiau taip pat galima padidinti įvirinimo siūlės gylį ir plotį.

Pagrindinės metalurginės reakcijos vyksta tarp suvirinimo vonios su flusais – šlakais ir dujomis ribos. Virinant rūgščiais flusais (CS), kurių sudėtyje nėra mangano ir didelio kiekio silicio, vyksta tokios reakcijos:

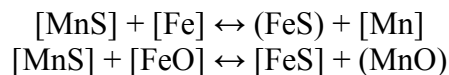


Iš reakcijos matosi, kad vyksta mangano išgaravimas, kai silicis pereina į siūlės metalą, todėl būtina papildomai įvesti mangano. Tam tikslui suvirinimo viela turi būti legiruota šiuo elementu. Suvirinant po flusu, kurio sudėtyje yra SiO₂ ir MnO, vyksta tokios reakcijos:



Šiuo atveju padidėja silicio kiekis suvirinimo vonioje lyginant su jo kiekiu suvirinimo vonioje. Manganas, kuris išsiskiria įvykus pirmai reakcijai, yra antros reakcijos komponentas. Esant dideliame MnO kiekiui fliuse, suvirinimo siūlėje jo gali padidėti.³⁸

Suvirinimo vonioje vyksta tokios reakcijos:



Labiausiai nepageidautinas metalas siūlėje yra FeS. Kadangi geležies sulfidas kristalizacijos procese sudaro dendritinės struktūros eutektiką, kurios lydymosi temperatūra artima 950 °C, todėl yra karštųjų įtrūkimų susidarymo galimybė.

3.2. Pusiau automatinis, mechanizuotasis MIG, MAG suvirinimas

Virinant lankiniu suvirinimu lydžiuoju elektrodu inertinėse dujose (MIG) ar lankiniu suvirinimu lydžiuoju elektrodu aktyviose dujose (MAG), kitaip dar gali būti vadinamu lankiniu suvirinimu lydžiuoju elektrodu apsauginėse dujose (GMAW), suvirinimo lankas dega tarp suvirinimo vielos – elektrodo ir virinamų detalių. Lankas ir suvirinimo vonelė yra apsaugomi inertinių ar aktyvių dujų. Tai labai paplitęs suvirinimo procesas, tinkantis daugelio medžiagų suvirinimui.

MIG/MAG suvirinimas yra našesnis negu lankinis rankinis suvirinimas glaistytoju elektrodu (MMA). Virinant rankiniu suvirinimu glaistytoju elektrodu (MMA) suvirinimo darbų našumas krenta, nes reikia keisti sudegusius glaistytus elektrodus naujais, be to, būna dideli suvirinimo medžiagų nuostoliai, nes yra išmetami sudegintų elektrodų galiukai. Iš kiekvieno perkamo glaistyto elektrodo kilogramo, jų sunaudojama tik apie 65 %, o likusi jų dalis yra išmetama. Naudojant vientisą suvirinimo vielą ar miltelinę suvirinimo vielą, produktyvumas padidėja iki 80–95 %. MIG/MAG suvirinimas yra lankstus ir efektyvus suvirinimo procesas, kuris plačiai naudojamas virinant įvairius plieno, aliuminio lydinių gaminius ir konstrukcijas. Naudojant miltelines suvirinimo vielas šis procesas dažnai taikomas storesnių, didesnių gabaritų gaminių suvirinimui.³⁹

MIG/MAG suvirinimo būdo režimus sudaro tokie parametrai, kaip suvirinimo srovė I (A), lanko įtampa U (V), suvirinimo greitis V_{suV} (cm/min.), suvirinimo vielos skersmuo (mm) ir tiekimo greitis bei tiekiamų apsauginių dujų debitas.

Kiekvienas režimo parametras turi tam tikrą poveikį suvirinimo procesui. Priklausomai nuo suvirinimo režimų ir kai kurių technologinių veiksnių gali keistis įvirinimo gylis, siūlės plotis,

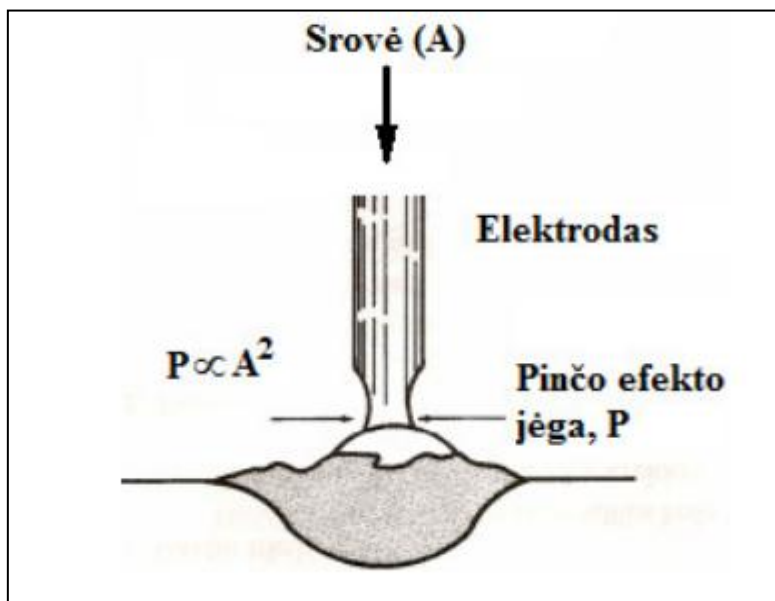
³⁸ EAC EA. 2010. European transfer models for welding personnel certification. Weldspread

39 ESAB. Suvirinimas ir pjaustymas. Prieiga per Internetą: <http://www.esab.lt/lt/education/processes-mig-gmaw.cfm>

rumbelės aukštis ir pagrindinio metalo vaidmuo formuojant suvirinimo siūlę. O šie virintinės siūlės parametrai savo ruožtu lemia suvirintosios jungties kokybę ir patikimumą.⁴⁰

Suvirinimo srovės poveikis pasireiškia tuo, kad, didėjant srovei, padidėja lanko stulpo slėgis skystojo metalo paviršiui. Lankas giliau pasineria į pagrindinį metalą, padidėja elektrodo metalo išlydimas per laiko vienetą. To rezultatas – padidėja rumbelės aukštis, įvirinimo gylis ir pagrindinio metalo dalis siūlės metale, o siūlės plotis nesikeičia.

Ypatingą dėmesį reikėtų skirti apsauginių dujų kiekio ir srovės poliškumo įtakai suvirinimo kokybei.



15 pav. Pinčo efektas trumpojo jungimo metu

Virinant lydžiuoju elektrodu siūlė formuojama iš išlydyto pagrindinio metalo ir išlydyto elektrodinio metalo, todėl siūlės forma ir matmenys priklauso ne tik nuo suvirinimo greičio, suvirinimo padėties ir kt., bet ir nuo elektrodinio metalo pernešimo iš elektrodo į skystojo metalo vonelę pobūdžio. Elektrodinio metalo pernešimo pobūdį lemia elektrodo medžiaga, apsauginių dujų sudėtis, suvirinimo srovės tankis ir kai kurie kiti veiksniai. Suvirinant metalus apsauginėse dujose išlydyto metalo lašo atskyrimo nuo elektrodo procesą (15 pav.) lemia elektros reiškinys, kuris vadinamas Pinčo efektu (kai elektros srovės kanalas, veikiamas savo, pačios srovės, sukurto magnetinio lauko, sumažina savo skerspjūvio plotą).

Skiriami keli elektrodinio metalo pernešimo į vonelę būdai: trys tradiciniai (pernešimas trumpaisiais jungimais, lašelinis ir srovinis) ir kiti būdai, atsiradę dėl vis labiau tobulėjančių suvirinimo šaltinių technologijų (impulsinis, „šaltasis“ lankas ir pan.).

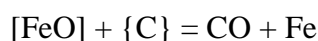
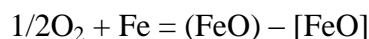
⁴⁰ Gedzevičius I. (2012) Suvirinimo technologijos. Vilnius: leidykla Technika, 41 p.

Suvirinimas CO₂ dujose. Aukštoje temperatūroje suvirinimo zonoje vyksta angliarūgštės dujų disociacija:



Dujų fazės sudėtis suvirinimo vonioje priklauso nuo temperatūros. Deguonis jungiasi su geležimi ir sudaro FeO, kuris tirpsta skystame metale bei susidaro SiO₂, MnO, AlO₃ ir kt. junginiai.

Esant sąveikai su anglimi susidaro netirpus metale CO junginys:



Laužtiniuose skliaustuose parašyti elementai tirpsta metale.

Didėjant temperatūrai oksidacijos procesas intensyvėja. Į metalo sudėtį įvedus papildomai Si, Mn, Ti, Al ir kitų elementų, oksidacijos procesą galima sumažinti. CO₂ dujų oksidavimo intensyvumas vertinamas sureagavusio deguonies kiekiu metalo vienetui ir yra ekvivalentė mišinio Ar + 21,5 % O₂ - lanke pereinant elektrodo metalui į skystą vonią, Ar + 11 % O₂ - suvirinimo vonioje ir Ar + 15,4 % O₂ - suvirinimo proceso metu.⁴¹

Angliarūgštė intensyviau už deguonį oksiduoja metalą vonioje ir lanke. Legiruojančių elementų įsiterpimas suvirinant Ar + CO₂ ir Ar + O₂ mažėja sumažinus Ar kiekį. Suvirinant CO₂ + O₂ tirpumo metale koeficientas mažėja sumažinus O₂. Tirpumas taip pat priklauso nuo suvirinimo režimo: padidinus lanko įtampą ir sumažinus suvirinimo srovę C, Si, Mn nuostoliai didėja.

3.3. Virinimo metu išsiskiriančios emisijos

Kietųjų dalelių ir kietųjų dalelių fazių pavojingi oro teršalai yra pagrindiniai susirūpinimas dėl suvirinimo procesų. Tik elektrolankinio suvirinimo metu skiriami šie teršalai dideliais kiekiais. Žemesnės darbinės temperatūros kitų suvirinimo procesų metu sukelia mažiau garų ir palieka mažesnę kiekį kietųjų dalelių, kurios išsiskiria.

Dūmų sudėtis priklauso nuo elektrodo tipo ir ruošinio sudėties. Suvirinimo metu, išsiskiriančiuose dūmuose ir garuose gali būti: manganas (Mn), nikelis (Ni), chromas (Cr), kobaltas (Co) ir švinas (Pb).

Dujų fazių teršalai taip pat susidaro suvirinimo operacijų metu. Kaip skelbia Nacionalinė teršalų inventrizacija NPI (angl. *National Pollutant Inventory*), žinomos dujinės medžiagos yra anglies monoksidas (CO) ir azoto oksidai (NO_x).

⁴¹ EAC EA. 2010. European transfer models for welding personnel certification. Weldspread

4 lentelėje pateikta PM₁₀ - dalelės, turinčios lygiavertį aerodinaminį skersmenį 10 mikronų arba mažiau. (angl. *Particles which have an equivalent aerodynamic diameter of 10 micrometers or less*), emisijų faktoriai pagrindinių suvirinimo procesų ir dažniausiai naudojamus elektrodų tipus.

5 lentelėje pateikiama pagal NPI 1 kategorijos medžiagos. Faktiniai emisijos kiekiai priklauso ne tik nuo proceso ir elektrodo tipo, bet taip pat nuo netauriųjų metalų medžiagų, įtampos, srovės, lanko ilgio, apsauginių dujų, virinimo greičio ir suvirinimo elektrodo kampo.⁴²

4 lentelė. Emisijų faktorius suvirinimo metu

Suvirinimo procesas	Elektrodo tipas	Bendras garų emisijos faktorius (g/kg elektrodų suvartojama)	Emisijos faktoriaus įvertinimas
Lankinis suvirinimas po fliusu	EM12K	0,05	C
Lankinis suvirinimas lydžiuoju elektrodu apsauginėse dujose	E308L	5,4	C
	E70S	5,2	A
	ER1260	20,5	D
	ER5154	24,1	D
	ER316	3,2	C
	ERNiCrMo	3,9	C
	ERNiCu	2,0	C
Rankinis lankinis suvirinimas	14Mn-4Cr	81,6	C
	E11018	16,4	C
	E308	10,8	C
	E310	15,1	C
	E316	10,0	C
	E410	13,2	D
	E6010	25,6	B
	E6011	38,4	C
	E6012	8,0	D
	E6013	19,7	B
	E7018	18,4	C
	E7024	9,2	C
	E7028	18,0	C
	E8018	17,1	C
	E9015	17,0	D
	E9018	16,9	C
	ECoCr	27,9	C
	ENi-CI	18,2	C
	ENiCrMo	11,7	C
	ENi-Cu	10,1	C

⁴² National pollutant inventory. 2012. Emission estimation technique manual for Fugitive Emissions. Australian Government

5 lentelė. Išsiskiriančios dalelės suvirinimo metu

Suvirinimo procesas	Elektrodo tipas	Emisijos faktorius (10-1 g/kg elektrodų suvartojama)						Emisijos faktoriaus įvertinimas
		Cr(III) ^{a,b}	Cr(VI) ^b	Co ^c	Mn ^c	Ni ^b	Pb ^b	
Lankinis suvirinimas po fliusu	EM12K	ND ^e	ND ^e	ND ^e	ND ^e	ND ^e	ND ^e	ND ^e
Lankinis suvirinimas lydžiuoju elektrodu apsauginėse dujose	E308	5,24	ND ^e	<0,01 ^d	3,46	1,84	ND ^e	C
	E70S	0,01	ND ^e	<0,01 ^d	3,18	0,01	ND ^e	A
	ER1260	0,04	ND ^e	ND ^e	ND ^e	ND ^e	ND ^e	D
	ER5154	0,10	ND ^e	ND ^e	0,34	ND ^e	ND ^e	D
	ER316	5,28	0,10	ND ^e	2,45	2,26	ND ^e	D
	ERNiCrMo	3,53	ND ^e	ND ^e	0,70	12,5	ND ^e	B
	ERNiCu	<0.01 ^d	ND ^e	ND	0,22	4,51	ND ^e	C
Rankinis lankinis suvirinimas	14Mn-4Cr	13,9	ND ^e	ND ^e	232	17,1	ND ^e	C
	E11018	ND ^e	ND ^e	ND ^e	13,8	ND ^e	ND ^e	C
	E308	3,93	3,59	0,01	2,52	0,43	ND ^e	D
	E310	25,3	18,8	ND ^e	22,0	1,96	0,24	C
	E316	5,22	3,32	ND ^e	5,44	0,55	ND ^e	D
	E410	ND ^e	ND ^e	ND ^e	6,85	0,14	ND ^e	C
	E6010	0,03	0,01	ND ^e	9,91	0,04	ND ^e	B
	E6011	0,05	ND ^e	0,01	9,98	0,05	ND ^e	C
	E6012	ND ^e	ND ^e	ND ^e	ND ^e	ND ^e	ND ^e	ND ^e
	E6013	0,04	ND ^e	<0,01 ^d	9,45	0,02	ND ^e	B
	E7018	0,06	ND ^e	<0,01 ^d	10,3	0,02	ND ^e	C
	E7024	0,01	ND ^e	ND ^e	6,29	ND ^e	ND ^e	C
	E7028	0,13	ND ^e	ND ^e	8,46	ND ^e	1,62	C
	E8018	0,17	ND ^e	ND ^e	0,3	0,51	ND ^e	C
	E9016	ND ^e	ND ^e	ND ^e	ND ^e	ND	ND ^e	ND ^e
	E9018	2,12	ND ^e	ND ^e	7,83	0,13	ND ^e	C
	EcoCr	ND ^e	ND ^e	ND ^e	ND ^e	ND ^e	ND ^e	ND ^e
	ENi-C1	ND ^e	ND ^e	ND ^e	0,39	8,90	ND ^e	C
EniCrMo	4,20	ND ^e	ND ^e	0,43	2,47	ND ^e	C	
ENi-Cu-2	ND	ND ^e	ND ^e	2,12	4,23	ND ^e	C	

a. Chromo (III) emisijos faktorius buvo apskaičiuotas darant prielaidą, kad chromas (III) buvo lygus viso Chromo emisijos faktoriui atėmus Chromo (VI) emisijos faktorių;

b. ND = nėra duomenų.

Garai nuo suvirinimo procesų dažnai užfiksuojami suvirinimo kabinų, gaubtų, degiklio traukos siurblių, lanksčių ortakių, nešiojamųjų kanalų, didelio efektyvumo filtrų, elektrostatiinių

nusodintuvų, dalelių skruberių ir aktyvuotų anglies filtrų. Vertinant galutinį kiekį, reikia atsižvelgti į šių kontrolės sistemų surinkimo efektyvumą.⁴³

IV. MOKSLINIŲ TYRIMŲ LAIVO KORPUSO VIRINIMO TECHNOLOGIJŲ TYRIMAS

Klaipėdos universitetas ir UAB „Vakarų Baltijos laivų statykla“ 2012 metų lapkričio 15 dieną pasirašė mokslinių tyrimų laivo projektavimo ir statybos sutartį. Naujai statomas Mokslinių tyrimų laivas yra sudėtinė Jūrinio slėnio branduolio kūrimo dalis.

4.1. Tyrimo objekto analizė

Numatoma, kad Mokslinių tyrimų laivas „Mintis“ (16 pav.) bus naudojamas tiek moksliniams tikslams, tiek įvairių jūrinio sektoriaus veiklų poreikiams tenkinti: vykdyti jūrinės aplinkos monitoringą, žuvų išteklių tyrimus, reaguoti į taršos incidentus, vykdyti palaidoto cheminio ginklo rajonų taršos monitoringą ir kita. Šis laivas prisidės prie jūrų ūkyje planuojamų stambių infrastruktūros projektų bei, valstybės mastu, padės įgyvendinti ES jūrų politikos siekius.⁴⁴

Laivas bus statomas kaip daugiafunkcinis ir bus skirtas vykdyti visus pagrindinius okeanografinius tyrimus. Numatyta, kad kelios tyrimų sistemos galės dirbti vienu metu. Laive bus įrengtos dvi stacionarios laboratorijos, skirtos geologiniams, biologiniams, fizikiniams-cheminiams tyrimams. Bus galimybė papildomai pastatyti konteinerinio tipo laboratorijas. Laivo įgula sudarys 6 žmonės, o mokslinis personalas iki 18 žmonių. Planuojama, kad laivas galės būti naudojamas studentų praktikoms.

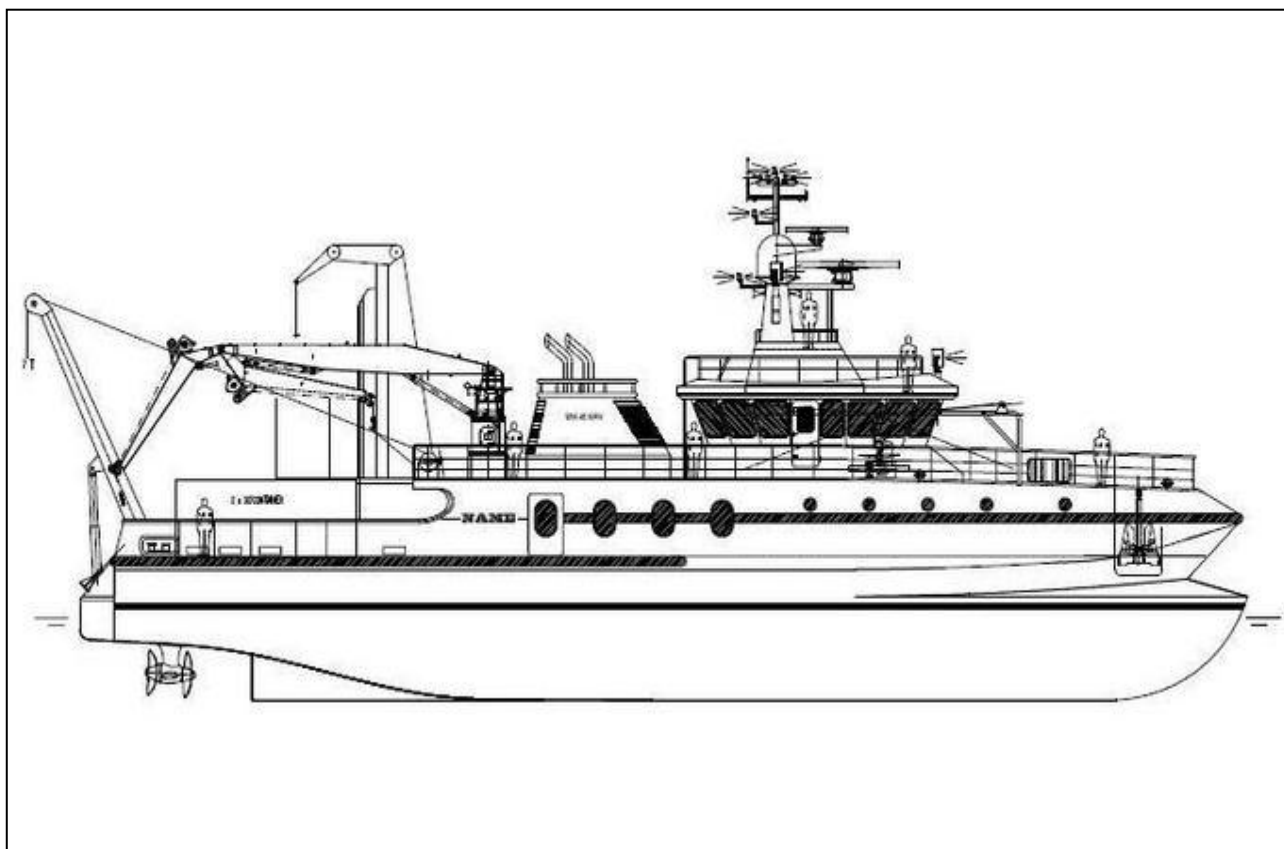
Laive numatyta galimybė sumontuoti hidrologinių, geologinių, geofizinių, biologinių tyrimų įrangą atitinkančią šiuolaikinius reikalavimus. Tyrimų laivo pagrindinės funkcinės galimybės:

- hidrologiniai ir hidrofiziniai tyrimai naudojant RCM, CTD, ADSP sistemas;
- stacionarių ir mobilių hidrologinių bujų aptarnavimas, sistemų kontrolė;
- vandens mėginių paėmimas hidrocheminiams, hidrobiologiniams ir nuosėdinės medžiagos tyrimams iš vandens paviršiaus ir įvairių horizontų naudojant batometrų rozetę ir kitus specialius prietaisus;
- dugno tyrimai hidroakustiniais metodais: dugno reljefo tyrimai daugiaspinduliniu ir vienspinduliniu echolotais dugno paviršiaus ir paskendusiu objektų tyrimai šoninės lokacijos metodais;
- nuskendusiu objektų paieška gravimetrinių sistemų pagalba;

⁴³ National pollutant inventory. 2012. Emission estimation technique manual for Fugitive Emissions. Australian Government

⁴⁴ Baltijos slėnis. Mokslinių tyrimų laivo statyba. Prieiga per Internetą: http://balticvalley.lt/?page_id=1642

- dugno geologinės sandaros tyrimai (iki 30-60 m) žemo dažnio akustiniais ir seisminiais metodais;
- dugno paviršiaus ir biotopų tyrimai naudojant povandeninio filmavimo ROV ir fotografavimo ImageProfiler sistemas;
- tiesioginis dugno nuosėdų paėmimas: iš paviršiaus – VanVin tipo gruntosemis, iš 0-1 m gravitacinis Niemisto ar kitos konstrukcijos vamzdis, iš 0-3-6 m gravitacinis vamzdis (minkštomis nuosėdoms) ir vibrogręžimas (smėliams, morenai);
 - nuosėdų kerno gavimas gręžimo būdu, gręžimo įrenginio vamzdžių ilgis 120 m;
 - biologinių objektų surinkimas taikant įvairius prietaisus (dragas, tinklus ir kt.);
 - žvejybos galimybės statomaisiais tinklais ir traluojant;
 - laboratorinių tyrimų galimybės: cheminė – biologinė laboratorija; geologinė laboratorija; galimybė pastatyti papildomą konteinerinę laboratoriją;
 - navigacinė kontrolė, prietaisų padėties sekimas, diferencinė vietos nustatymo sistema, dinaminio pozicionavimo sistema;
 - kompiuteriniai tinklai, duomenų kaupimas, programinis užtikrinimas.⁴⁵



16 pav. Mokslinių tyrimų laivas „Mintis“

⁴⁵ Klaipėdos universitetas. Klaipėdos universitetas perka naują Mokslinių tyrimų laivą. Prieiga per Internetą: <http://www.ku.lt/ziniasklaidai/pranesimai-spaudai/klaipedos-universitetas-perka-nauja-moksliniu-tyrimu-laiva/>;

6 lentelė. Laivo „Mintis“ pagrindinės charakteristikos

Laivo tipas	Specializuotos paskirties (mokslinių tyrimų)
Statybos metai	2014 m.
Bendras ilgis	38,7 m
Plotis	12 m
Grimzlė	2,8 m
Borto aukštis	4,5 m
Dedveitas	40 t

Laivo „Mintis“ statyba vykdoma UAB „Vakarų Baltijos laivų statykla“. UAB Vakarų Baltijos laivų statykla – moderni ir šiuolaikiška laivų statykla, siūlanti pilną paslaugų kompleksą nuo projektavimo iki pilnai baigto laivo. Vakarų Baltijos laivų statykla priklauso „Vakarų laivų gamyklos“ įmonių grupei, kuri yra didžiausio Estijos koncerno „BLRT Grupp“ dalis. Šiuo metu pagrindinė Vakarų Baltijos laivų statyklos veiklos kryptis – įvairių tipų laivų „iki rakto“ statyba. Kompanija specializuojasi vilkikų, keltų, žvejybinių ir aprūpinimo laivų, laivų - platformų statyboje, turi visas galimybes įgyvendinti ofšorinius ir atsinaujinančios energetikos projektus. Vakarų Baltijos laivų statykla taip pat yra pirmoji laivų statykla Baltijos šalyse, užsiimanti konstrukcijų bei įrangos, reikalingos atsinaujinančių energijos šaltinių ir jūroje esančių vėjo parkų statybai. Vakarų Baltijos laivų statykla – moderni ir šiuolaikiška kompanija, kurios turimos technologijos ir nuolatinės investicijos į įrangos bei infrastruktūros atnaujinimą leidžia statyti laivus ar jų korpusus iki 130 m, plotis – 20 m.⁴⁶

4.2. Laivo korpuso suvirinimas ir naudojamos medžiagos

Statant mokslinių tyrimų laivą, buvo naudojami du suvirinimo būdai: automatinis elektrolankinis suvirinimas po fliusu (SAW) ir pusiau automatinis – lankinis suvirinimas lydžiuoju elektrodu apsauginėse dujose (MIG/MAG-GMAW).

Virinant automatinio būdu (SAW) naudojama:

- Viela „Lincoln electric L-61“, skirta virinti automatinėje linijoje (plokščių paklotų suvirinimas).
- Fliusas „Lincoln weld 860“;
- Elektra.

⁴⁶ Vakarų Baltijos laivų statykla. Laivai „iki rakto“. Prieiga per Internetą: <http://www.wsy.lt/wbs/index.php/lt/produkcija/laivai-qiki-raktoq>

Virinant pusautomatiu būdu (MAG) naudojama:

- Viela ESAB OK E71T-1(diametras 1,2 mm), virinama 330 mm/min greičiu;
- CO₂ dujos;
- Elektra.

Virinant automatiniu būdu (SAW) sunaudota:

- Suvirinimo vielos – 8913,14 kg;
- Fluso – 233 kg;
- Elektra – 319969,14 MJ.

Virinant pusautomatiu būdu (MAG) sunaudota:

- Suvirinimo vielos – 2428,37 kg;
- CO₂ dujų – 228,43 m³;
- Elektra – 319969,14 MJ.

7 lentelė. Virinant visą korpusą išsiskirusios emisijos

Suvirinimo procesas	Cr(III), kg	Cr(VI), kg	Co, kg	Mn, kg	Ni, kg	Pb, kg	PM ₁₀ , kg	Šiluma, kJ
Lankinis suvirinimas po flusu	0,039	-	-	0,35	0,039	0,039	0,204	192,58 kJ
Lankinis suvirinimas lydžiuoju elektrodu apsauginėse dujose	6,31	0,048	0,001	13,68	0,27	0,25	5,89	376,74

4.3. Gyvavimo ciklą sudarymas GaBi 6 programa

Kad sudaryti gyvavimo ciklą, parinkta, kad tai sudarys nuo lakštų atvežimo į gamyklą iki korpuso suvirinimo. Korpuso svoris yra 231 t, pjaunant profilius ir lakštus, prarandama apie 10 %⁴⁷ plieno (23,1 t), tuomet bus reikalinga dar 10 % plieno daugiau, t. y. 254,1 t.

⁴⁷ National pollutant inventory. 2012. Emission estimation technique manual for Fugitive Emissions. Australian Government

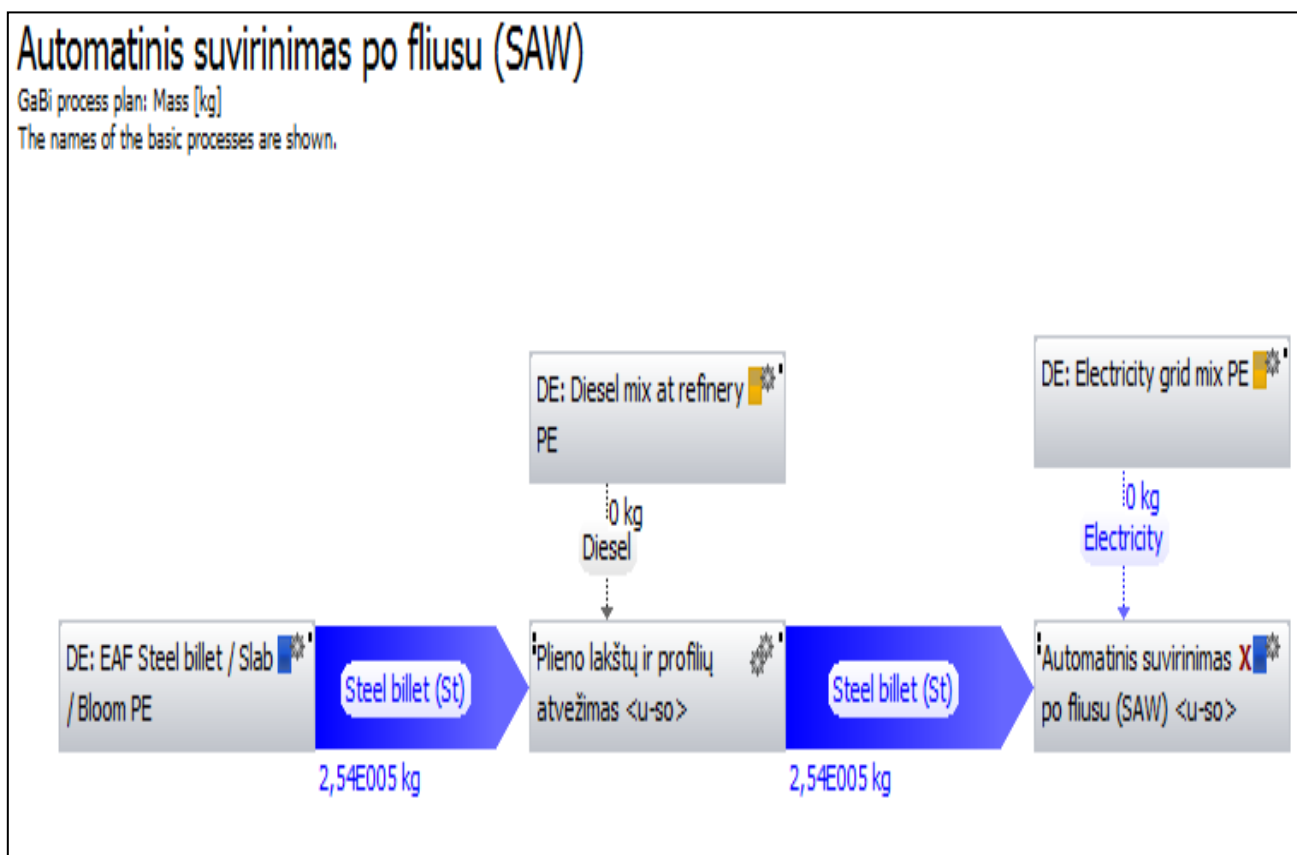
Pirmiausia sukuriamas planas, jame bus modelio gyvavimo ciklas, pridedant procesą ir srauto informaciją į planą. Gabi programa talpina duomenų bazes apie procesus ir srautus, kurie gali būti lengvai įtraukiami į modelį.

Srautai, kurie patenka į produkto sistemą ateina iš natūralios sistemos (mūsų aplinka, pvz.: išteklių, tokie, kaip akmens anglis) arba kas palieka sistemą (pvz., CO₂) yra vadinami elementariais srautais.

Galbūt svarbiausia informacija Gabi programoje yra srautų informacija. Srautai charakterizuojami mase, energija ir išlaidomis.⁴⁸

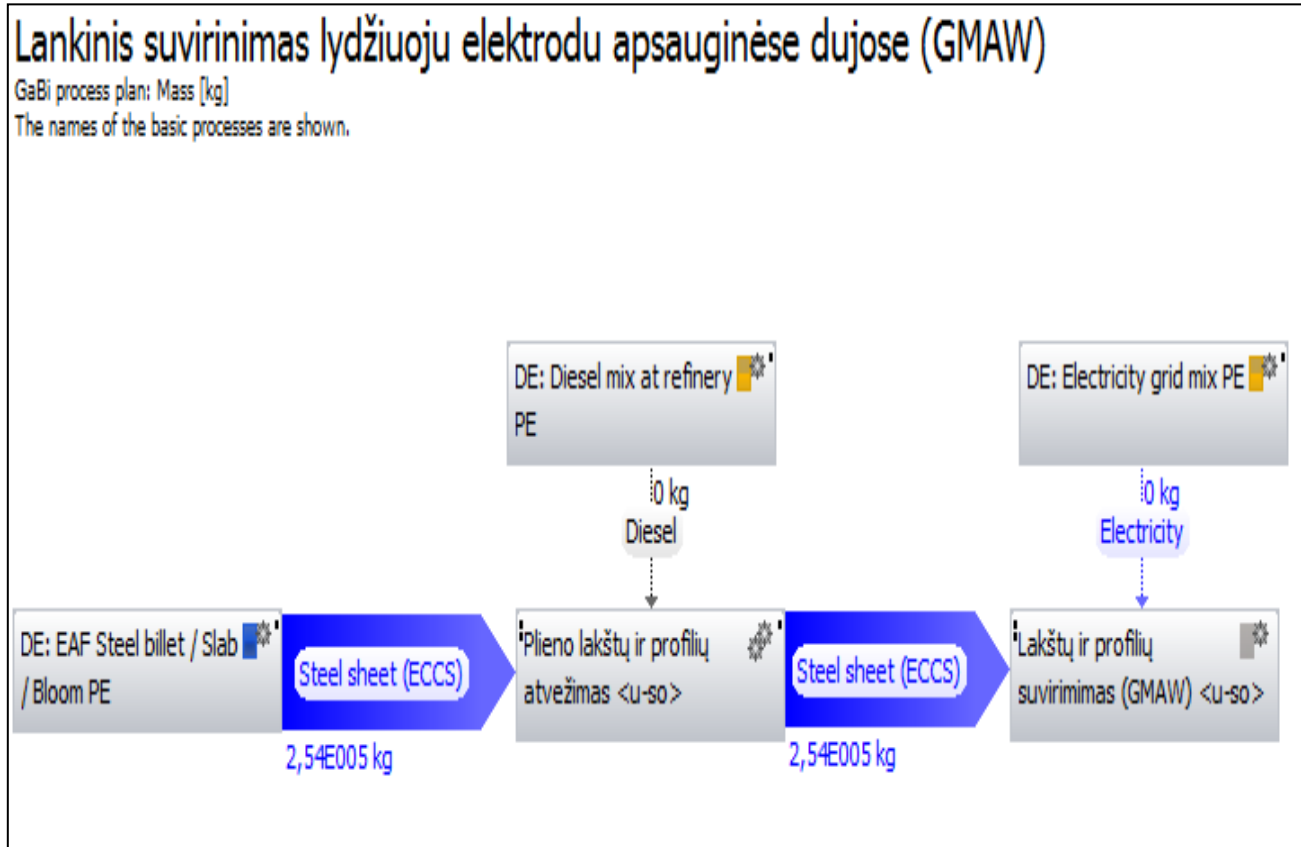
Į GaBi programą suvedami duomenys (vielos kiekis, flusos kiekis, elektros kiekis, plieno svoris, išsiskiriančių dalelių emisijų kiekius ir t.t.), tada gaunami suvirinimų SAW ir MIG, MAG planai. Planas pateikia sistemą su jos ribomis. Sistema tiriama sudarant realiai vykstančius procesus. Srautai apima visų medžiagų ir energijos srautus, praeinant tarp procesų į ir iš sistemos. Jie nustato įvesties/išvesties sistemos srautus. Sukuriant schemą, matyti daug procesų, susijusių su srautais, taip pat planą, susijusį su srautais.

17 ir 18 pav. pateikiamos SAW ir MIG, MAG suvirinimų gyvavimo ciklo schemas.



17 pav. Automatinio suvirinimo po flisu (SAW) gyvavimo ciklo schema

⁴⁸ GaBi Paper Clip Tutorial. 2011. Introduction to LCA and modelling using GaBi



18 pav. Lankinio suvirinimo lydžiuoju elektrodu apsauginėse dujose (GMAW) gyvavimo ciklo schema

Planų pagalba apskaičiuojama suvartojama energija, į aplinką išsiskiriančios emisijos, taip gautus rezultatus galima palyginti tarpusavyje.

4.4. Suvirinimo metu išsiskiriančių emisijų palyginimas

Vienas iš gyvavimo ciklo etapų yra vertinimas emisijų į aplinką. Programa pateikia rezultatus, pagal kuriuos matyti poveikis aplinkai ir žmogui. Nurodomi srautai, patenkantys į mūsų sistemą, išteklių forma, arba iš mūsų sistemos, emisijų forma, į orą, gėlą vandenį, jūros vandenį ir dirvožemį.

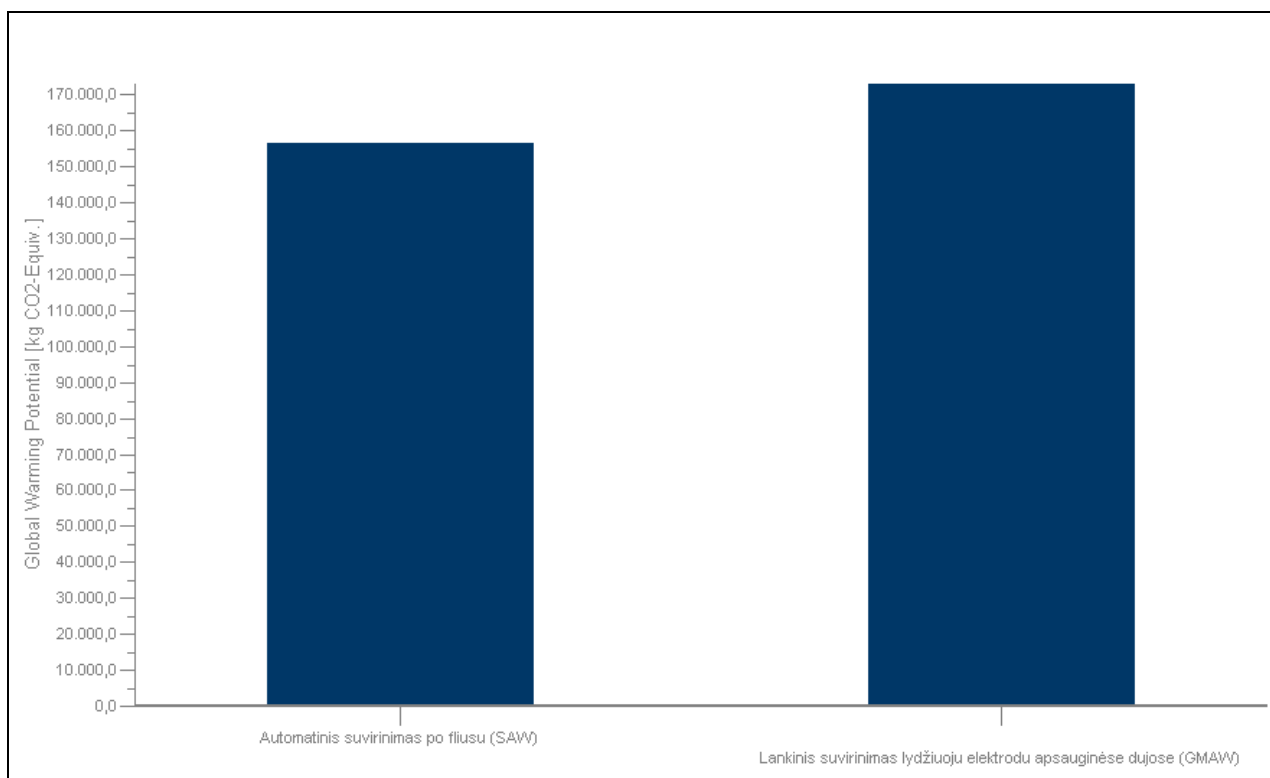
4.4.1. Globalinio atšilimo vertinimas

Šiltnamio poveikio mechanizmas gali būti stebimas nedideliu mastu. Toks poveikis taip pat pasireiškia pasauliniu mastu. Vyksta trumpųjų bangų spinduliavimas nuo saulės, kurie liečiasi su žemės paviršiumi ir iš dalies absorbuojami (dėl tiesioginio atšilimo) ir iš dalies atsispindi kaip

infraraudonosios spindulius. Atspindėjusi dalis sugeria vadinamąjį šiltnamio efektą sukeliančias dujas visomis kryptimis, įskaitant atgal į žemę. Tai lemia klimato atšilimą žemės paviršiuje.⁴⁹

Šiltnamio efektas stiprinamas žmogaus veikla. Šiltnamio efektą sukeliančios dujos yra anglies dioksidas, metanas ir CFCs. 19 paveiksle parodyta dviejų skirtingų suvirinimų įtaka globaliniam atšilimui. Globalinio atšilimo potencialas 100 metų vertinamas kilogramais CO₂ ekvivalentų. Suvirinimo technologijų procesų metu sunaudojama nemažas kiekis elektros, kuris yra išskiriamas į aplinką kaip šiluma.

Suvirinimo SAW metu globaliniam atšilimui daroma mažesnė įtaka – 156000 kg CO₂ ekvivalentų, negu MIG, MAG suvirinimo metu – 173000 kg CO₂ ekvivalentų.



19 pav. Globalinio atšilimo potencialas 100 metų (kg CO₂ ekvivalentų)

4.4.2. Poveikis aplinkos rūgštėjimui

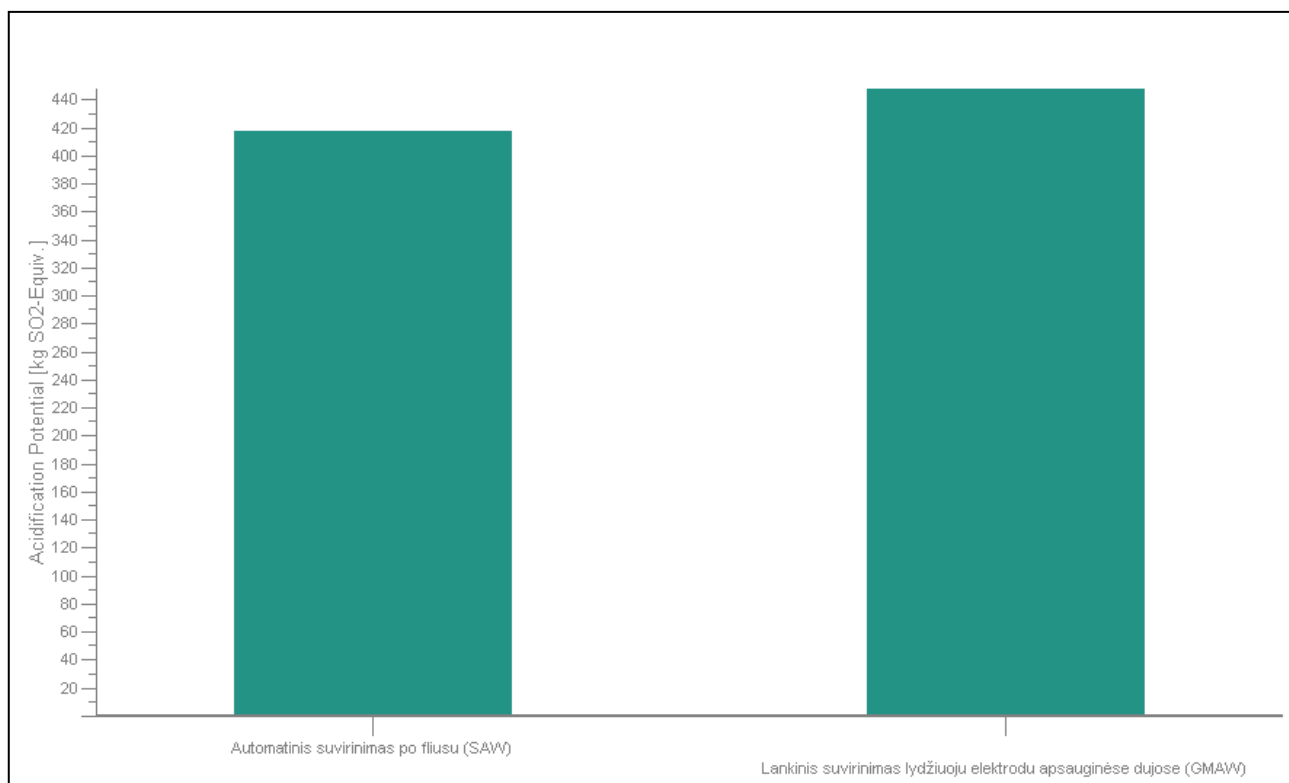
Dirvožemio ir vandens rūgštėjimas vyksta daugiausia per oro teršalų transformaciją į rūgštis. Tai mažina lietaus ir rūko pH nuo 5,6 iki 4. Pagrindiniai junginiai, kurie įtakoja šį potencialą - sieros dioksidas ir azoto oksidas ir jų atitinkamų rūgštys (H₂SO₄ und HNO₃). Tai daro žalą ekosistemoms, o miškų nykimas yra labiausiai žinomas poveikis.

Rūgštėjimas turi tiesioginį ir netiesioginį žalingą poveikį (pvz.: maistinės medžiagos yra išplaunamos iš dirvožemio arba padidėjęs metalų tirpumas į dirvožemį). Nuo to, net pastatai ir

⁴⁹ GaBi Paper Clip Tutorial. 2011. Introduction to LCA and modelling using GaBi

statybinės medžiagos gali būti sugadintos. Nors rūgštėjimas yra pasaulinė problema, regioninis rūgštėjimo poveikis gali skirtis.

Rūgštėjimo potencialas išreikštas sieros dioksido ekvivalentu ($\text{SO}_2\text{-Eq.}$). Rūgštėjimo potencialas apibūdinamas kaip tam tikrų medžiag, gebėjimas kurti ir išleisti H^+ ir $^-$ jonus. Aplinkos rūgštėjimo potencialų schema, vykstant suvirinimo procesams, pateikta 20 paveiksle.



20 pav. Aplinkos rūgštėjimo potencialas (kg SO₂ ekvivalentų)

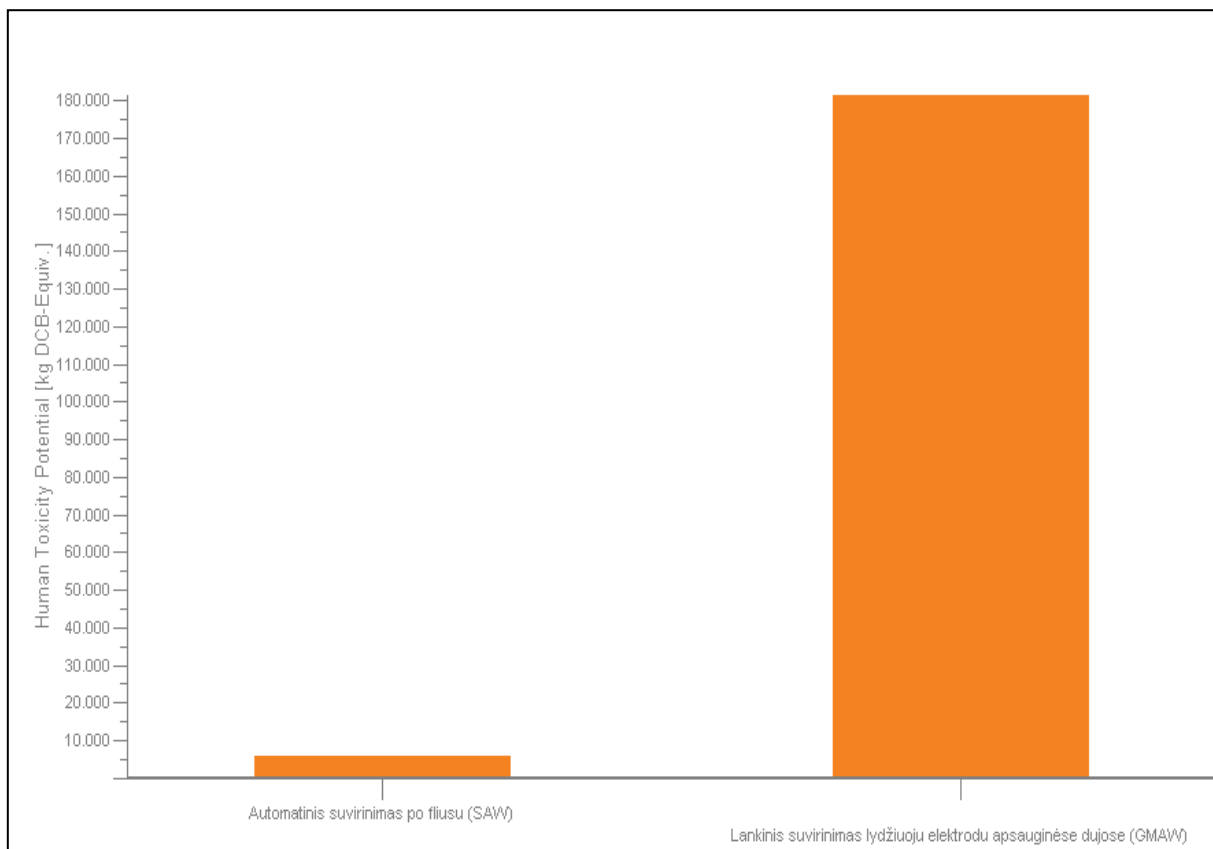
Suvinimo SAW metu aplinkos rūgštėjimo potencialui daroma mažesnė įtaka – 417 kg SO₂ ekvivalentų, negu MIG, MAG suvinimo metu – 448 kg SO₂ ekvivalentų.

4.4.3. Žmogaus toksiškumo vertinimas

Poveikio toksiškumo potencialo vertinimo metodas yra vis dar plėtros etape. Žmogaus toksinio poveikio vertinimu siekiama įvertinti neigiamą poveikį. Ekologinio toksiškumo potencialu siekiama apibrėžti žalingą poveikį ekosistemai. Tai yra diferencijuojama į sausumos ekologinio toksiškumo potencialą ir vandens ekotoksiškumo potencialą. Per gyvavimo ciklo analizės taikymo sritį, šis poveikis nebus apibūdinamas tokioje detalioje lygyje. Todėl galimą medžiagos toksiškumą, remiantis jo chemine sudėtimi, fizikinėmis savybėmis, išsiriamas emisijas galima apibūdinti pagal jos patekimą į aplinką. Kenksmingos medžiagos gali plisti į atmosferą, į vandens telkinius arba į dirvožemį.⁵⁰

⁵⁰ GaBi Paper Clip Tutorial. 2011. Introduction to LCA and modelling using GaBi

Matavimo vienetas: kg DCB (dichlorbenzeno) ekvivalentų.



21 pav. Žmogaus toksiškumo potencialas (kg dichlorbenzeno ekvivalentų)

Suvirinimo SAW metu aplinkos rūgštėjimo potencialui daroma ženkliai mažesnė įtaka – 6020 kg dichlorbenzeno ekvivalentų, MIG, MAG suvirinimo metu išsiskiriančios emisijos išskiria daug daugiau dichlorbenzeno ekvivalentų – 181000. Žmogaus toksiškumo vertinimo potencialas pavaizduotas 21 paveiksle.

Lyginant suvirinimą savisaugė viela be dujų apsaugos (FCAW) su SAW ir MIG, MAG suvirinimais, FCAW suvirinimas yra našesnis ir siūlės kokybė yra aukštesnė, tačiau poveikis žmogaus sveikatai yra pats pavojingiausias - FCAW suvirinimas įtakoja gyventojų sveikatą maždaug 99 % daugiau nei SAW suvirinimas.

SAW suvirinimas yra mažo toksiškumo, šis suvirinimas gali būti naudojamas kiek įmanoma dažniau.⁵¹

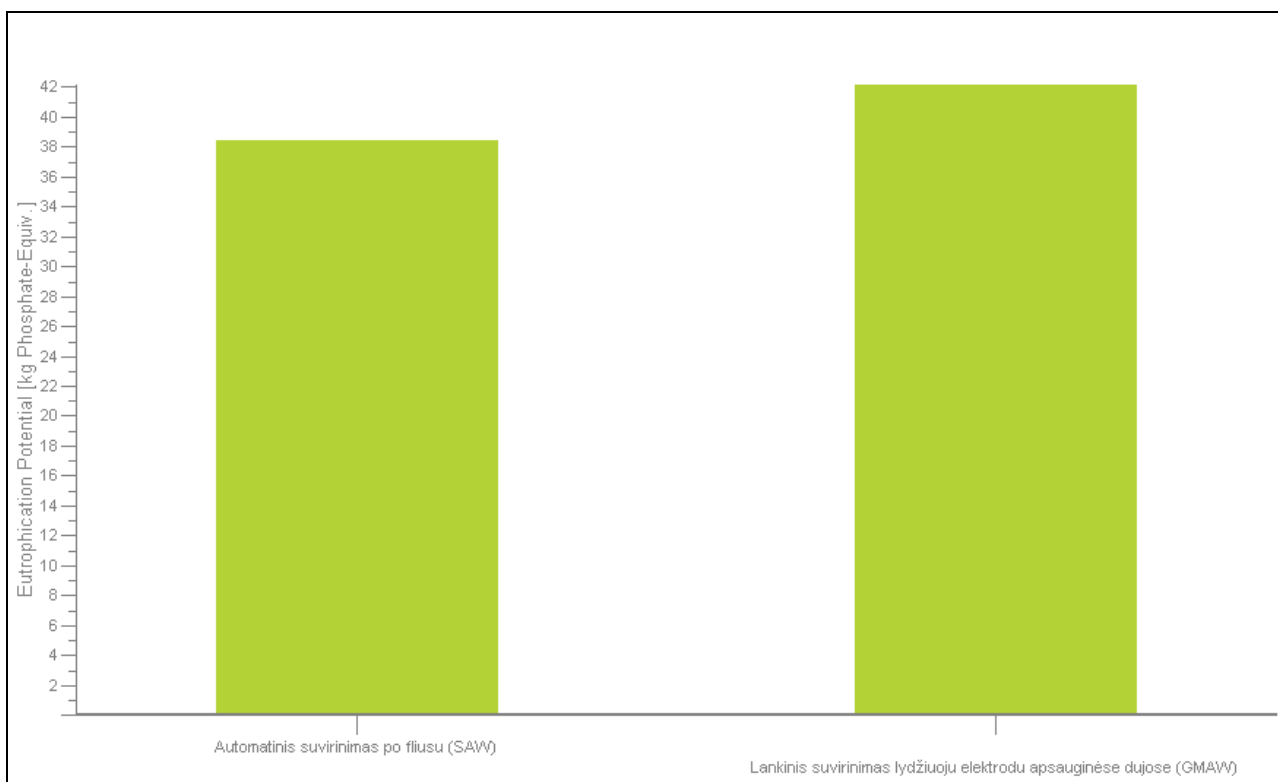
4.4.4. Eutrofikacijos potencialo vertinimas

Eutrofikacija yra maistinių medžiagų sodrinimas tam tikroje vietoje. Eutrofikacija gali būti vandens arba sausumos. Oro teršalai, nuotekos ir tręšimas žemės ūkyje prisideda prie eutrofikacijos.

⁵¹ Žukauskaitė A., Mickevičienė R., Karnauskaitė D., Turkina L. 2013. Environmental and human health issue of welding in the shipyard. Klaipėdos universitetas

Vandenyje rezultatas paspartina dumblių augimą, kuris savo ruožtu, trukdo saulei pasiekti dugną. Tai veda prie fotosintezės sumažėjimo ir mažesnės deguonies gamybos. Be to, deguonis reikalingas negyvų dumblių irimui. Abu efektai sukelia sumažėjusią deguonies koncentraciją vandenyje, kuri galiausiai gali sukelti žuvų nugaišimą ir anaerobinio skilimą (irimas be deguonies). Taip gaminami yra vandenilio sulfidas ir metanas. Tai gali lemti, be kita ko, ir ekosistemos sunaikinimą.⁵²

Matavimo vienetai: kg fosfatų ekvivalentų. Suvirinimo SAW metu eutrofikacijai daroma mažesnė įtaka – 38,4 kg fosfatų ekvivalentų, negu MIG, MAG suvirinimo metu – 42,1 fosfatų ekvivalentų. Eutrofikacijos potencialo pasiskirstymas pateiktas 22 paveiksle.



22 pav. Eutrofikacijos potencialas (kg dichlorbenzeno ekvivalentų)

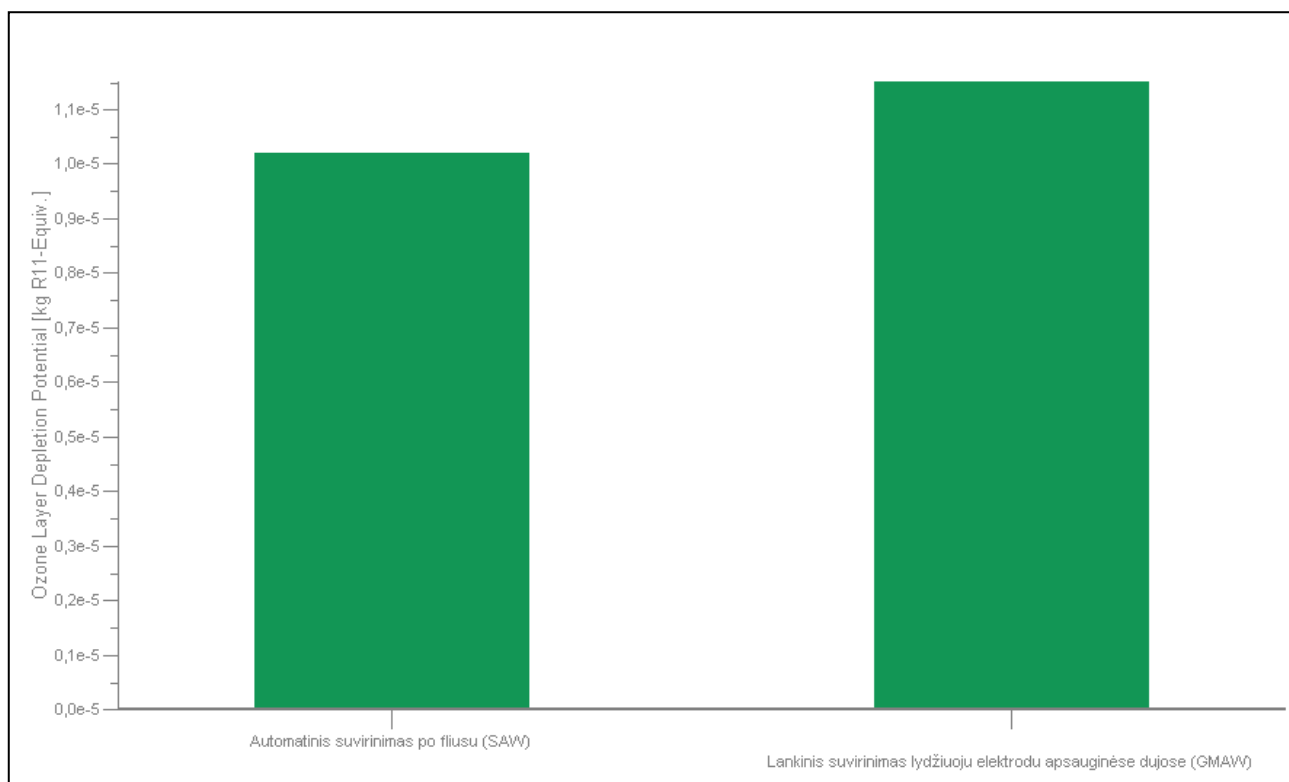
4.4.5. Ozono sluoksnio ardymo potencialas

Ozonas susidaro stratosferoje iš deguonies atomų. Ozonas sugeria trumpųjų bangų UV spinduliuotes ir išsklaido jas į ilgesnes bangas. Todėl tik maža dalis UV spindulių pasiekia žemę.

Antropogeninės kilmės emisija, ardanti ozoną, gerai žinoma kaip ozono sluoksnio skylė. Skylė šiuo metu yra tik virš Antarktidos regiono, tačiau kitas ozono sluoksnio suplonėjimas gali būti nustatytas, nors ir ne tokiu pačiu mastu, vidurio platumose (pvz.: Europos). Medžiagas, kurios turi ardantį poveikį ozonui, iš esmės galima suskirstyti į dvi grupes: fluoro-chloro-angliavandeniliai (CFCs) ir azoto oksidai (NO_x). Vienas iš ozono sluoksnio suplonėjimo poveikio yra žemės

⁵² GaBi Paper Clip Tutorial. 2011. Introduction to LCA and modelling using GaBi

paviršiaus atšilimas. Galimas poveikis sumažina augimo ar derliaus pasėlius, navikai (odos vėžys ir akių ligos) ir sumažėjęs jūros planktonas, kuris stipriai įtakoja maisto grandinę.⁵³



23 pav. Ozono sluoksnio nykimo potencialas (kg freonų ekvivalentų)

Matuojama kg freonų ekvivalentų. Suvirinimo SAW metu ozono sluoksnio nykimui daroma mažesnė įtaka – $1,02 \cdot 10^{-5}$ kg freonų ekvivalentų, negu MIG, MAG suvirinimo metu – $1,15 \cdot 10^{-5}$ kg freonų ekvivalentų. Ozono sluoksnio nykimo potencialo pasiskirstymas pateiktas 23 paveiksle.

⁵³ GaBi Paper Clip Tutorial. 2011. Introduction to LCA and modelling using GaBi

IŠVADOS

1. Analizuojant IMO reikalavimų sugriežtinimą nustatyta, kad esminiai MARPOL 73/78 pakeitimai buvo padaryti kartu didėjant jūrinio transportavimo srautams. Siūlomas oro taršos iš laivų normavimas yra efektyvus, tačiau kelia rimtą grėsmę laivybos sektoriui ir gali veikti jo konkurencingumo mažėjimą. Prekių transportavimas gali pereiti į sausumos transportą, o tai savo ruožtu dar labiau padidins oro taršą. Todėl naudojant tam tikras griežtesnes priemones būtina iš anksto numatyti galimus metodus, siekiant užtikrinančius laivybos sektoriaus konkurencingumą.

2. Remiantis atliktais skirtingų laivo taršos mažinimo metodų taikymo tyrimais galima teigti, kad nė vienas iš jų nepasiežymi 100 % efektyvumu. Esminė tokios situacijos priežastis yra laivo variklio darbo proceso ypatumai: variklio ekonomiškumas priklauso nuo efektyvaus kuro degimo, šis procesas lydimas aukštos temperatūros, kuriai esant susidaro NO_x; temperatūros sumažinimas teigiamai veikia NO_x emisiją, tačiau kartu didina kuro sąnaudas, CO, CH PM dalelių išsiskyrimą. Tai įrodo kompleksinio metodo, kuris iki šiol nėra taikomas, būtinumą.

3. GaBi 6 programine įranga įvertinus elektrolankinio suvirinimo po fliusu (SAW) ir lankinio suvirinimo lydžiuoju elektrodu apsauginėse dujose (GMAW) išsiskiriančias emisijas, nustatyta, kad elektrolankinis suvirinimas po fliusu (SAW) visais atvejais daro mažesnę įtaką aplinkai ir žmogui negu lankinis suvirinimas lydžiuoju elektrodu apsauginėse dujose (GMAW): globaliniam atšilimui – 10 %, aplinkos rūgštėjimui- 7 %, žmogaus toksiškumui - 97 %, eutrifikacijai - 9 %, ozono ardymui - 10 %.

LITERATŪRA

1. Cabos C., Grau M. 2011. Product lifecycle management in the shipbuilding and shipping industries. London;
2. E. Blanco-Davis and P. Zhou. 2013. LCA as a Tool to Aid in the Selection of Retrofitting Alternatives. Submitted to Ocean Engineering;
3. Gedzevičius I. 2012. Suvirinimo technologijos. Vilnius: Technika;
4. Navickas K., Venslauskas K. 2012. Biomasės būvio ciklo analizė. Aleksandro Stulginskio universitetas. Akademija;
5. SAIC and M. A. Curran. 2006. Life-cycle Assessment: Principles and Practice: National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, US Environmental Protection Agency;
6. Smailys V. 2012. Laivų aplinkos apsauga. Klaipėda: Klaipėdos universiteto leidykla;
7. T. Koch, E. Blanco-Davis, and P. Zhou. 2013. Analysis of Economic and Environmental Performance of Retrofits using Simulation in Computer and IT Applications in the Maritime Industries, Cortona, Italy;
8. ISO 14040:2006(E). Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. ed. Geneva, Switzerland, 2006;
9. ISO 14044:2006(E). Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines. ed. Geneva, Switzerland, 2006;
10. LST EN ISO 14040:2007. Aplinkos vadyba. Būvio ciklo įvertinimas. Principai ir sandara. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2007;
11. Baltijos slėnis. 2011. Lietuvos jūrinio sektoriaus vystymo galimybių studija;
12. IMO. 2009. Prevention of air pollution from ships;
13. GaBi Paper Clip Tutorial. 2011. Introduction to LCA and modelling using GaBi;
14. H. Scott Matthews and Mitchell J. Small. 2001. Extending the Boundaries of Life-Cycle Assessment through Environmental Economic Input-Output Models. Carnegie Mellon University Pittsburgh, PA, USA;
15. Jūrinių tyrimų koncorciumas. 2012. Lietuvos Baltijos jūros aplinkos apsaugos valdymo stiprinimo dokumentų parengimas. III-oji tarpinė ataskaita. Klaipėda;
16. Marpol 73/78 Annex VI. 2009. Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships. Managing risk, DNV;
17. Mickevičienė R., Žukauskaitė A., Turkina L. Laivų pertvarkymo technologijų poveikio aplinkai vertinimas. Klaipėdos universitetas;
18. National pollutant inventory. 2012. Emission estimation technique manual for Fugitive Emissions. Australian Government.

19. Nyhus E. 2011. Shipping CO2 emissions - Technical solutions and abatement potential. Managing risk, DNV;
20. Panasiuk I. 2012. Laivo išmetamųjų dujų toksiškumo mažinimo problematika. Klaipėdos universitetas;
21. Štyps E., Jotautienė M., Martišienė D., Speičys V. 2008. Suvirinimo specialistų rengimas Lietuvoje taikant europinį atestavimo modelį. Kauno technikos kolegija;
22. EAC EA. 2010. European transfer models for welding personnel certification. Weldspread;
23. Europos parlamento pozicija, priimta 2013 m. spalio 22 d. per pirmąjį svarstymą, siekiant priimti Europos Parlamento ir Tarybos reglamentą (ES) Nr. .../2013 dėl laivų perdirbimo, kuriuo iš dalies keičiami Reglamentas (EB) Nr. 1013/2006 ir Direktyva 2009/16/EB (EP-PE_TC1-COD(2012)0055);
24. Komisijos pasiūlymo dėl Europos Parlamento ir Tarybos reglamento dėl jūrų transporto išmetamo anglies dioksido kiekio stebėsenos, ataskaitų teikimo ir tikrinimo, kuriuo iš dalies keičiamas Reglamentas (ES) Nr. 525/2013;
25. The Institute of Materials Engineering Australasia. 2013. Welding processes – advantages and disadvantages of commonly used industry welding processes.
26. Žukauskaitė A., Mickevičienė R., Karnauskaitė D., Turkina L. 2013. Environmental and human health issue of welding in the shipyard. Klaipėdos universitetas;
27. Baltijos slėnis. Mokslinių tyrimų laivo statyba. Prieiga per Internetą: http://balticvalley.lt/?page_id=1642;
28. Būvio ciklo vertinimas (BCV). Prieiga per Internetą: http://www.asu.lt/nm/l-projektas/-Aplinkos_tarsa/45.htm;
29. ESAB. Suvirinimas ir pjaustymas. Prieiga per Internetą: <http://www.esab.lt/lt/lt/education/processes-mig-gmaw.cfm>;
30. EurActiv.lt. Pasaulinės gyvavimo ciklo ekonomikos link?. Prieiga per Internetą: <http://ekologija.blogas.lt/pasaulines-gyvavimo-ciklo-ekonomikos-link-17482.html>;
31. Klaipėdos universitetas. Klaipėdos universitetas perka naują Mokslinių tyrimų laivą. Prieiga per Internetą: <http://www.ku.lt/ziniasklaidai/pranesimai-spaudai/klaipedos-universitetas-perka-nauja-moksliniu-tyrimu-laiva/>;
32. Vakarų Baltijos laivų statykla. Laivai „iki rakto“. Prieiga per Internetą: <http://www.wsy.lt/wbs/index.php/lt/produkcija/laivai-qiki-raktoq>;
33. Varžinskas. V. 2013. Ekologinis gaminių projektavimas, būvio ciklo įvertinimas. Prieiga per Internetą: <http://ktu.edu/apini/turinys/ekologinis-gaminiu-projektavimas-buvio-ciklo-ivertinimas>;

34. Zavackienė E. 2009. Inovacijos laivų statybos pramonės sektoriuje. Prieiga per Internetą: http://inovacijos.lt/inopagalba/lt/laivu_statybos_pramones.