



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Žuvies perdirbimo pramonėje naudojamų konvejerio juostų plovimo proceso tyrimas

Baigiamasis magistro projektas

Gabija Čiapaitytė
Projekto autorė

Prof. Rimvydas Gaidys
Vadovas

Kaunas, 2023



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Žuvies perdirbimo pramonėje naudojamų konvejerio juostų plovimo proceso tyrimas

Baigiamasis magistro projektas
Gamybos inžinerija (6211EX015)

Gabija Čiapaite

Projekto autorė

Prof. Rimvydas Gaidys

Vadovas

Doc. Kazimieras Juzėnas

Recenzentas

Kaunas, 2023



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas
Gabija Čiapaitė

Žuvies perdirbimo pramonėje naudojamų konvejerio juostų plovimo proceso tyrimas

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

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

Gabija Čiapaitė

Patvirtinta elektroniniu būdu



Kaunas technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Baigiamojo magistro projekto užduotis

Studentui (-ei) – Gabija Čiapaitė

1. Projekto tema –

Žuvies perdirbimo pramonėje naudojamų konvejerio juostų plovimo proceso tyrimas
(Lietuviškai)

Investigation of the Washing Process of Conveyor Belts Used in the Fish Processing Industry

2. Hipotezė

Žuvų taukus ekonomiškiausia plauti putomis ir nuskalauti vandeniu.

3. Projekto tikslas ir uždaviniai –

Tikslas: atlikti modulinį konvejerio juostų plovimo tyrimą.

Uždaviniai:

1. nustatyti, kokie veiksniai lemia plovimo proceso efektyvumą;
2. nustatyti efektyviausią plovimo ciklą, naudojant plokščio tipo purkštukus;
3. įvertinti galimybę automatizuoti konvejerio juostų plovimo procesą;
4. įvertinti valymo sistemų medžiagų sąnaudas.

4. Pradiniai projekto duomenys –

Netaikoma

5. Pagrindiniai reikalavimai ir sąlygos –

Konvejerio juostų plovimui naudojama daugiafunkcinė „SU 0127-Baseline“ plovimo stotelė (gamintojas FOAMICO); rūgštinės kilmės medžiagomis plaunamos konvejerio juostos pagamintos iš agresyviai cheminei terpei atsparaus polipropileno (PP).

Projekto autorė	Gabija Čiapaitė <i>(Vardas, Pavardė)</i>	<i>(Parašas)</i>	2022-09-26 <i>(Data)</i>
Vadovas	Rimvydas Gaidys <i>(Vardas, Pavardė)</i>	<i>(Parašas)</i>	2022-09-26 <i>(Data)</i>
Krypties studijų programų vadovė	Regita Bendikienė <i>(Vardas, Pavardė)</i>	<i>(Parašas)</i>	2022-09-26 <i>(Data)</i>

Čiapatė Gabija. Žuvies perdirbimo pramonėje naudojamų konvejerio juostų plovimo proceso tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas prof. Rimvydas Gaidys; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Gamybos inžinerija (E10), Inžinerijos mokslai (E).

Reikšminiai žodžiai: purkštukas, plovimo medžiagos, valymo ciklas, automatizavimas.

Kaunas, 2023. 71 p.

Santrauka

Baigiamajame darbe buvo išnagrinėti populiariausi konvejerio juostų plovimo metodai ir rinkoje esanti naudojama įranga. Nustatyta, kad žuvies perdirbimo pramonėje, gaminant „šlapią“ produktą, efektyviausias transporterių paviršiaus valymo būdas yra plovimas, naudojant purkštukus. Remiantis tolimesne jų analize, atliktas modulinių transporterio juostų plovimo tyrimas, naudojant plokščio tipo purkštukus. Tyrime naudoti 19 skirtingų vėduoklės tipo purkštukų (*Spray Systems Co*), kurie, priklausomai nuo srauto, išėjimo slėgio, tarpusavyje skiriasi išpurškimo kampu, angos dydžiu bei srautu. Bandomieji nešvarumai tyrimo metu buvo gyvūninės kilmės riebalai. Kaip plaunamoji medžiaga naudotas +60 °C temperatūros vanduo, putojanti šarminė priemonė „BS Extrafoam“ (*BS Chemical*) bei dezinfekavimo priemonė „Sterilforte“ (*BS Chemical*). Išpurškimui naudota „SU 0127-Baseline“ plovimo stotelė (*FOAMICO*). Tyrimo metu plautos skirtingos paviršiaus struktūros, iš polipropileno (PP) pagamintos modulinės juostos (*Forbo*). Tyrimo metu buvo įvertintas konvejerio juostų valymo proceso efektyvumas, keičiant pagrindinius parametrus: juostos sukimosi greitį, purkštuko išpurškimo kampą ir jo angos dydį, slėgį, atstumą nuo purkštuko iki plovimo paviršiaus bei purkštuko kampą į plovimą paviršių. Plovimo efektyvumas įvertintas užteršto ploto prieš valymą ir užteršto ploto po valymo santykiu procentais, kuris apskaičiuotas naudojant programą *Matlab*. Remiantis rezultatais nustatyta, kad didžiausią įtaką plovimo efektyvumui turi srautas, kuris priklauso nuo purkštuko angos diametro ir slėgio. Remiantis literatūroje pateiktais duomenimis ir eksperimento rezultatais sudarytas optimaliausias valymo ciklas. Plovimo proceso automatizavimui pasiūlytas valymo sistemos modelis, leidžiantis sumažinti fizinio operatorių darbo poreikį, padidinti pramonės pelningumą ir pagerinti valymo proceso stabilumą. Darbe atliktas transporterio plovimo įrangos bei plovimo ciklo socialinis ir ekonominis vertinimas – pateikta SSGG analizė, įvertinanti plovimo sistemos stiprybes, silpnybes, galimybes ir grėsmes. Ekonominės analizės metu atliktas rankinio plovimo proceso, naudojant aukšto slėgio purškimo stotelę ir purkštukų plovimo sistemos palyginimas. Nustatyta, kad purkštukų pagrindu sudarytos plovimo sistemos yra maždaug 8 kartus ekonomiškesnės nei plovimo procesas, naudojant rankomis valdomą įrangą. Siekiant ekologinio tvarumo aptarti vandens valymo etapai (pirminis, biologinis, fizikinis–cheminis valymas) bei jo pakartotinio panaudojimo galimybės.

Čiapaitė Gabija. Investigation of the Washing Process of Conveyor Belts Used in the Fish Processing Industry. Master's Final Degree Project / supervisor prof. Rimvydas Gaidys; Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Production and Manufacturing Engineering (E10), Engineering Sciences (E).

Keywords: nozzle, cleaning materials, cleaning cycle, automation.

Kaunas, 2023. 71 p.

Summary

The final work examined the most popular methods of washing conveyor belts and the equipment used on the market. It has been found that in the fish processing industry, when producing a wet product, the most effective method of cleaning the surface of conveyors is washing using nozzles. Based on their further analysis, a study of washing modular conveyor belts using flat spray nozzles was carried out. The study used 19 different fan nozzles (*Spray Systems Co*), which depending on the flow rate, output pressure is different from each other in the angle of spraying, size of the opening and flow. The test soil in the study was animal fat. Water of +60 °C, foaming alkaline agent "BS Extrafoam" (*BS Chemical*) and disinfectant "Sterilforte" (*BS Chemical*) were used as washing agents. "SU 0127-Baseline" washing station (*FOAMICO*) was used for spraying. During the study, different surface structures of *Forbo* modular belts made of polypropylene (PP) were washed. During the study, the effectiveness of the conveyor belts cleaning process was evaluated by changing the main parameters: belt rotation speed, nozzle ejection angle and its opening size, pressure, distance from the nozzle to the washing surface and the angle of the nozzle to the washing surface. Washing efficiency was evaluated by the percentage ratio of the contaminated area before cleaning and the contaminated area after cleaning, which was calculated using the *Matlab* program. Based on the results, it was found that the flow, which depends on the diameter and pressure of the nozzle opening, has the greatest influence on the washing efficiency. Based on the data presented in the literature and the results of the experiment, the most optimal cleaning cycle has been compiled. A cleaning system model is proposed for the automation of the washing process, which allows to reduce the need for physical work of operators, increase the profitability and improve the stability of the cleaning process. The social and economic evaluation of the conveyor washing equipment and the washing cycle was carried out in the work – a SWOT analysis was presented, assessing the strengths, weaknesses, opportunities and threats of the washing system. During the economic analysis, a comparison of the manual washing process using a high-pressure spray station and the nozzle washing system was performed. Nozzle based washing systems have been found to be approximately 8 times more cost-effective than hand operated washing processes. In order to achieve ecological sustainability, the stages of water treatment (primary, biological, physical-chemical treatment) and the possibilities of its reuse were discussed.

Turinys

Lentelių sąrašas	9
Paveikslų sąrašas	10
Įvadas	12
1. Transporterio juostų plovimo būdai.....	14
1.1. Rankinis valymas.....	14
1.2. Valymas aukšto slėgio plovimo įrenginiais.....	14
1.3. Valymas rotoriniais šepėčiais	15
1.4. Valymas garais	16
1.5. Valymas aukšto ir žemo slėgio vandens purkštukai.....	16
1.6. Valymo metodų vertinimas ir jų pritaikymas žuvies perdirbimo pramonėje	16
2. Purkštukų tipai	18
3. Valymo efektyvumą lemiantys veiksniai	20
3.1. Nešvarumų kilmė.....	20
3.2. Valymo ir dezinfekavimo priemonės	20
3.3. Valymo priemonės forma	21
3.4. Temperatūra.....	22
3.5. Vandens, plovimo priemonių ir dezinfekcinių priemonių kontakto laikas su nešvarumais.....	22
3.6. Greitis	23
3.7. Slėgio ir purškimo kampo į paviršių įtaką.....	23
3.8. Išpurškimo kampas	24
3.9. Atstumas iki paviršiaus.....	26
4. Tyrimo metodika	27
4.1. Nešvarumai.....	27
4.2. Modulinės juostos.....	28
4.3. Plovimo stotelė ir slėgio valdymas nustatymas.....	28
4.4. Purkštukai	29
4.5. Valymo medžiagos	32
4.5.1. Dengimas putomis	34
4.5.2. Putų tankio ir jų santykio su vandeniu nustatymas	34
4.5.3. Bandymo stendo konfigūracija.....	34
4.5.4. Bandymo parametrai ir vartotojo sąlygos.....	35
4.6. Plovimas vandeniu.....	35
4.6.1. Plovimo vandeniu efektyvumo nustatymas.....	36
4.6.2. Bandymo stendo konfigūracija.....	36
4.6.3. Valdymo parametrai ir vartotojo sąlygos	37
5. Tyrimo rezultatai ir jų aptarimas	39
5.1. Putų tyrimo rezultatai	39
5.1.1. Vandens ir putų santykio priklausomybė nuo purkštuko angos dydžio ir slėgio	39
5.1.2. Putų tankio priklausomybė nuo purkštuko angos dydžio ir slėgio.....	40
5.1.3. Putų tyrimo apibendrinimas	41
5.2. Vandens tyrimo rezultatai.....	42
5.2.1. Atstumo nuo purkštuko iki plaunamo paviršiaus įtaka plovimo efektyvumui.....	42
5.2.2. Nešvarumų pašalinimo efektyvumo priklausomybė nuo kampo į paviršių	42
5.2.3. Plovimo efektyvumo priklausomybė nuo konvejerio juostos sukimosi greičio.....	43

5.2.4. Plovimo efektyvumo priklausomybė nuo putų kontakto laiko su paviršiumi.....	45
5.2.5. Plovimo efektyvumo priklausomybė nuo tiekiamo srauto ir purkštuko angos dydžio	46
5.2.6. Plovimo vandenių tyrimo apibendrinimas.....	47
5.3. Plovimo ciklas	48
6. Automatizavimo galimybės.....	50
6.1. Pneumatikos ir hidraulikos komponentų parinkimas	50
6.2. Jutikliai plovimo sistemoje.....	53
6.3. Valymo sistema	54
7. Ekonominė analizė.....	55
7.1. Rankinis plovimas su plovimo stotele.....	55
7.2. Purkštukų sistema	58
7.3. Ekonomikos apibendrinimas	62
8. SSGG analizė	63
9. Pramoninės nuotekos, jų valymas ir pakartotinio panaudojimo galimybės.....	64
Išvados	66
Literatūros sąrašas	67

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Valymo sistemų palyginimas	17
2 lentelė. Purkštukų tipai ir pagrindiniai jų parametrai.....	18
3 lentelė. Plovimo stotelės „SU 0127-Baseline“ parametrai.....	29
4 lentelė. Purkštukų srauto priklausomybė nuo slėgio.....	30
5 lentelė. (tęsinys) Purkštukų srauto priklausomybė nuo slėgio	31
6 lentelė. Purškimo plotis (cm) priklausomai nuo purkštuko atstumo iki paviršiaus ir išpurškimo kampo	32
7 lentelė. Ploviklio „BS Extrafoam“ fizikinės ir cheminės savybės.....	33
8 lentelė. Ploviklio „Sterilforte“ fizikinės ir cheminės savybės.....	33
9 lentelė. Kontroliuojami parametrai ir vartotojo sąlygos putų generavimui	35
10 lentelė. Kontroliuojami parametrai ir vartotojo sąlygos	38
11 lentelė. Homogeninės ir uždaros modulinės juostos plovimo ciklas	48
12 lentelė. Atviros modulinės juostos plovimo ciklas	48
13 lentelė. Trijų aukštų transporterio juostų sistemos plovimo ciklas	60
14 lentelė. Plovimo metodų sąnaudų palyginimas.....	62

Paveikslų sąrašas

1 pav. Plovimo stotelė.....	15
2 pav. Rotoriniai šepetiai pramoniniam valymui	15
3 pav. Garais valančios sistemos.....	16
4 pav. Plovimas naudojant purkštukus.....	16
5 pav. Purkštukų formuojami raštai: a – standartinis plokščio purškimo ir didelio slėgio plokščio purškimo; b – plataus kampo plokščio purškimo; c – tuščiavidurio kūgio purškimo; d – pilno kūgio purškimo	19
6 pav. Oro burbulų ir skysčio lašų dydžių skirtumai: a – didelis oro burbulas ir mažas lašas; b – mažas oro burbulas ir didelis lašas; c – vienodo dydžio oro burbulas ir lašas	21
7 pav. Plovimo rezultatai, esant skirtingiems darbiniam slėgiams.....	23
8 pav. Vazelino plovimo ribinio slėgio nustatymas, esant 45° purškimo kampui į paviršių	24
9 pav. Išpurpiamos medžiagos pasiskirstymas	25
10 pav. Išpurkšto srauto persidengimas valomame plote	25
11 pav. Purkštukų išdėstymas	26
12 pav. Pažymėtas nešvarumų dengimo plotas (kairėje <i>S2-0 FLT</i> modulinė juosta, dešinėje – <i>S2-57 GRT</i>)	27
13 pav. Forbo „S2-0 FLT“ modulinė juosta	28
14 pav. Forbo „S2-57 GRT“ modulinė juosta.....	28
15 pav. Plovimo stotelė „SU 0127-Baseline“	29
16 pav. Purkštuko padengiamas plotis.....	32
17 pav. Vandens ir putų pasiskirstymas.....	34
18 pav. Putų bandymo testavimo sistema: 1 – stotelė; 2 – vanduo; 3 – vandens padavimo vožtuvas; 4 – oras; 5 – oro padavimo vožtuvas; 6 – putojančios valymo medžiagos talpa; 7 – mišinio srauto reguliavimo vožtuvas; 8 – manometras; 9 – purkštukas; 10 – sugraduota talpa; 11 – svarstyklės ...	35
19 pav. Užteršto ploto skaičiavimo nuotrauka, kai yra naudojama <i>S2-57 GRT</i> modulinė juosta: a, c – UV spinduliais apšviestos juostos nuotraukos; b, d – į dvejetainį (binarinį) vaizdą konvertuotos nuotraukos	36
20 pav. Vandens bandymo testavimo sistema: 1 – stotelė; 2 – vanduo; 3 – vandens padavimo vožtuvas; 4 – oras; 5 – oro padavimo vožtuvas; 6 – putojančios valymo medžiagos talpa; 7 – dezinfekcinio skysčio talpa; 8 – mišinio srauto reguliavimo vožtuvas; 9 – manometras; 10 – purkštukas; 11 – transporterio juosta.....	37
21 pav. Putų kiekio priklausomybė nuo slėgio	39
22 pav. Putų kiekis: a – esant 3 barų slėgiui ir skirtingiems išpurškimo kampams; b – esant 6 barų slėgiui ir skirtingiems išpurškimo kampams	40
23 pav. Putų tankio priklausomybė nuo slėgio	40
24 pav. Putų tankis: a – prie 3 barų esant skirtingiems išpurškimo kampų purkštukams; b – prie 6 barų esant skirtingiems išpurškimo kampų purkštukams.....	41
25 pav. Atstumo nuo purkštuko iki plaunamo paviršiaus įtaka nešvarumų pašalinimui (valymo efektyvumui) vandens srove: a – plaunant modulinę juostą <i>S2-0 FLT</i> ; b – plaunant modulinę juostą <i>S2-57 GRT</i>	42
26 pav. Purškimo kampo į plaunamą paviršių įtaka nešvarumų pašalinimui (valymo efektyvumui) vandens srove: a – plaunant modulinę juostą <i>S2-0 FLT</i> ; b – plaunant modulinę juostą <i>S2-57 GRT</i>	43
27 pav. Juostos sukimosi greičio įtaka nešvarumų pašalinimui (valymo efektyvumui) vandens srove, plaunant modulinę juostą <i>S2-0 FLT</i>	44

28 pav. Juostos sukimosi greičio įtaka nešvarumų pašalinimui (valymo efektyvumui) vandens srove, plaunant modulinę juostą <i>S2-57 GRT</i>	44
29 pav. Putojančių valymo priemonių kontakto laiko su nešvarumais įtaka nešvarumų pašalinimui (valymo efektyvumui), kai: a – plaunama <i>S2-0 FLT</i> modulinė juosta; b – plaunama <i>S2-57 GRT</i> modulinė juosta	45
30 pav. Purkštuko tiekiamo srauto ir išpurškimo angos dydžio įtaka nešvarumų pašalinimui (valymo efektyvumui) vandens srove, kai: a – plaunama <i>S2-0 FLT</i> modulinė juosta; b – plaunama <i>S2-57 GRT</i>	46
31 pav. Technologinė plovimo sistemos schema: 1 – vandens vožtuvas; 2 – vandens filtras; 3 – vandens rezervuaras; 4 – rankinė vandens sklendė; 5 – motorinis vandens siurblys; 5, 13, 14, 15, 20, 24 – atbulinis spyruoklinis vožtuvas; 7, 22, 25 – manometras; 8, 12, 26 – trieigis vožtuvas; 9 – ežektorius; 10 ir 11 – cheminių medžiagų talpos; 16 – oro filtras; 17– oro kompresorius; 18 – reguliuojamas slėgio mažinimo vožtuvas; 19 – rankinė oro sklendė; 21 – oro rezervuaras; 23 – 3/2 linijinis skirstytuvas; 27, 28, 29, 30 – purkštukai	51
32 pav. L formos trieigio vožtuvo tekėjimo kryptys	51
33 pav. Ežektorius	52
34 pav. Skysčio lygio jutikliai	53
35 pav. Slėgio jutikliai	54
36 pav. Žuvies skrodimo ir plovimo trijų aukštų transporteris	55
37 pav. Antgaliai: a – 25/30 purkštukas vandeniui su mėlyna apsauga; b – 50/200 purkštukas putoms su balta apsauga; c – 40/30 purkštukas dezinfekcijai su geltona apsauga	56
38 pav. Purkštukų išdėstymas: a – viršutinės juostos; b – apatinės juostos, c – vidurinės juostos ...	58
39 pav. SSGG analizė	63

Įvadas

Saugaus produkcijos gamybos proceso užtikrinimas yra didelis kasdienis iššūkis maisto pramonės įmonėms. Bet koks higienos reikalavimų pažeidimas gali turėti didelio masto padarinių visuomenės sveikatai – lemti greitai plintančias ir netgi mirtinas ligas. Be to, pačią įmonę tai neigiamai paliečia ir finansiškai.

Siekiant užtikrinti ir išlaikyti aukščiausią kokybės lygį, maisto gamintojai visame daugiastadijiniame gamybos procese turi laikytis itin griežtų higienos užtikrinimo principų. Tarp jų, itin svarbu rinktis aukščiausios kokybės žaliavas, tačiau daugiausiai pastangų ir investicijų skiriama aukščiausios kokybės maisto produktų gaminimo bei jų apdorojimo užtikrinimui [1].

Žinoma, kad didžiausia produkcijos užteršimo rizika maisto gamyboje yra per darbinius naudojamą įrangą paviršius, kurie lydi viso gamybos proceso metu: tiekiant pradinę žaliavą, atliekant pagrindines gamybos operacijas, pakuojant ir transportuojant jau galutinį gaminį. Populiariausias ir plačiausiai maisto pramonėje naudojamas įrenginys – konvejeriai, kurių yra daugybė tipų: ritininiai, sraigtiniai, grandininiai, moduliniai, homogeniniai juostiniai ir kt. Nesilaikant visų higienos reikalavimų – nešvarios konvejerio juostos kaupia mikroorganizmus bei prisideda prie kryžminio vieno produkto užteršimo kitu ir / ar vieno įrenginio mikroorganizmų pernešimu kitam [1]. Didžiausios problemos kyla, kai tarp produkto ir įrenginio atsiranda tiesioginis sąlytis [2]. Tokia problema ypač aktuali žuvies pramonėje, nes čia žuvies apdorojimas – darinėjimas, plovimas, rūšiavimas ir kitos operacijos yra vykdomos tiesiai ant konvejerio juostų [3].

Todėl, siekiant sumažinti bakterinio užteršimo pavojų ir garantuoti maisto saugą, naudojama įranga turi būti valoma po kiekvienos gamybos ir perdirbimo dienos [4, 5]. Tuo metu, žuvies perdirbimo atveju, taikomi dar griežtesni reikalavimai – čia naudojamos įrangos užteršimas žmogaus patogeninėmis bakterijomis *Listeria monocytogenes* yra didelis iššūkis, siekiant idealaus išvalymo lygio. Šie mikroorganizmai gali išgyventi netgi atšiauriausiomis aplinkos sąlygomis, o maisto gamyboje šių bakterijų ne tik neįmanoma visiškai kontroliuoti, be to, labai sunku sunaikinti [6]. Nors dauguma žuvies pramonei būdingų mikroorganizmų yra nepatogeniški, jie gali sugadinti šviežią žuvį ir sutrumpinti jos galiojimo laiką, o tai kelia didelę finansinę riziką sektoriui [7]. Net ir po įprastai atliekamo kruopštaus valymo ir dezinfekcijos, tam tikri mikrobai vis dar išlieka gyvybingi ir atsparūs dėl stipraus tarpusavio sukibimo ir bioplėvelės susiformavimo [8, 9].

Taigi, maisto gamybos sektoriuje vienas svarbiausių gamybos kokybės kontrolės užtikrinimo principų yra darbinių paviršių valymas ir jo efektyvumas. Pramoninis konvejerio juostų plovimas gali būti atliekamas rankiniu būdu, naudojant įvairias garų ar skysčių pagrindo sistemas, šepetčius, tačiau efektyviausiai panaudojami įvairiu slėgiu veikiantys vandens purkštukai, kurių kaip ir konvejerių yra daugybė rūšių.

Sprendžiant higienos problemas maisto pramonėje, taip pat atsižvelgiant į pramonės automatizavimo skatinimą ir dažniausiai mažo našumo įrenginių plovimo procesą, atliekama įvairių plovimo sistemų efektyvumo nustatymo ir optimizavimo tyrimų. Žuvies pramonėje naudojamų įrenginių valymas yra sudėtinga, brangi veikla, reikalaujanti daug fizinių pastangų ir vertinama kaip nepastovus procesas [10]. Jam atlikti reikalingos įvairios plovimo medžiagos – vanduo, dezinfekcinis skystis ir putų pavidalo plovimo medžiagos, kurioms reikalingas pritaikytas purkštukų parinkimas. Vis dėlto, pilnam būtent žuvies pramonėje naudojamų konvejerių plovimo proceso

režimo atradimui, šiandien labai trūksta realių tyrimų, aprašančių optimalų purkštukų plovimo ciklą, efektyvų plovimo medžiagų parinkimą ir kitokių plovimo proceso patobulinimų galimybes.

Todėl, baigiamojo darbo tikslas: atlikti modulinių konvejerio juostų plovimo tyrimą.

Uždaviniai:

1. nustatyti, kokie veiksniai lemia plovimo proceso efektyvumą;
2. nustatyti efektyviausią plovimo ciklą, naudojant plokščio tipo purkštukus;
3. įvertinti galimybę automatizuoti konvejerio juostų plovimo procesą;
4. įvertinti valymo sistemų medžiagų sąnaudas.

1. Transporterio juostų plovimo būdai

Paviršių valymas – tai procesas, kurį sudaro nešvarumų atskyrimas nuo paviršiaus ir jų pašalinimas. Naudojant šlapią valymą paviršiaus nešvarumai pašalinami naudojant šiluminės, cheminės ir fizinės energijų mišinį. Energijų balansas skiriasi priklausomai nuo fizinės procedūros ir ploviklio tipo. Kai kurie naudojami plovikliai reikalauja daug fizinės energijos (šveitimas) ir mažai cheminės energijos (rūgštinė kalkių šalinimo priemonė), o kiti turi daug cheminės energijos (neutralūs plovikliai) ir mažai fizinės energijos. Bendras paviršiaus nuvalymui reikalingas energijos kiekis didėja proporcingai didėjant nešvarumų sukibimui su paviršiumi [11].

Dėl maisto pramonėje nustatytų aukščiausių gamybos higienos reikalavimų valymo procesui skiriama daug dėmesio ir pastangų. Mažose gamybinėse įmonėse šiuos reikalavimus galima įvykdyti paviršių valymą atliekant mechaniškai – rankiniu būdu, vidutinio dydžio įmonėse gali būti vykdomas pusiau automatizuotas valymo procesas, o didelės įmonės renkasi visiškai automatizuotą valymo procesą.

Valymo būdo pasirinkimas gali priklausyti ir nuo nešvarumų kilmės, juostos tipo, ekonominių faktorių ir kitų veiksnių. Transporterių juostoms valyti ir dezinfekcijai atlikti naudojami įvairūs būdai:

- rankinis;
- aukšto slėgio plovimo įrenginiais;
- rotoriniais šepetiais;
- garais;
- aukšto ir žemo slėgio vandens purkštukais.

1.1. Rankinis valymas

Sąvoka „valymas rankiniu būdu“ apibūdina valymo procedūrą, kurios metu transporterio juostų ar kito įrenginio paviršius apdorojamas plovikliu, naudojantis valymo įrankiu, pvz., šepetiu, šveistuku arba valymo šluoste. Maisto gamybos sektoriuje rankinis mašinų, įrangos ir paviršių valymas yra populiariausias [11]. Metodas pasižymi lengvai kontroliuojamu plovimo procesu, mechaninę energiją galima paskirstyti ten kur jos labiausiai reikia, be to, pagal poreikį gali būti keičiamas cheminių medžiagų pobūdis, reikalingas jų kiekis bei temperatūra. Nepaisant to, valant rankiniu būdu reiks daug laiko ir pastangų, o veiksmingumas priklauso nuo žmoniškųjų faktorių [12]. Be to, valant didesnius plotus būtina užtikrinti operatoriaus saugumą: naudojama sąlyginai maža cheminių medžiagų koncentraciją bei žemesnė vandens temperatūra. Šiuo atveju paprastai naudojamas 40–45 °C temperatūros 1–2 % koncentracijos neutralus ploviklis, ketvirtinių amonio katijonų (angl. *QAC*) pagrindu pagaminto ploviklio arba lengvo / vidutinio stiprumo šarminio ploviklio tirpalas. Šie neagresyvūs plovikliai neveikia taip efektyviai kaip stipriai šarminės valymo medžiagos, todėl tai prailgina valymo proceso laiką ir padidina ekonomines lėšas [11].

1.2. Valymas aukšto slėgio plovimo įrenginiais

Maisto pramonėje labiausiai paplitęs pusiau automatizuotas transporterių valymo metodas. Plovimo procesui naudojama stacionari arba nešiojama vandens / ploviklių purškimo stotelė (žr. 1 pav.), taip pat, papildomai gali būti naudojami ir putų generatoriai [13], sumaišantys vandenį, ploviklį, orą ir pagaminantys tankias putas, kurios paduodamos žarna ir per specialų antgalį – purkštuką

išspurškiamos ant paviršių. Priklausomai nuo nešvarumų rūšies ir vandens kietumo, putų pavidalo plaunamajai medžiagai gauti paprastai naudojamas 3–5 % koncentracijos ploviklis [11]. Plovimas putomis leidžia išvengti greito cheminės kilmės ploviklio nutekėjimo nuo plaunamo paviršiaus ar nudžiūvimo ir taip padidina valomosios medžiagos ir paviršiaus sąlyčio laiką, o kartu ir paties valymo efektyvumą. Šiam valymo metodui nereikalingi dideli žmogiškieji ištekliai, nes įrangą be didelės fizinės jėgos nuplauti gali vienas žmogus, tačiau tokiam valymui reikia daug didelių vandens, žmogus ne visada pastebi visus nešvarumus, be to, priklausomai nuo valymo priemonės reikia keisti antgalius.



1 pav. Plovimo stotelė [13]

1.3. Valymas rotoriniais šepėčiais

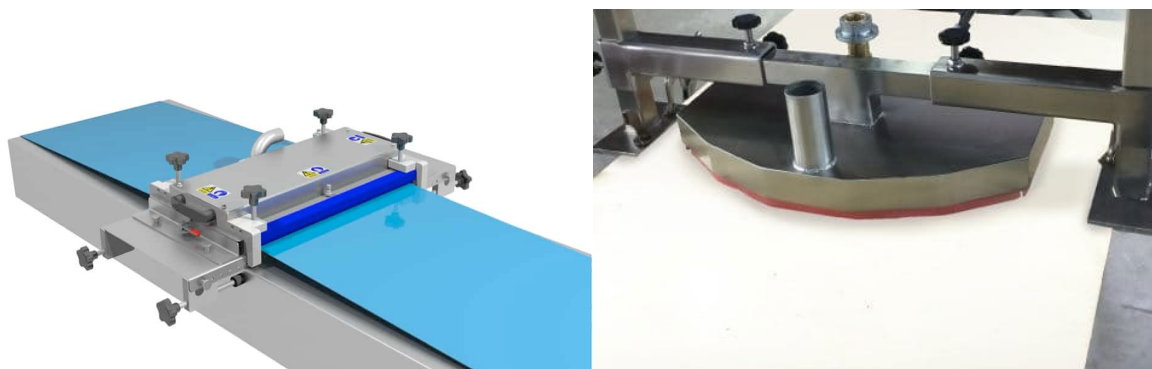
Pramoniniam valymui dažnai naudojami rotoriniai šepėčiai – besisukdami pavarų dėžės ir variklio pagalba jie tolygiai juda per konvejerio juostos paviršių ir jį nuvalo (žr. 2 pav.). Tokie šepėčiai gali keisti sukimosi kryptį, taip užtikrinant kokybiškesnį valymą [14]. Šepėčiai pasižymi paprasta konstrukcija, tačiau yra mažai pritaikomi siauroms ir sunkiai prieinamoms vietoms, be to, reikalingas jų plovimas. Tuo metu, šis valymas puikiai tinkamas homogeninėms (lygaus paviršiaus) juostoms, priešingai nei modulinėms, kurių griovelių šereliai nepasiekia ir neišvalo. Tačiau svarbu atsakingai parinkti šepetį, nes netinkamas jo naudojimas gali pažeisti juostą.



2 pav. Rotoriniai šepėčiai pramoniniam valymui [14, 15]

1.4. Valymas garais

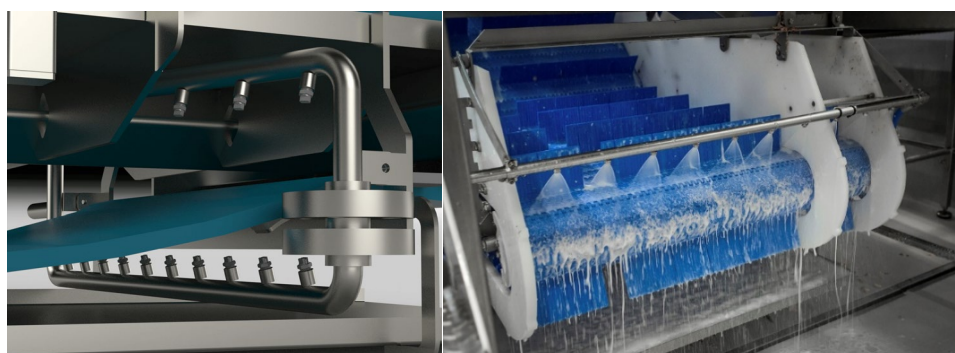
Valymui ir dezinfekavimui naudojami iki 192 °C temperatūros vandens garai, todėl nešvarumų pašalinimui šiuo metodu nėra reikalingos cheminės medžiagos. Garais valančią sistemą (žr. 3 pav.) sudaro galingas siurblys, kuris lengvai pašalina dulkes, didesnius maisto likučius bei išdžiovina juostą. Valymas garais dažniausiai naudojamas homogeninių juostų valymui [16, 17]. Šis metodas pasižymi mažomis vandens sąnaudomis, „švaresniu“ poveikiu aplinkai ir nereikalauja didelės priežiūros, tačiau šią sistemą, kaip ir rotorinius šepetčius, yra sunku pritaikyti sąlyginai mažiems plotams.



3 pav. Garais valančios sistemos [18]

1.5. Valymas aukšto ir žemo slėgio vandens purkštukai

Pramoninių įrenginių paviršiai efektyviai plaunami naudojant automatizuotus purkštukus. Jie gali būti naudojami su įvairiomis cheminėmis medžiagomis bei įvairiomis jų būsenomis. Vis dėlto išsirinkti tinkamus purkštukus nėra taip paprasta, nes reikia atsižvelgti į cheminių medžiagų prigimtį, nešvarumų pobūdį, vandens temperatūrą ir kita. Purkštukų sistema (žr. 4 pav.) yra nesudėtingos konstrukcijos ir yra plačiai pritaikoma įvairiems paviršiams ir įvairių tipų juostoms, reikalauja mažai priežiūros, o jų valymo procesą galima automatizuoti. Pagrindinis purkštukų sistemos trūkumas yra jos priklausomybė nuo skirtingų plovimo medžiagų, kurioms reikalingas atskiras purkštukų parinkimas.



4 pav. Plovimas naudojant purkštukus [19, 20]

1.6. Valymo metodų vertinimas ir jų pritaikymas žuvies perdirbimo pramonėje

Konvejerio juostoms valyti yra naudojama daug skirtingų valymo sistemų, pasižyminčių savais privalumais ir trūkumais. Vis dėlto, ne kiekvienas valymo būdas yra tinkamas ar efektyvus žuvies

pramonėje, kur darbo vietoje yra šlapia, be to, jos valymui naudojamos įvairios bei skirtingos fizinės būsenos cheminės medžiagos.

Remiantis analize, pasirinkti pagrindiniai vertinimo kriterijai ir atliktas valymo sistemų palyginimas, kuris pateiktas 1 lentelėje.

1 lentelė. Valymo sistemų palyginimas

Valymo metodas Vertinimo kriterijus	Rankinis	Aukšto slėgio plovimo įrenginiais	Rotoriniais šepčiais	Garais	Aukšto ir žemo slėgio vandens purkštukai
Reikalingi žmogiškieji ištekliai	+	+	+	-	-
Tinka homogeninėms juostoms	+	+	+	+	+
Tinka modulinėms juostoms	+	+	-	-	+
Mažos vandens snaudos	-	-	+	+	-
Valymo priemonių įvairovė	+	+	-	-	+
Automatizuota arba pusiau automatizuota sistema	-	-	+	+	+

čia: „+“ – valymo metodas atitinka vertinimo kriterijų; „-“ – valymo metodas kriterijaus neatitinka.

Apibendrinant, galima paminėti, kad žuvies pramoninėje gamyboje dažniausiai naudojamos pusiau automatinės ir automatinės valymo sistemos, kurių komplektacijoje yra tiek vandeniui, tiek kitoms skystos, ar putų formos cheminėms valymo priemonėms tinkami purkštukai. Be to, lyginant įvairias valymo technikas ir jose naudojamas priemones, purkštukai iš konkurentų išsiskiria dideliu funkcionalumu, nesudėtinga, mažai priežiūros reikalaujančia konstrukcija, galimybe automatizuotis bei pritaikomumu įvairių konvejerio juostų tipams. Vis dėlto, priklausomai nuo nešvarumų kilmės ir valymo ciklo, purkštukais plaunant gali prireikti daug vandens ir cheminių medžiagų. Todėl kitame skyriuje bus išsamiau išnagrinėti purkštukų tipai bei jų veikimo efektyvumą lemiantys veiksniai.

2. Purkštukų tipai

Purškimo sistemą sudaro rezervuaras, su laikomu plaunančiu skysčiu, kuris naudojant siurblius, slėgį arba gravitacines padavimo sistemas perduodamas į vieną ar daugiau išėjimų, vadinamų purkštukais. Norėdamas sukurti skysčio purškimo raštą (angl. *pattern*) ir tuo pačiu metu nukreipti srautą norima kryptimi, purkštukas išskaido skystį į lašelius ir jo energiją paverčia kinetine energija [21]. Purkštukas nustato atstumus tarp lašelių, purškimo tūrį konkrečiam darbiniam slėgiui bei judėjimo greičiui [22]. Hidrauliniai purkštukai, dvigubi skysčių purkštukai, oro indukciniai purkštukai ir purkštukai su oro padavimu (angl. *air assisted*) yra vieni pagrindinių purkštukų tipų. Kiekvienas iš jų pasižymi specifinėmis savybėmis ir techninėmis galimybėmis, leidžiančioms juos plačiai pritaikyti [23].

Plokščių paviršių plovimui paprastai naudojami hidrauliniai purkštukai (žr. 2 lent.) [24]:

- standartinis plokščio purškimo;
- didelio slėgio plokščio purškimo;
- plataus kampo plokščio purškimo;
- pilno kūgio purškimo;
- tuščiaviduriai kūgio purškimo.

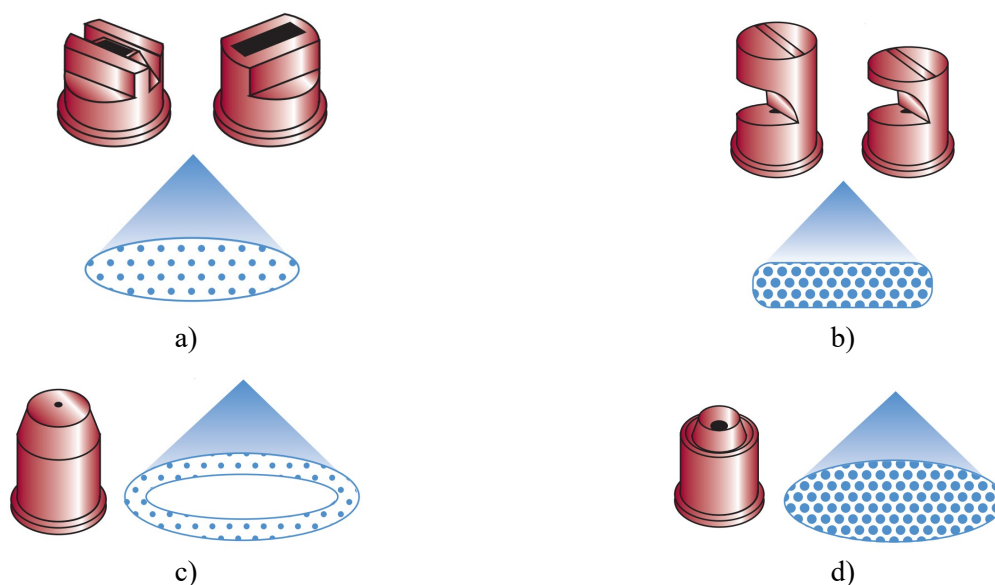
2 lentelė. Purkštukų tipai ir pagrindiniai jų parametrai [22, 24]

Tipas	Purškimo angos dydis	Srauto greitis (l/min)	Maksimalus darbinis slėgis (bar)	Purškimo kampas	Plovimo operacija	Papildoma informacija
Standartinis plokščio purškimo	Nuo mažo iki vidutinio	0,14-944	35	0°-110°	Skalavimas, plovimas, didelio poveikio valymas	Puikiai plauna, kai purkštukai yra išdėstyti jiems persidengiant – taip užtikrinant vienodą srauto paskirstymą. Valant dideliu poveikiu, siūloma naudoti siaurus purškiklius arba 0° purškimo kampą (vientiso srauto srovę)
Didelio slėgio plokščio purškimo	Nuo mažo iki didelio	1,0-290	200	0°-65°	Skalavimas, plovimas, didelio poveikio valymas	Srauto turbulencijos mažinimui, purškimo vientisumo užtikrinimui ir efektyvumo didinimui naudojama vidinė kreipiamoji mentė
Plataus kampo (angl. <i>flood</i>) plokščio purškimo	Didelis	0,11-410	4	75°-150°	Skalavimas, plovimas	Purkštuko plovimo zonoje nėra stačių kampų, jis turi nuoseklų purškimą, todėl puikiai tinka skalavimui
Pilno kūgio purškimo	Nuo vidutinio iki didelio	0,29-65	10	45°-120°	Skalavimas, plovimas	Idealiai tinka chemikalų ir kitų likučių skalavimui
Tuščiaviduriai kūgio purškimo	Mažas	0,19-145	7	35°-144°	Skalavimas, plovimas	Atviri srauto kanalai geriausiai tinka plovimui ir skalavimui – jie užtikrina efektyvų valymą ir skalavimą, mažiau užsikimšdami ir maksimaliai padengdami paviršius.

Pastaba: šioje lentelėje pateikti gamintojo *Spraying Systems Co* nurodyti parametrai, kurie gali keistis priklausomai nuo gamintojo.

Purkštukų tipai tiesiogiai pavadinti pagal skysčio srauto išpurškimo modelį (žr. 5 pav.).

Yra du plačiai taikomi plokščio purškimo rašto gavimo būdai, kai išpurškama iš elipsės formos angos (žr. 5 pav. a) arba srautą nukreipiant kampu (žr. 5 pav. b). Į elipsės formos purkštuką skystis patenka lygiagrečiai ašiai, jis tiekiamas į slėgio kamerą (angl. *pressure chamber*) ir išpurškiamas elipsės formos raštu. Nukreipimo kampą turinčiame purkštuke skystis esant spaudimui tiekiamas į apvalią išėjimo angą, iš kurios jo srautas nukreipiamas lygiu lenktu paviršiumi ir įgauna plokščios srovės formą. Srauto raštas ir purškimo kampas atitinkamai apibrėžiami pagal angos krašto profilį ir geometriją. Šios sudėtingos konstrukcijos privalumas yra stipresnio srauto smūgio užtikrinimas, išlaikant tą patį tiekimo slėgį. Pilno kūgio formos purkštukas (žr. 5 pav. d) išlaiko purškimo raštą, esant įvairiems slėgiams ir srautams ir gali generuoti didžiulius, tolygiai paskirstytus lašelius ir didelius jų srautus. Tuščiavidurio kūgio formos purkštuko (žr. 5 pav. c) pavadinimas taip pat nusako jo purškimo raštą – skystis labiau susikoncentruoja rašto pakraščiuose, mažiau – jo centre ir sudaro žiedo formos smūgio sritį. Svarbu, kad bet koks kūginio rašto purkštukas nukreiptas tiesiai į purškiamą paviršių, nesuteikia vienodos tikslios srauto sklaidos. Tuo metu, tuščiaviduriai kūginiai purkštukai puikiai išpurškia mikroskopinius lašelius, kurie juda pakankamai greitai ir kompensuoja rašto homogeniškumo trūkumą [25].



5 pav. Purkštukų formuojami raštai: a – standartinis plokščio purškimo ir didelio slėgio plokščio purškimo; b – plataus kampo plokščio purškimo; c – tuščiavidurio kūgio purškimo; d – pilno kūgio purškimo [23]

Vis dėlto, plataus kampo plokščio purškimo, tuščiavidurio ir pilno kūgio formos purkštukus galima pritaikyti tik skalavimo ir plovimo operacijoms, šiuo atveju, esant didelės jėgos poreikiui – pašalinant sunkius, prie paviršiaus prilipusius nešvarumus žuvies pramonėje, jie yra neefektyvūs. Tokią sudėtingesnę plovimo operaciją galima atlikti, naudojant standartinio plokščio purškimo ir didelio slėgio plokščio purškimo purkštukus. Didelio slėgio plokščio purškimo rašto purkštuko maksimalus darbinis slėgis siekia net 200 barų, kurie nėra reikalingi valant konvejerio juostas, nes plovimo stotelių slėgis siekia vos 25 barus. Šiuo atveju tinkamiausias yra standartinis plokščio purškimo purkštukas: jis turi platų išpurškimo kampą ir srauto greičių pasirinkimą, kurie leidžia jį puikiai pritaikyti kiekvienai naudojamai cheminei medžiagai ir jos formai. Be to, rinkoje siūlomas platus šio tipo purkštukų pasirinkimas, o tarp populiariausių gamintojų žinomi – „*Spraying Systems Co*“, „*Bete*“, „*TeeJet*“, „*Lechler*“ ir kiti.

3. Valymo efektyvumą lemiantys veiksniai

Atsižvelgiant į didėjančią maisto gamybos proceso lankstumą ir mažėjančią operacijų kiekį, siekiant sutaupyti laiko ir išteklių didėjant valymo etapų skaičiui, valymo efektyvumas tampa vis svarbesniu. Vienas iš galimų būdų išvengti didelio valymo proceso etapų skaičiaus ir kartu užtikrinti gaminio saugumą yra valymo procedūrų modeliavimas bei jų optimizavimas. Todėl pastaruoju metu, trūkstant žinių apie įvairius valymo procesui įtakos turinčius veiksnius, atliekami šį procesą optimizuoti ir modernizuoti padėsiantys tyrimai.

Remiantis tyrimų rezultatais – valymo efektyvumui įtakos turi tokie veiksniai kaip plaunamų nešvarumų kilmė, plovimui naudojamų cheminių ploviklių prigimtis, jų fizinė forma, temperatūra, slėgis sistemoje, purškimo kampas bei purkštuko atstumas iki plaunamo paviršiaus. Visi svarbiausi veiksniai plačiau aptarti tolimesniame skyriuje.

3.1. Nešvarumų kilmė

Apdorojant žuvų gamybinės įrangos – konvejerio juostų paviršius užteršiamas sunkiai pašalinamais maisto likučiais: žvynais, krauju, taukais ir kitomis liekanomis. Be to, gaminant bet kokią produkciją ant paviršių patenka dulkių, tepalų, valiklio likučių, dėl kieto vandens susidaro druskų nuosėdos ir t. t. Nors toks nešvarumų mišinys atskirais atvejais gali būti sunkiai nuplaunamas, tačiau tai pasiekti galima naudojant teisingai parinktus purkštukus ir papildomas priemones.

3.2. Valymo ir dezinfekavimo priemonės

Siekiant maisto gamybos sektoriuje užtikrinti aukščiausius higienos standartus, įrenginių priežiūrai ir jų plovimui naudojamas ne tik vanduo, bet ir įvairios prigimties ir paskirties cheminiai plovikliai, o paviršių apdorojimas baigiamas dezinfekcija.

Transporterių juostų valymo procesas paprastai vyksta tokia eiga [10]:

1. stambių maisto likučių pašalinimas;
2. įrangos išardymas (jei tai yra reikalinga);
3. paviršių nuplovimas vandeniu;
4. paviršių apdorojimas (padengimas) plovikliu (paprastai šarminės kilmės);
5. ploviklio veikimo laikotarpis (nuo 5 iki 15 minučių);
6. ploviklio nuplovimas vandeniu;
7. paviršiaus nuplovimo kokybės įvertinimas;
8. paviršiaus dezinfekavimas.

Plovimo procese naudojamas ploviklis padeda greičiau ir efektyviau pašalinti tvirtai prikibusius nešvarumus. Jo pasirinkimą lemia nešvarumų rūšis, valomo paviršiaus kilmė, vandens kietumas, darbų sauga ir daugelis kitų veiksnių. Dauguma pramonėje naudojamų ploviklių pasižymi emulsinėmis savybėmis ir veikdami sukelia chemines reakcijas. Stiprūs šarminiai plovikliai naudojami tik esant dideliame nešvarumų kiekiui. Jie tinkami naudoti įvairiomis formomis, pvz., gelių arba putų, kurios nenubėga ir skirtos ilgalaikiam kontaktui su paviršiais. Pramonėje naudojami ir bendrosios paskirties neutralūs arba švelnūs šarminiai plovikliai, kurie ypač veiksmingi plaunant riebalus ir aliejus [11].

Paviršių apdorojimas baigiamas jų dezinfekcija, kurios metu sunaikinami produkcijos kokybę bloginantys ir ligas sukeltantys mikroorganizmai. Šiuo metu naudojama ne viena dezinfekavimo priemonė, turinti skirtingą savo aktyvumo spektrą ir veiksmingumą [26]. Transporterių juostų dezinfekavimo procese gali būti naudojamos neutralios, silpnai rūgštinės arba silpnai šarminės dezinfekcijos priemonės, sujungiančios neutralaus ploviklio valymo savybes su tam tikru dezinfekcijos laipsniu. Žuvies apdorojimo operacijose naudojami ir labai šarminiai chlorinti dezinfekciniai skysčiai, kurie puikiai pašalina tiek riebalus, tiek baltymus [11].

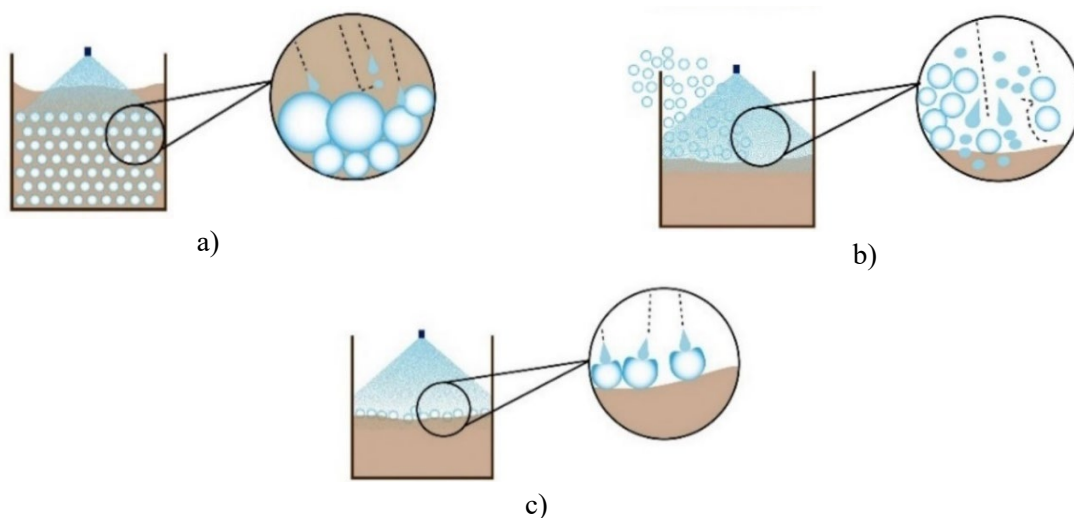
Naudojami ir rūgštinės kilmės plovikliai, tačiau jie pritaikomi retai, nes ardo gamybinės įrangos paviršius. Rūgštiniai plovikliai naudojami mineralinių nuosėdų ir baltymų pašalinimui [11].

Svarbu, kad valymo priemonės efektyvumas labai priklauso tiek nuo jos koncentracijos, tiek nuo jos kontakto su apdorojamu paviršiumi laiko.

3.3. Valymo priemonės forma

Cheminės valymo priemonės gali naudojamos skirtingomis formomis – emulsijos, gelio, skysčio ar putų. Naudojant skystus neputojančius valiklių tirpalus ir plaunant su putojančiomis priemonėmis, pastarųjų veikimas gali būti kur kas efektyvesnis. Tai įrodė V. Andreev'as ir kt. [27], atlikę silicio plokštelių, užterštų prilipusiomis Si_3N_4 dalelėmis, plovimo skysčiu ir putomis tyrimą. Nustatyta, kad naudojant neputojančias suspensijas, jų valymo efektyvumas siekė apie 70 %, tuo metu, putojanti suspensija leido greičiau pašalinti didžiąją dalį dalelių – efektyvumas net 90 %. Be to, remiantis kitais tyrimais [28], naudojant putojančią priemonę galima sunaudoti iki 90 % mažiau cheminės valymo priemonės koncentrato nei naudojant atitinkamą neputojančią valymo tirpalą.

Dar vienas ypatumas, leidžiantis putoms efektyviai veikti, yra tirpalo įsiskverbimas į putas sudarančių oro burbuliukų vidų, kuris užtikrina valančių putų stabilumą ant plaunamų paviršių. Skysčio įsiskverbimą į oro burbuliukus ir jį lemiančius veiksnius ištyrė Mensire'as ir kiti [29]. Nustatyta, kad skysčio įsiskverbimas priklauso nuo burbuliukų dydžio bei juose esančio slėgio: kuo mažesnis burbulo dydis ir kuo didesnis slėgis jame, tuo didesnis skysčio kiekis yra absorbuojamas. 6 paveiksle pateiktos schemas, kuriose pavaizduotos skirtingos purkštuku išpurkštų burbulų ir skysčio lašų dydžių proporcijos ir jų įtaka susidarančių putų stabilumui [30].



6 pav. Oro burbulų ir skysčio lašų dydžių skirtumai: a – didelis oro burbulas ir mažas lašas; b – mažas oro burbulas ir didelis lašas; c – vienodo dydžio oro burbulas ir lašas [30]

Paveikslo a dalyje matoma, kad oro burbulas yra daug didesnis už skysčio lašą, todėl šis nesugeba patekti į jį (žr. 6 pav. a), atvirkščias atvejis pavaizduotas b dalyje – čia lašas yra didesnis už oro burbulą (žr. 6 pav. b), čia smulkūs burbulai gali būti tiesiog nuplaunami kitų, į burbulus nepatekusių lašų, taip jiems neleidžiant ilgai pasilikti ant paviršiaus, tuo metu c schemoje pavaizduoti burbulai ir skysčio lašai yra panašaus dydžio (žr. 6 pav. c), tai leidžia skysčiui tolygiai įsiskverbti į oro burbulą ir stabilizuoti putas prie paviršiaus [30].

Labai svarbu, kad burbuliukai kuo ilgiau išliktų ant paviršiaus ir nesprogtų, t.y. putose turi būti mažos skysčių frakcijos, o putos nenubėgti nuo paviršiaus. Kuo mažesni burbuliukai, tuo didesnis jų sąlytis su paviršiumi, o tai dar labiau pagerina valymo procesą [28].

Taigi, valymas putomis yra laikomas efektyviu, nes iš putų neišteka valymo tirpalas, nenudziūsta nuo paviršiaus, jos gerai išmirko nešvarumus, lengviau juos pašalina, o tai leidžia sutrumpinti valymo procedūros laiką.

3.4. Temperatūra

Vandens temperatūra turi įtakos nešvarumų suskaidymui, paviršių valymo greičiui ir jų dezinfekavimui. Ideali vandens temperatūra valant transporterio juostas yra nuo 47 °C iki 54 °C [31].

Mokslininkas J. M. Scott'as ištyrė valymo efektyvumą priklausomybę nuo įvairių veiksnių, tarp kurių – temperatūra [32]. Tyrimo metu valymo procesas atliktas vandeniui, kurio temperatūra svyravo nuo 4 °C iki 50 °C. Nustatyta, kad iki 20 °C temperatūra turėjo mažai įtakos valymo efektyvumui, o nuo 20 °C efektyvumas tolygiai augo. Padidinus temperatūrą valymo efektyvumas pagerėja, nes šiluminė energija papildo bendrą išpurškimo energiją. Tiesa, plovimo efektyvumas visada priklausys nuo nešvarumų kilmės, šiuo atveju, tyrime naudoti nešvarumai, kurių pagrindą sudarė baltymai.

Plaunant su plovikliu, vandens temperatūra taip pat yra svarbi, nes aukštesnė temperatūra spartina ploviklio ir nešvarumų cheminę reakciją, kurios metu pastarieji yra lengviau ir greičiau pašalinami [11]. Svarbu, kad maždaug 66 °C yra aukščiausia daugelio tirpiklių sistemų temperatūros riba. Aukštesnėje temperatūroje putos praranda stabilumą – suyra ir tampa nebenaudingomis. Dauguma aktyvių putojančių medžiagų efektyviai veikia ir esant žemoms temperatūroms, pvz., 43 °C arba net ir žemesnės. Dėl paviršiaus aktyviųjų medžiagų (PAM) stabiloms ir efektyvioms putoms išgauti dabar įmanomas platesnis temperatūros diapazonas [33].

3.5. Vandens, plovimo priemonių ir dezinfekcinių priemonių kontakto laikas su nešvarumais

Siekiant maksimaliai padidinti ploviklio efektyvumą, reikalingas pakankamas jo sąlyčio su paviršiuje esančiais nešvarumais laikas [11]. Įvairiuose tyrimuose įrodyta, kad nešvarumus mirkant vandeniui yra daug lengviau juos pašalinti. Vienas iš tokių tyrimų buvo atliktas R. Murcer'as ir kolegų [34]. Tyrimo metu pasirinkti nešvarumai – su vandeniui sumaišyti kiaušinio trynio milteliai. Pastos konsistencijos masė užtepta ant plokštelės, tuomet ji naudojant purkštukus padengta vandeniui ir markinta 150, 300 ir 450 sekundžių. Nustatyta, kad ilgėjant nešvarumų mirkymo laikui, vis mažesnis slėgis reikalingas jiems pašalinti, pvz., mirkant 450 sekundžių ir plaunant vandeniui, kai purkštukas yra 90° kampu į paviršių reikalingas 0,7 baro slėgis, mirkant 300 sekundžių

reikalingas slėgis yra 2 barai, o mirkant 150 sekundžių – 5,2 baro. Galima spėti, kad ilgėjant kontakto laikui, norint pašalinti nešvarumus nuo paviršiaus, reikės vis mažiau fizinių pastangų.

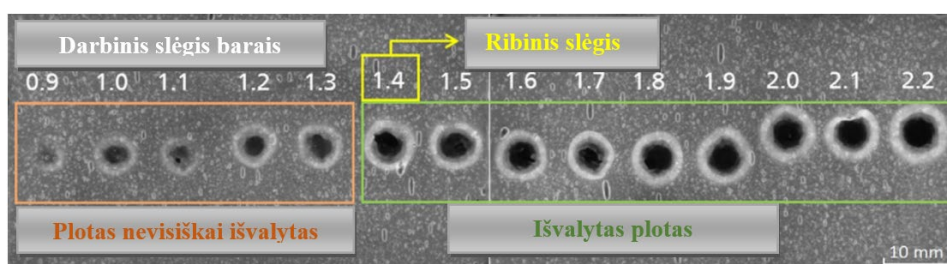
Toks pat dėsnis galioja plovimo procese naudojant cheminius ploviklius ir dezinfekcines priemones. Valikliu apdorotus paviršius rekomenduojama palikti 15 minučių [10], žinoma, atsižvelgiant į ploviklio koncentraciją bei nešvarumų pobūdį. Paminėtina tai, kad dezinfekcinė priemonė efektyvi jai su paviršiumi kontaktuojant vos 5 minutes. Tiesa, dažniausiai rekomenduojama dezinfekciją vykdyti 15–20 minučių. Nesilaikant rekomenduojamos kontakto trukmės, bakterijų kiekis ant valomo paviršiaus gali viršyti leistiną normą [11].

3.6. Greitis

Konvejerio juostos judėjimo greitis taip pat turi įtakos, siekiant geriausių rezultatų jų plovimo proceso metu. Greičio įtaka plovimo efektyvumui įrodyta Y. Lee'o ir kitų [35], atlikus tyrimą su langų valymo robotu. Jis langų valymui naudojo didelio slėgio vėduoklės tipo purkštukus ir plaudamas judėjo skirtingu – 3 m/min. ir 6 m/min. greičiu. Tyrimo metu nustatyta, kad valant mažesniu greičiu valymo efektyvumas yra didesnis, nes padidėja valymo medžiagos ir paviršiaus sąlyčio laikas. Vis dėlto, slėgis, purškimo atstumas ir purškimo kampas šiame tyrime turėjo didesnę įtaką.

3.7. Slėgio ir purškimo kampo į paviršių įtaką

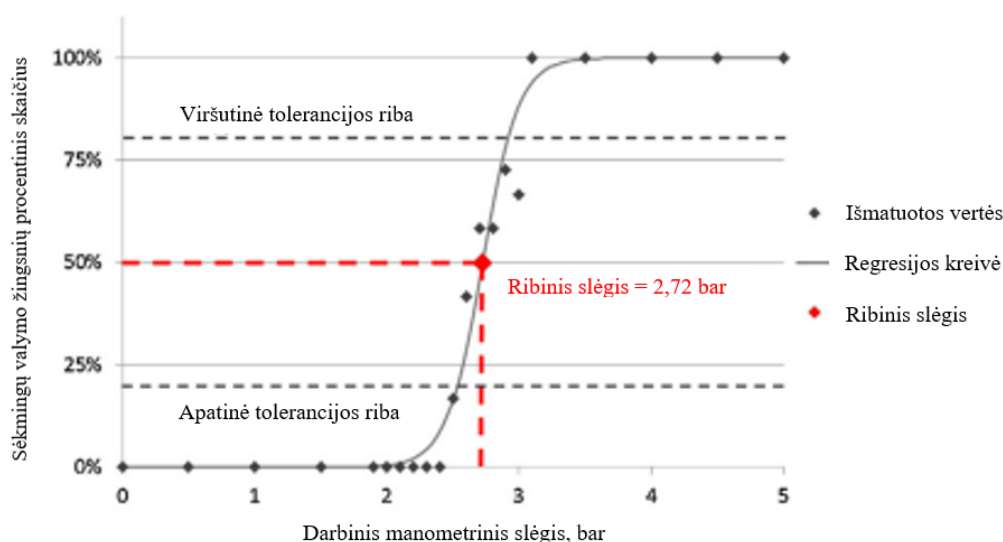
Kiekvienam purkštukui yra rekomenduojamas darbinis slėgis, kuriam esant pasiekiamas didžiausias valymo efektyvumas. Tačiau keičiant jį, keičiasi ir medžiagos išpurškimo kampas bei srautas (l/min) (žr. 4 lent.). Be to, slėgio keitimas turi įtakos ir valymo kokybei. Mokslininkų [34, 35]. įrodyta, kad, naudojant aukštą slėgį, yra gaunami geresni valymo rezultatai. Mokslininkas R. Murcer'as atliko bandomuosius valymus, kaip teršalą naudojant vazeliną, nes šiai medžiagai nuplauti nereikalinga aukšta temperatūra, be to, nereikia skirti papildomo laiko jos mirkymui [34]. Bandyje purkštukas orientuotas 90 mm atstumu virš vazelinu padengtos, iš nerūdijančio plieno AISI 304 su 2B apdaila pagamintos plokštelės. Naudoto „Lechler 544,360“ purkštuko angos skersmuo buvo 0,84 mm, srautas – 0,45 l/min. esant 1 bar ir 1,00 l/min. esant 5 barams, praplovimui naudotas skystis – vanduo. Vazelinu užterštas plokštelės paviršius nuplautas, jį paveikus skirtingais – nuo 0,9 iki 2,2 baro slėgiais (žr. 7 pav.). Eksperimentiniame valymo procese jo efektyvumas įvertintas pagal purkštuko išpurškimo rašto skersmenį, t. y. šiam skersmeniui sutapus su nuvalyto paviršiaus skersmeniu, bandymas laikomas pavykusiu, o nustatytas slėgis – efektyviu. Ištirta, kad vazelinui pašalinti nuo paviršiaus ideali darbinio slėgio vertė yra 1,4 baro, tuo metu, esant didesnėms jo vertėms, išvalyto paviršiaus plotas nebekito – efektyvumas irgi liko pastovus [34].



7 pav. Plovimo rezultatai, esant skirtingiems darbiniam slėgiams [34]

Panašius rezultatus gavo Y. Lee'as, taikydamas *Taguchi* metodą, kuriuo optimizavo purškimo slėgį. Tyrimas atliktas modeliuojant roboto, skirto pastatų sienoms ir (ar) langams valyti, veikimą. Tyrimui buvo naudojami trys skirtingi plokščio tipo HM-V purkštukai, kurių purškimo kampai – 15°, 25° ir 40° (esant 6 barų slėgiui), o padėtis statmena (90°) valomam paviršiui. Organinės kilmės nešvarumams valyti parinkta alkoholio pagrindu pagaminta valymo priemonė. Nustatyta, kad valymo efektyvumas aukštame slėgyje buvo daug didesnis nei valant žemame slėgyje [35].

Tuo metu, esant mažesniai nei 90° valymo kampui, rezultatai stipriai skyrėsi. Nustatyta, kad norint pasiekti tuos pačius rezultatus, pakeitus purkštuko kampą į mažesnę, plovimui reikalinga didesnė plovimo jėga (didesnis slėgis). Be to, mokslininkai atrado, kad rezultatams galima pritaikyti sigmoidinę regresinę funkciją (žr. 8 pav.) [34], nusakančią purškimo slėgio ir kampo įtaką plovimo efektyvumui.



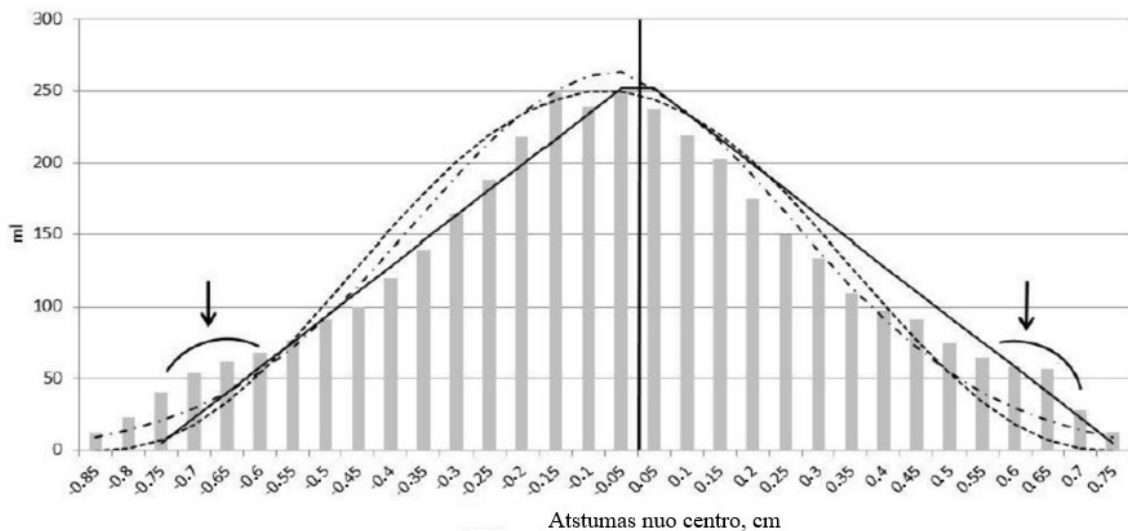
8 pav. Vazelino plovimo ribinio slėgio nustatymas, esant 45° purškimo kampui į paviršių [34]

Ištirta, kad, norint efektyviai nuplauti vazeliną 45° kampui, darbinis ribinis slėgis turi siekti 2,72 baro, atitinkamai, 60° kampui – 2,29 baro, 70° kampui – 1,87 baro, 80° kampui – 1,71 baro, 90° kampui – 1,65 baro [34].

Panašius rezultatus gavo ir mokslininkas J. M. Scott'as [32]. Jis savo bandyme valė baltyminio pobūdžio nešvarumus nekeisdamas slėgio, tik kampo į plaunamo paviršiaus vertę nuo 90° iki 0°. Ištirta, kad, keičiant paviršiaus kampą ašies atžvilgiu nuo 90° iki 30°, efektyvumas prarandamas beveik tiesiškai, o po to jis krenta greičiau. Geriausiam valymo efektyvumui užtikrinti, nekeičiant slėgio ar norint jį išlaikyti optimalų, purškimo kampas turi būti kuo statesnis – tuomet bus reikalingas mažiausias slėgis [32, 34].

3.8. Išpurškimo kampas

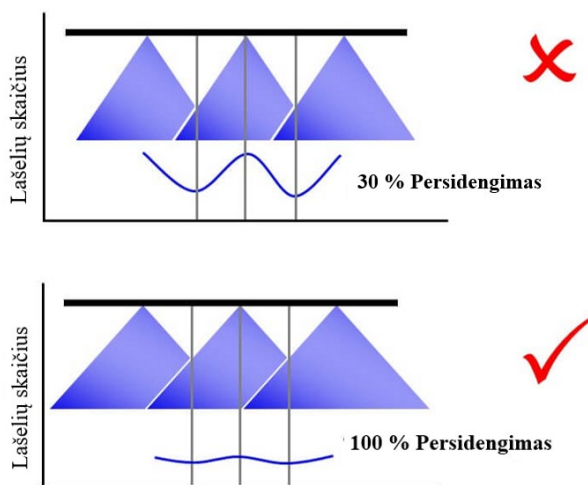
Skysčio pasiskirstymo visame purškimo paviršiuje tolygumas yra vienas iš veiksnių, lemiančių valymo proceso efektyvumą. Plokščių purkštukų išpurškimo kampas svyruoja nuo 15° iki 110°, priklausomai nuo gamintojo, tačiau labiausiai paplitę yra 65°, 80° ir 110° [23]. Didžiausias kiekis skysčio yra išpurškimas ties viduriu, o tolstant nuo jo, medžiagos išpurškimo kiekis mažėja. Tai ir įrodė mokslininkas Kluza's [36], naudodamas „*Teejet 110 04 VS*“ purkštuką 0,2 MPa slėgiu ir 500 mm purškimo artumu. Tyrimo rezultatai pateikti 9 paveiksle.



9 pav. Išpurčiamos medžiagos pasiskirstymas [36]

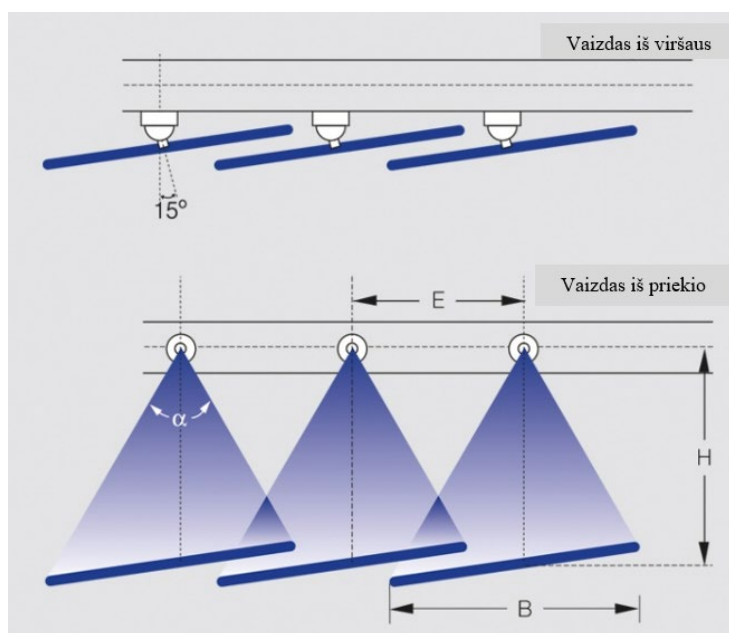
Išpurkštos valomosios medžiagos pasiskirstymo įtaka plovimo efektyvumui analizuota atlikus Y. Lee'aus bei kolegų tyrimą, kuriame naudoti pasirinkti trijų skirtingų kampų – 15°, 25° ir 40°, prie langų valymo roboto pritvirtinti purkštukai. Nustatyta, kad purškiant sąlyginai mažais – 15°, 25° kampais, valymo efektyvumas smarkiai sumažėjo net ir centrinėje ploto dalyje. Tai įvyko, tikėtina, dėl susidariusio disbalanso, nes srauto greitis vandens purškimo srityje buvo nevienodas. Purškiant mažu kampu padengtas mažesnis plaunamo paviršiaus plotas, tuo metu, naudojant didesnę – 40° kampą, pasiektas didžiausias plovimo efektyvumas, o vandens purškimas į šonus mažėjo tolygiai [35].

Norint tolygiai paskirstyti skystį visame valomame plote, purškimo srovę rekomenduojama perdengti [23]. Dažniausiai yra rekomenduojamas 30–50 % persidengimas, kad lašeliai užpildytų visus galinčius atsirasti tarpus. Tačiau nustatyta, kad 30 % persidengimas yra nepakankamas, nes susidariusių mažų ir didelių lašelių nėra daug. Nepaisant to, kad parsiskirstymas yra geras, tačiau ant plaunamo paviršiaus gali atsirasti dryžiai [37]. Todėl, norint tolygiai paskirstyti tiek mažus, tiek didelius lašelius, yra rekomenduojama 100 % persidengimas (žr. 10 pav.) [23, 38].



10 pav. Išpurkšto srauto persidengimas valomame plote [37]

Svarbu, kad sistemoje vienoje eilėje naudojant kelis purkštukus jie būtų pagaminti iš tos pačios medžiagos, būtų to paties tipo ir vienodo išpurškimo kampo, priešingu atveju, skirtingi purkštukai sukurs netolygų srovės pasiskirstymą. Purkštukai ant jų tvirtinimo vamzdžio (kolektoriaus) turi būti išdėlioti vienodu atstumu, o mazgas nuo plaunamo paviršiaus turi būti tokiu atstumu, kad srovės persidegtų tiek procentų, kiek nurodyta gamintojo techniniuose reikalavimuose, o paviršius skysčiu būtų padengtas vienodai [23]. Be to, rekomenduojama purkštukus pasukti 5–15° kampu, kad jų srovės nesusikirstų kaip 11 paveiksle pateiktoje schemoje [38]. Vis dėlto, priklausomai nuo situacijos, esant minimaliam poreikiui gali būti naudojamas ir tik vienas purkštukas.



11 pav. Purkštukų išdėstymas [38]

3.9. Atstumas iki paviršiaus

Dar vienas valymo efektyvumą lemiantis veiksnys yra atstumas nuo purkštuko iki plaunamo paviršiaus. Mokslininkas J. M. Scott'as [32] tyrė purkštukų plovimo efektyvumo priklausomybę nuo atstumo tarp jų ir plaunamo, pieno likučiais užteršto metalinės talpos paviršiaus. Tyrime naudotas vėduoklės tipo 60° kampo purkštukas, kuris orientuotas 25, 40, 60, 90 ir 120 cm atstumu nuo paviršiaus, o eksperimentiniai duomenys fiksuoti iš purškimo centro. Bandymai buvo atlikti esant penkiems skirtingiems slėgiams, tačiau rezultatai buvo panašūs. Nustatyta tiesinė efektyvumo regresija: purškiant mažiausiu – 25 cm atstumu, gautas 100 % efektyvumas, o padidinus atstumą iki 120 cm, efektyvumas sumažėjo iki 93,7 %. Remiantis šiais rezultatais galima teigti, kad išpurškimo atstumo keitimas valymo procese didelės reikšmės neturi.

Panašius rezultatus gavo ir Y. Lee'as [35], tyrime naudodamas dar didesnius purškimo atstumus – 200, 300 ir 400 mm. Nustatyta, kad, esant mažesniai atstumui, plovimo efektyvumas nežymiai pagerėja. Vis dėlto, šiame tyrime padaryta išvada, kad eksperimentiniame purškimo atstumų diapazone valymo efektyvumas buvo jautresnis išpurškimo slėgio pokyčiams.

4. Tyrimo metodika

Nustatant valymo efektyvumą reikia išsiaiškinti, kokie purkštukai yra tinkamiausi modulines transporterių juostas dengiant putomis, jas skalaujant ir plaunant likusius nešvarumus vandeniui bei padengiant dezinfekciniu skysčiu. Bendru atveju purkštukų plovimo efektyvumas priklauso nuo: nešvarumų kilmės, naudojamų cheminių medžiagų, jų koncentracijų bei šių medžiagų kontakto laiko su nešvarumais, juostos sukimosi greičio bei jos geometrijos.

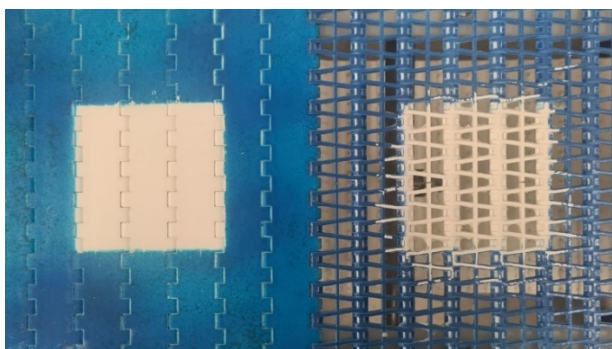
Parentant purkštukus putoms yra svarbu, kad jos greitai nenubėgtų nuo paviršiaus, t. y. kuo ilgiau išliktų stabilios. Tai priklauso nuo oro burbuliukų absorbcijos lygio – plovimo tirpalo sugėrimo, kurį galima įvertinti, stebint susidariusių putų ir vandens santykį. Parentant purkštuką vandeniui, pasirinkimas priklauso nuo purkštuko išpurškimo slėgio, jo padėties, t. y. purkštuko atstumo iki plaunamo paviršiaus ir jo srovės kampo į plaunamą paviršių. Dezinfekciniam skysčiui parinktas purkštukas skystį turi išpurkšti smulkios dulksnos pavidalu. Tai priklauso nuo slėgio bei angos dydžio, tačiau plovimo sistemose šis purkštukas dažniausiai būna toks pats, kaip ir vandens. Tyrimo rezultatais siekiama nustatyti optimaliausią bendrą plovimo ciklo laiką bei įvertinti naudojamų valiklių ir vandens sąnaudas.

4.1. Nešvarumai

Žuvies perdirbimo pramonėje pagrindiniai nešvarumai yra įvairios maistinės kilmės liekanos: žvynai, oda, mėsa, taukai ir pan. Be to, šioje aplinkoje yra palankios sąlygos kauptis ir daugintis mikroorganizmams. Pradedant konvejerių plovimo procesą, pirmiausia nuo juostų nuskalaujami dideli likučiai (pvz., žvynai), tuomet – sunkiai pašalinami riebaliniai ir baltyminiai nešvarumai yra padengiami putomis, mirkomi ir nuplaunami vandens srove. Mikrobams pašalinti naudojamas dezinfekcinis skystis.

Nuo juostų sunkiausiai pašalinami taukai – jie prilimpa ir prasiskverbia į juostos tarpus, be to, jiems nuplauti reikalingos papildomos sąlygos. Dėl šios priežasties plovimo eksperimento metu kaip nešvarumai pasirinkti gyvūninės kilmės riebalai.

Norint eksperimento metu išlaikyti vienodą pradinę valymo bandymų būseną, labai svarbu, kad nešvarumų sluoksnis ant juostos būtų padengtas tolygiai. Vienam bandymui atlikti sunaudojama 10 g riebalų kai naudojama uždara (*S2-0 FLT*) juosta, o kai naudojama atvira (*S2-57 GRT*) – 20 g, kurie yra paskirstomi 8 cm x 8 cm dydžio pažymėtos transporterio juostos plote (žr. 12 pav.). Ši pažymėta zona leidžia tiksliai padengti nešvarumus toje pačioje vietoje visų bandymų metu, be to, nurodytoje vietoje yra atliekami išvalymo matavimai.



12 pav. Pažymėtas nešvarumų dengimo plotas (kairėje *S2-0 FLT* modulinė juosta, dešinėje – *S2-57 GRT*)

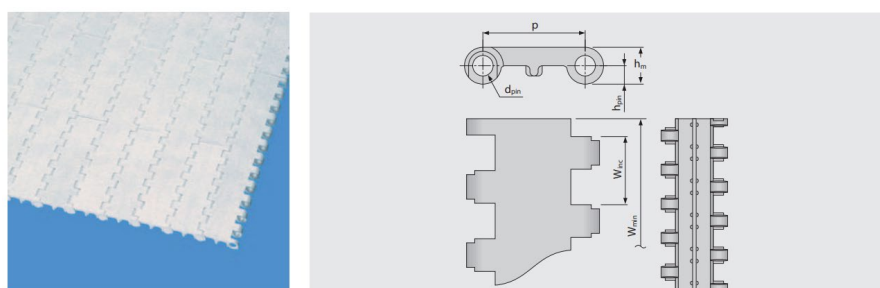
4.2. Modulinės juostos

Modulinės konvejerio juostos nesugeria vandens, aliejaus ir kvapo, todėl plačiai naudojamos žuvies perdirbimo pramonėje produkcijos perkėlimui, gabenimui, rūšiavimui, apdorojimui, svėrimo bei pakavimo operacijose ir kt. Kiekvienai operacijai gali prireikti skirtingos modulinės juostos, o šiuo metu rinkoje jų pasirinkimas yra labai platus – galima rinktis pagal geometriją, spalvą, medžiagą ir t. t.

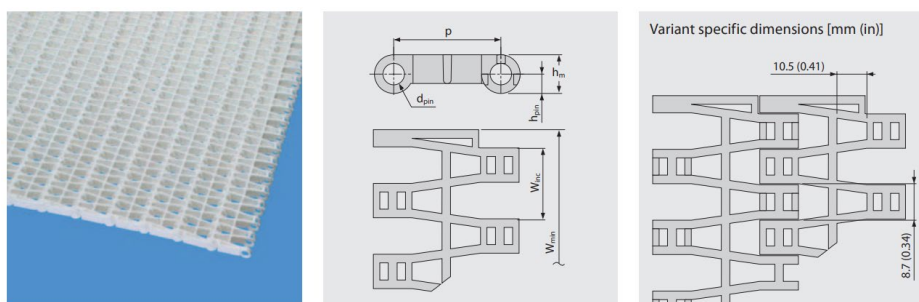
Eksperimento metu plovimo sistemos efektyvumo tyrimui pasirinktos dvi plačiai žuvies pramonėje naudojamos *Forbo* modulinės juostos:

- S2-0 FLT (žr. 13 pav.);
- S2-57 GRT (žr. 14 pav.).

Šios juostos viena nuo kitos skiriasi paviršiaus struktūra: *S2-0 FLT* juosta yra uždara, tai reiškia, kad produktas su juosta kontaktuoja visu savo paviršiumi, tuo metu, juosta *S2-57 GRT* turi mažą kontakcinį plotą (37 %) ir didelį atvirą plotą (57 %), kuris leidžia minimaliai liestis su produktu.



13 pav. Forbo „S2-0 FLT“ modulinė juosta [39]



14 pav. Forbo „S2-57 GRT“ modulinė juosta [39]

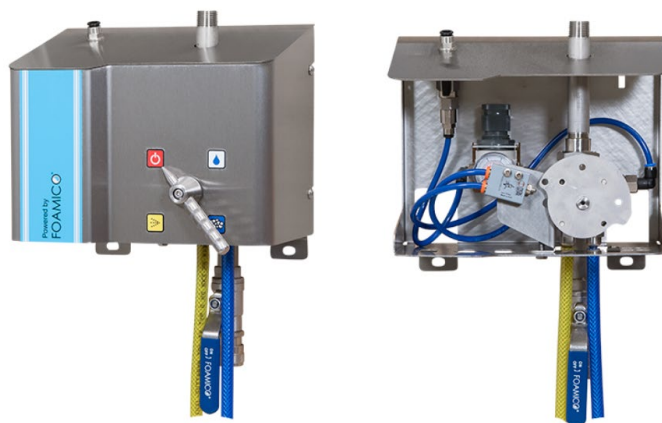
Tyrime naudotos juostos pagamintos iš polipropileno (PP), kuris yra labai atsparus rūgštims, šarmams, druskoms, alkoholiams, taip pat temperatūroms nuo +5 °C iki +100 °C [39].

4.3. Plovimo stotelė ir slėgio valdymas nustatymas

Žuvies produktų gamybos įmonėse, norint išlaikyti aukštą higienos ir produktų saugos lygį, dažniausiai naudojama specialiai sunkiai pašalinamų nešvarumų plovimui sukurta valymo įranga. Paprastai naudojamos įvairios plovimo stotelės, kurias galima lengvai prieiti gamybinėse patalpose. Jos gali būti tvirtinamos ant sienų arba montuojamos ant vėžimėlio. Tokios stotelės turi kelis plovimo režimus, o ploviklio koncentraciją galima reguliuoti pasirinktinai [40].

Eksperimentiniame bandyme naudojama *Foamica* gamintojo „SU 0127-Baseline“ plovimo stotelė (žr. 15 pav.), kuri yra pagaminta iš nerūdijančio plieno ir turi tris režimus:

- skalavimą vandeniu;
- plovimą putomis (šarmais);
- purškiamą dezinfekciją.



15 pav. Plovimo stotelė „SU 0127-Baseline“ [41]

Ši stotelė tyrimo metu išpurškia plovimo medžiagas. Didžiausias išpurškimo slėgis gali siekti iki 25 barų, o minimalus – 10 barų. Tačiau, siekiant sumažinti slėgį, prie tyrimo stendo papildomai montuojami reguliuojamas rutulinis vožtuvas bei manometras, leidžiantys stebėti ir valdyti slėgį.

Pagrindiniai stotelės parametrai pateikti 3 lentelėje.

3 lentelė. Plovimo stotelės „SU 0127-Baseline“ parametrai

Minimalus vandens įėjimo slėgis	10 bar
Maksimalus vandens įėjimo slėgis	25 bar
Minimalus oro įėjimo slėgis	5 bar
Maksimalus oro įėjimo slėgis	10 bar
Vandens suvartojimas / sąnaudos	30 – 50 l/min
Oro suvartojimas / sąnaudos	150 – 200 l/min
Maksimali vandens temperatūra	70 °C
Cheminės medžiagos	2

4.4. Purkštukai

Tyrimo metu, siekiant nustatyti, kuris purkštukas yra tinkamiausias kiekvienam konvejerių juostų valymo etapui, pasirinkti 19 skirtingų plokščio tipo purkštukų (žr. 4 lent.). Priklausomai nuo srauto išėjimo slėgio, tarpusavyje jie visi skiriasi išpurškimo kampu, angos dydžiu bei srautu.

Visi purkštukai pagaminti iš plieno AISI 316, t. y. austenitinio nerūdijančio plieno, kuriame yra daug nikelio ir chromo. Šis plienas plačiai naudojamas žuvies perdirbimo pramonės valymo įrengimuose, nes yra atsparus aukštomis temperatūroms, rūgštims, šarmams ir chloridams [42].

Purkštuko išėjimo slėgis yra susijęs su srautu debitu, t. y. našumu [24]:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^n \quad (1)$$

čia: Q_1, Q_2 – srautas, l/min; P_1, P_2 – slėgis, bar; n – srauto rodiklis.

Srauto rodiklis – n priklauso naudojamam purkštuko išpurškimo rašto. Plokščio purškimo purkštukų rodiklis n yra lygus 0,5 [24].

Purkštukų gamintojų nurodytų slėgio ir srauto priklausomybių duomenys, kai išpurškimo medžiaga yra vanduo, pateikti 4 lentelėje.

4 lentelė. Purkštukų srauto priklausomybė nuo slėgio [24]

Pavadinimas	Išpurškimo kampas, esant 3 barų slėgiui	Angos dydis	Išpuškimo angos diametras, mm	Srautas, l/min											Išpurškimo kampas, esant tam tikram slėgiui			
				0,4 bar	0,7 bar	1,5 bar	2 bar	3 bar	4 bar	6 bar	7 bar	15 bar	20 bar	35 bar	1,5 bar	3 bar	6 bar	15 bar
65/01 H-VV	65°	01	0,66	-	0,19	0,28	0,32	0,39	0,46	0,56	0,6	0,88	1,0	1,3	51°	65°	74°	81°
65/02 H-VV		02	0,89	0,29	0,38	0,56	0,64	0,79	0,91	1,1	1,2	1,8	2,0	2,7	52°	65°	73°	79°
65/03 H-VV		03	1,1	0,43	0,57	0,84	0,97	1,2	1,4	1,7	1,8	2,6	3,1	4,0	53°	65°	72°	78°
65/04 H-VV		04	1,3	0,58	0,76	1,1	1,3	1,6	1,8	2,2	2,4	3,5	4,1	5,4	53°	65°	72°	76°
65/05 H-VV		05	1,4	0,72	0,95	1,4	1,6	2,0	2,3	2,8	3,0	4,4	5,1	6,7	53°	65°	72°	76°
65/06 H-VV		06	1,5	0,86	1,1	1,7	1,9	2,4	2,7	3,4	3,6	5,3	6,1	8,1	54°	65°	72°	75°
65/08 H-VV		08	1,8	1,2	1,5	2,2	2,6	3,2	3,6	4,5	4,8	7,1	8,2	10,8	55°	65°	71°	74°
65/10 H-U		10	2,0	1,4	1,9	2,8	3,2	3,9	4,6	5,6	6,0	8,8	10,2	13,5	56°	65°	71°	74°
65/15 H-U		15	2,4	2,2	2,9	4,2	4,8	5,9	6,8	8,4	9,0	13,2	15,3	20	56°	65°	70°	73°
65/20 H-U		20	2,8	2,9	3,8	5,6	6,4	7,9	9,1	11,2	12,1	17,7	20	27	57°	65°	70°	73°
65/30 H-U		30	3,4	4,3	5,7	8,4	9,7	11,8	13,7	16,8	18,1	26	31	40	58°	65°	69°	72°

5 lentelė. (tęsinys) Purkštukų srauto priklausomybė nuo slėgio [24]

Pavadinimas	Išpurškimo kampas, esant 3 barų slėgiui	Angos dydis	Išpuškimo angos diametras, mm	Srautas, l/min											Išpurškimo kampas prie tam tikro slėgio			
				0,4 bar	0,7 bar	1,5 bar	2 bar	3 bar	4 bar	6 bar	7 bar	15 bar	20 bar	35 bar	1,5 bar	3 bar	6 bar	15 bar
80/01 H-VV	80°	01	0,66	-	0,19	0,28	0,32	0,39	0,46	0,56	0,6	0,88	1,0	1,3	68°	80°	89°	92°
80/02 H-VV		02	0,89	0,29	0,38	0,56	0,64	0,79	0,91	1,1	1,2	1,8	2,0	2,7	69°	80°	88°	91°
80/04 H-VV		04	1,3	0,58	0,76	1,1	1,3	1,6	1,8	2,2	2,4	3,5	4,1	5,4	71°	80°	86°	89°
80/10 H-U		10	2,0	1,4	1,9	2,8	3,2	3,9	4,6	5,6	6,0	8,8	10,2	13,5	73°	80°	84°	87°
80/20 H-U		20	2,8	2,9	3,8	5,6	6,4	7,9	9,1	11,2	12,1	17,7	20	27	74°	80°	83°	86°
80/30 H-U		30	3,4	4,3	5,7	8,4	9,7	11,8	13,7	16,8	18,1	26	31	40	74°	80°	83°	86°
110/10 H-VV	110°	10	2,0	1,4	1,9	2,8	3,2	3,9	4,6	5,6	6,0	8,8	10,2	13,5	103°	110°	117°	119°
110/20 H-U		20	2,8	2,9	3,8	5,6	6,4	7,9	9,1	11,2	12,1	17,7	20	27	105°	110°	117°	118°

Jei per purkštuką tekantis skystis yra sunkesnis arba lengvesnis už vandenį, srautą galima apskaičiuoti pagal 1 formulę, kai Q_1 ir P_1 yra vandens parametrai, remiantis 4 lentele, o parametrai Q_2 ir P_2 – skaičiuojamo skysčio. Be to, Q_2 galima išreikšti ir per savitąjį skysčio sunkį / tankį: Savitasis tankis yra skysčio tankio ir vandens tankio santykis, kai vandens savitasis tankis lygus 1 [43]:

$$Q_2 = Q_1 \cdot \frac{1}{\sqrt{SG}} \quad (2)$$

čia: Q_1 – vandens srautas, l/min; SG – skysčio savitąjį sunkį / tankį, kg.

Savitasis sunkis SG apibrėžiamas kaip skaičiuojamos medžiagos tankio ir vandens tankio santykis arba kaip medžiagos masės ir vandens masės santykis [44]:

$$SG = \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{m_1}{m_2}, kg \quad (3)$$

čia: ρ_1 – medžiagos tankis, kg/l; ρ_2 – vandens tankis, kg/l; m_1 – medžiagos masė, kg; m_2 – vandens masė, kg.

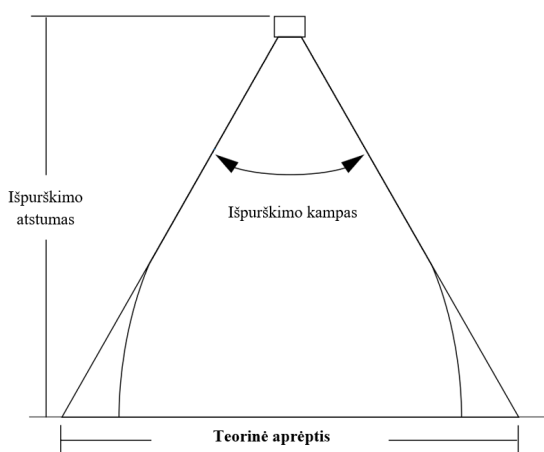
Savitasis sunkis SG apibrėžiamas kaip skaičiuojamos medžiagos tankio ir vandens tankio santykis arba kaip medžiagos masės ir vandens masės santykis [44]:

$$SG = \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{m_1}{m_2}, kg \quad (4)$$

čia: ρ_1 – medžiagos tankis, kg/l; ρ_2 – vandens tankis, kg/l; m_1 – medžiagos masė, kg; m_2 – vandens masė, kg.

Be to, 4 lentelėje pateikti duomenys apie išpurškimo kampo keitimąsi prie skirtingų išpurškimo slėgių. Priklausomai nuo skysčio tankio, purkštuko srauto ir purškimo slėgio, gali sukurti palyginti mažesnius purškimo kampus ar net vientisą srovę. Mažesnio paviršiaus įtempimo skysčiai sukurs žymiai platesnius purškimo kampus nei nurodyti vandeniui [24].

5 lentelėje pateiktos purkštuko išpurškimo kampo bei atstumų iki paviršiaus priklausomybės, kurios rodo apytikslę purškimo aprėptį (žr. 16 pav.), kai išpurškimo medžiaga yra vanduo.



16 pav. Purkštuko padengiamas plotis [24]

6 lentelė. Purškimo plotis (cm) priklausomai nuo purkštuko atstumo iki paviršiaus ir išpurškimo kampo [24]

Išpurškimo kampas	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm
65°	6,4	12,7	19,1	25,5	31,9	38,2
80°	8,4	16,8	25,2	33,6	42,0	50,4
110°	14,3	28,6	42,9	57,1	71,4	85,7

4.5. Valymo medžiagos

Tiriamame plovimo procese naudojamos trys valymo medžiagos:

- vanduo;
- putojanti plovimo priemonė „BS Extrafoam“ (gamintojas BS Chemical)
- dezinfekavimo priemonė „BS Sterilforte“ (gamintojas BS Chemical)

„BS Extrafoam“ – šarminė putojanti plovimo priemonė, kurios pagrindą sudaro kalio hidroksidas ir natrio hipochloritas [45].

Ši priemonė plačiai naudojama maisto pramonės įmonėse paviršių plovimui ir dezinfekavimui, nes yra tinkama nerūdijantiems paviršiams. Ji puikiai tirpina baltymus, riebalus, balina paviršius, šalina dėmes, kvapus, stabdo baltymų plėvelių susidarymą. Be to, šis ploviklis tinkamas naudoti su kietu vandeniu, yra lengvai nuskalaujamas ir gali būti naudojamas su įvairiais putas gaminančiais įrenginiais [46].

Prieš naudojant šį valiklį rekomenduojama paviršius nuskalauti vandeniu, kad būtų pašalinti lengvai atsiskiriantys nešvarumai. Rekomenduojama darbinė tirpalo koncentracija yra 1,5–3 %, tačiau labiau užterštiems paviršiams gali būti naudojamas ir 5 % koncentracijos tirpalas. Tirpalo putas ant paviršiaus rekomenduojama palikti 5–15 minučių, o paskui jas nuskalauti vandeniu [46].

Pagrindinės ploviklio „BS Extrafoam“ fizikinės ir cheminės savybės pateiktos 6 lentelėje [45, 46].

7 lentelė. Ploviklio „BS Extrafoam“ fizikinės ir cheminės savybės [45, 46]

Agregatinė būseną	Skystis, klampus
Spalva	Gelsva
Kvapąs	Būdingas (chloras)
pH, 1 %, 20 – 25°C	~ 12,0
pH, 100 %, 20 – 25°C	~ 13,7
Santykinis tankis, g/cm ³ , 20°C	1,14 – 1,18

„Sterilforte“ – koncentruota dezinfekcijos priemonė 15 % peracto rūgšties pagrindu [47].

Šis dezinfekantas gali būti naudojamas įvairiose maisto pramonės (alaus, pieno, mėsos ir kt.) įmonėse. Priemonė naudojama galutinei dezinfekacijai, efektyviai pašalinant įvairius mikroorganizmus: *Listeria monocytogenes*, mieles, grybelius, sporas, virusus. „Sterilforte“ gali būti naudojamas tiek minkštame, tiek kietame vandenyje, be to, jis veikia žemose temperatūrose, lengvai skyla į nepavojingus nuotekų vandenims junginius bei turi mažą poveikį aplinkai [48].

Rekomenduojam darbinė tirpalo koncentracija yra 0,15–0,3 %. Tirpalą ant paviršiaus rekomenduojama palikti 5–15 minučių, o paskui jas gerai nuskalauti vandeniu [47].

Pagrindinės ploviklio fizikinės ir cheminės savybės pateiktos 7 lentelėje [47, 48].

8 lentelė. Ploviklio „Sterilforte“ fizikinės ir cheminės savybės [47, 48]

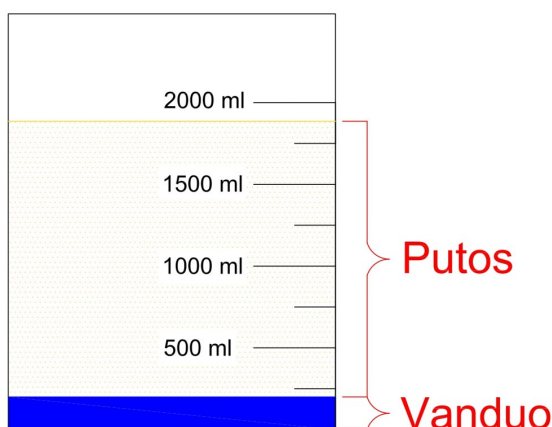
Agregatinė būseną	Skystis
Spalva	Skaidri, bespalvė
Kvapąs	Aštrus
pH, 1 %, 20 – 25 °C	~ 3,2
pH, 100 %, 20 – 25 °C	0,2 – 0,5
Santykinis tankis, g/cm ³ , 20 °C	1,13 – 1,17
Virinimo temperatūra, °C	> 100
Plūpsnio temperatūra (uždaro tiglio), °C	68 ÷ 81

4.5.1. Dengimas putomis

Siekiant nustatyti, koks purkštukas yra tinkamiausias išpurškiant putas yra atliekamas bandymas, matuojant kiekvieno purkštuko išpurkštų putų tankį bei vandens ir putų procentinį santykį. Santykis parodo, kokiomis sąlygomis mišinio lašo dydis patenka į oro burbuliuką, kad lengvai nutekėtų nuo paviršiaus, o tankis padeda nustatyti putų sunkį, kuris lemia putų išsilaikymą ant paviršiaus.

4.5.2. Putų tankio ir jų santykio su vandeniu nustatymas

Tankis yra apibrėžiamas kaip masės ir tūrio santykis. Putų tankį paprasčiausia nustatyti, naudojant sugraduotą permatomą matavimo indą, leidžiantį lengviau pamatyti ir išmatuoti putų ir vandens kiekius (žr. 17 pav.), bei svarstyklės mišinio pasvėrimui.



17 pav. Vandens ir putų pasiskirstymas

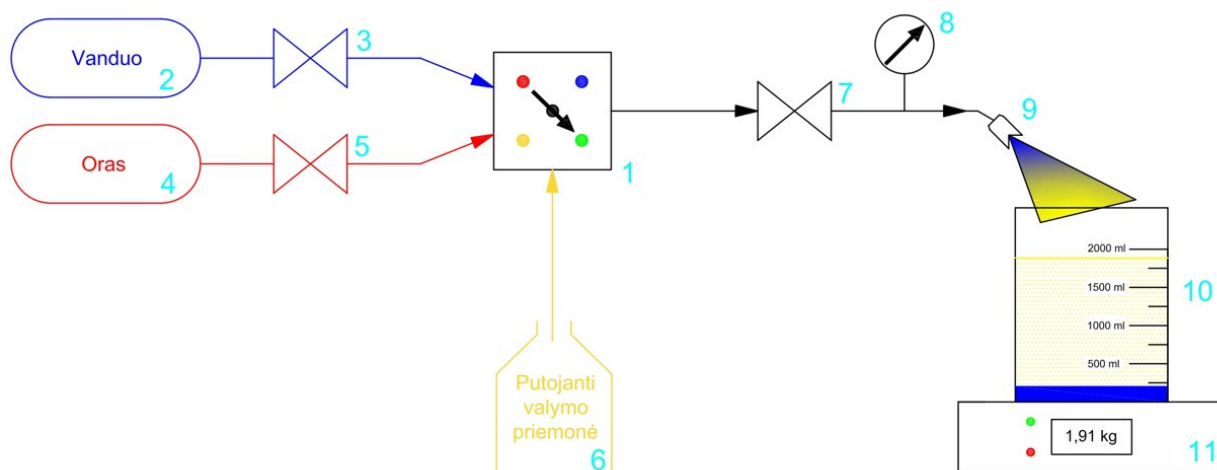
Žinoma, kad 1 l vandens sveria 1 kg, todėl, matuojant sugraduotu indu, galima nustatyti, kiek litrų vandens sudaro pro purkštuką išpurkštas mišinys ir, atimant jo masę iš bendro mišinio, gaunama putų masė. Žinant ją, pagal 5 formulę apskaičiuojamas putų tankis:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (5)$$

čia: m – putų masė, kg; V – putų tūris, l.

4.5.3. Bandymo stendo konfigūracija

Putų bandymo stendo principinė schema pateikta 18 paveiksle. Stendą sudaro plovimo stotelė „SU 0127-Baseline“ 1, kurios pagalba yra generuojamos putos. Putas sudaro: vanduo, oras ir putojanti valymo priemonė, kuri su vandeniu maišoma tam tikru santykiu. Vandens ir oro srautus į stotelę galima reguliuoti vožtuvais, tačiau tyrimo metu šie vožtuvai 5, 3 yra pilnai atidaryti. Putojanti valymo priemonė tiekama iš talpos 6. Sugeneruotas mišinys tiekiamas per vožtuvą 7, manometrą 8 bei antgalį su keičiamais purkštukais 9. Pro purkštuką į sugraduotą talpą išpurškiamas mišinys, o išpurškimo atstumas visais atvejais yra nustatytas – apie 100 cm iki talpos sienelės. Kiekvieną kartą išpurškiant stengiamasi pripildyti nuo 1,5 iki 2 litrų mišinio, kuris sveriamas ant svarstyklių.



18 pav. Putų bandymo testavimo sistema: 1 – stotelė; 2 – vanduo; 3 – vandens padavimo vožtuvas; 4 – oras; 5 – oro padavimo vožtuvas; 6 – putojančios valymo medžiagos talpa; 7 – mišinio srauto reguliavimo vožtuvas; 8 – manometras; 9 – purkštukas; 10 – sugraduota talpa; 11 – svarstyklės

4.5.4. Bandymo parametrai ir vartotojo sąlygos

Bandymui yra nustatytas vienas kintantis (kontroliuojamas) parametras – išėjimo slėgis. Pasirinktos 3 barų ir 6 barų vertės. Pastovūs parametrai, t. y. vartotojo nustatyti parametrai, šiuo atveju, bandymo vietos (fabriko, kuriame atliekamas bandymas) nustatyti parametrai – mišinio temperatūra, kuri yra apie 60 °C ir putojanti valymo medžiaga „BS Extrafoam“, kurios koncentracija yra 3 %.

9 lentelė. Kontroliuojami parametrai ir vartotojo sąlygos putų generavimui

Kontroliuojamas parametras	Slėgis (bar)	3	6
Vartotojo sąlygos	Mišinio temperatūra (°C)	60	
	Putojanti plovimo priemonė	„BS Chemical“ <i>BS Extrafoam</i>	
	Plovimo priemonės koncentracija (%)	3	

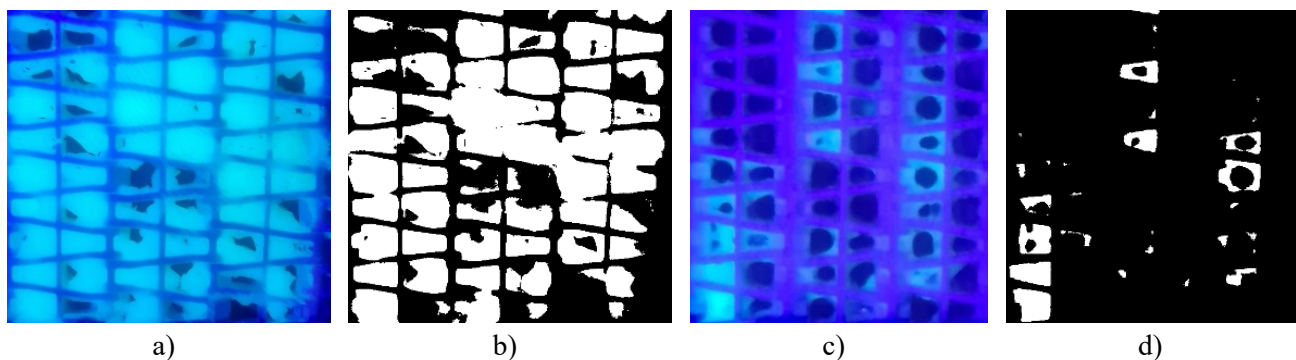
4.6. Plovimas vandeniu

Siekiant nustatyti, koks purkštukas yra tinkamiausias bei optimaliausias plaunant modulinės juostas vandeniu, yra atliekami bandymai, keičiant slėgį, purkštuko kolektoriaus padėtį bei tiriama, kokią įtaką plovimo proceso efektyvumui turi nešvarumų mirkymo laikas.

4.6.1. Plovimo vandeniu efektyvumo nustatymas

Norint pasiekti geriausią valymo efektyvumą, reikia įvertinti visus jį lemiančius veiksnius. Tam reikia atlikti valymo efektyvumo įvertinimą. Dauguma mokslininkų savo darbuose valymo efektyvumą vertina sverdami bandinius prieš ir po plovimo [32] ir pateikdami rezultatus procentine išraiška. Šiuo atveju, atliekant modulių juostų valymo bandymą, tai padaryti sudėtinga, nes norint pasverti juostą, ją reikia nuimti nuo transporterio rėmo. Be to, nuimant juostą lengva nuvalyti nešvarumus, tuomet efektyvumo rezultatai gali gautis klaidingi. Tokiu atveju yra kitas būdas efektyvumui nustatyti – vaizdo apdorojimo metodas [35], paremtas nuotraukų įvertinimu prieš ir po bandomojo valymo.

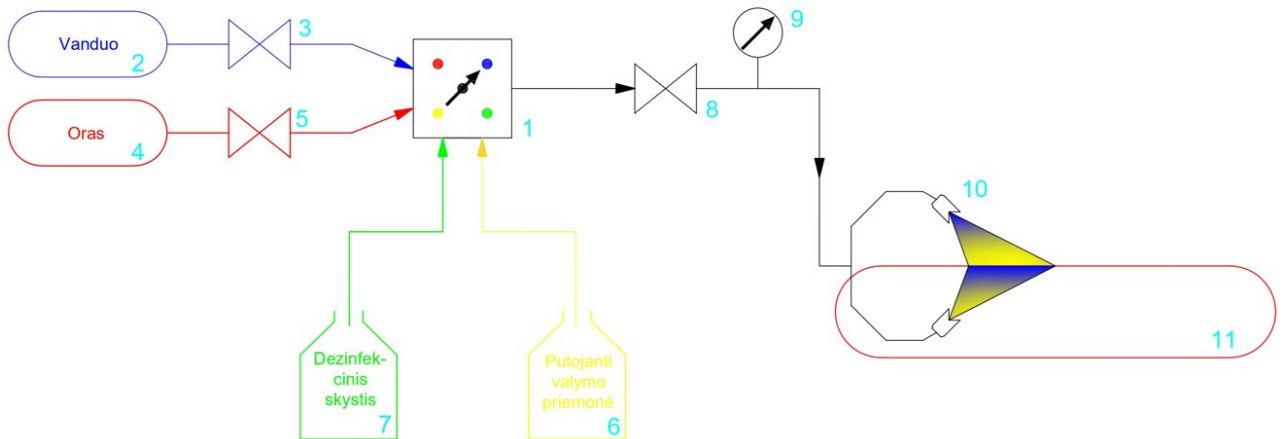
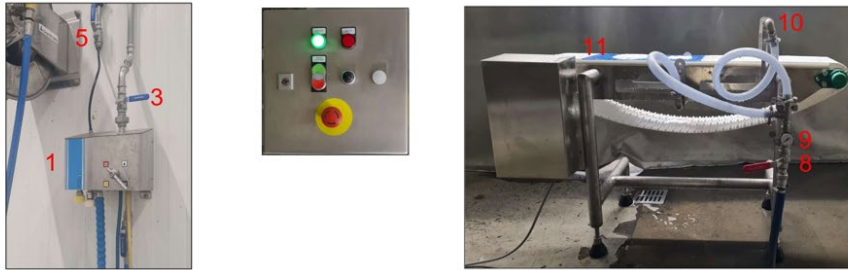
Konvejerio juostų valymo proceso tyrimo metu nešvarumai fotografuoti juos apšvietus UV šviesos šaltiniu. Taikant tokį būdą nešvarumų kiekis plovimo zonoje nustatytas dėl nešvarumų fluorescencijos. Pagal nuotraukoje matomą švytėjimo intensyvumą, įvertinama ar vandens srove pavyko visiškai nuvalyti nešvarumus nuo paviršiaus, ar dar yra jų likučių. Nuotraukos daromos prieš plovimą ir po kiekvieno juostos pilno apsisukimo plovimo metu – taip nustatoma po kiek apsisukimų juosta yra pilnai nuplauta. Tokiu būdu gaunami duomenys apie plovimą, o efektyvumas išreiškiamas kaip užteršto ploto prieš valymą ir likusio užteršto ploto po valymo santykis procentais. Šiems duomenims gauti naudojama programinė įranga – *Matlab* [49] ir internetinė nuotraukų redagavimo programa *Pinetools* [50]. Spalvotos nuotraukos yra konvertuojamos į dvejetainį (binarinį) vaizdą, t. y. tik juodos ir baltos nuotraukos vaizdą ir pasitelkiant *Matlab* programą yra apskaičiuojamas juodų ir baltų pikselių plotas procentais (žr. 19 pav.).



19 pav. Užteršto ploto skaičiavimo nuotraukos, kai yra naudojama *S2-57 GRT* modulinė juosta: a, c – UV spinduliais apšviestos juostos nuotraukos; b, d – į dvejetainį (binarinį) vaizdą konvertuotos nuotraukos

4.6.2. Bandymo stendo konfigūracija

Bandymų stendą sudaro trys pagrindinės dalys: transporteris su purkštukų pritvirtinimo vietomis, plovimo stotelė ir elektros valdymo spinta (žr. 20 pav.). Valikliai ir vanduo į purkštukus yra tiekiami per plovimo stotelę *1*, kuri greitą jungtį yra prijungta prie ant transporterio esančio rutulinio vožtuvo *8*. Šiuo vožtuvu reguliuojamas slėgis, kuris stebimas už jo pritvirtintu manometru *9*. Toliau skystis per trišakį paskirstomas į dvi atšakas, kuriomis medžiagos nukreipiamos į purkštukus *10*. Purkštukai privirinti prie kolektorių, kurių pagalba galima patogiai juos pakeisti. Kolektoriai privirinti prie plokštelių, kurios tvirtinasi prie transporterio, taip suteikiant galimybę keisti purkštuko aukštį bei jo purškimo kampą į paviršių. Modulinę transporterio juostą suka motoreduktorius, o jo greitis reguliuojamas dažnio keitiklio, esančio valdymo spintoje, pagalba.



20 pav. Vandens bandymo testavimo sistema: 1 – stotelė; 2 – vanduo; 3 – vandens padavimo vožtuvas; 4 – oras; 5 – oro padavimo vožtuvas; 6 – putojančios valymo medžiagos talpa; 7 – dezinfekcinio skysčio talpa; 8 – mišinio srauto reguliavimo vožtuvas; 9 – manometras; 10 – purkštukas; 11 – transporterio juosta

4.6.3. Valdymo parametrai ir vartotojo sąlygos

Išanalizavus ir įvertinus svarbiausius valymo procesui įtakos turinčius veiksnius ir parametrus, eksperimentinei daliai nustatyti kintami parametrai, t. y. išpurškimo slėgiai, išpurškimo atstumai ir purškimo kampai, valymo medžiagos kontakto laikas su paviršiumi, pagal kuriuos bus testuojami visi pasirinkti purkštukai. Norint pasiekti didžiausią plovimo sistemos našumą, šiuos kintamuosius reikia optimizuoti.

Purškimo atstumas apibrėžiamas kaip atstumas nuo modulinės juostos paviršiaus iki purkštuko galo. Šis parametras priklauso ir nuo transporterio konstrukcijos, ir nuo purkštukų gamintojo keliamų reikalavimų. Bandymus pasirinkta atlikti, esant 50 mm, 100 mm, 150 mm ir 200 mm atstumams. Plovimo sistemose purkštukų kampo reguliavimas galimas nuo 0° iki 90° į purškiamą paviršių. Eksperimentui pasirinkti trys skirtingi išpurškimo į paviršių kampai: 30°, 60° ir 90°.

Putų pavidalo valymo priemonė – „BS Extrafoam“ (*BS Chemical*), pagal gamintojo rekomendacijas ant paviršiaus turi pabūti nuo 5 iki 15 minučių. Pagal tai tyrimo metu pasirinkta plovimo priemonė ant paviršiaus palikti 5 min., 10 min. ir 15 min.

Juostos sukimosi greitis yra vartotojo sąlyga, kuri yra nustatyta transporterio valdymo bloke, tačiau šis greitis ne visada gali būti lengvai keičiamas, arba ne kiekvienas vartotojas nori jį reguliuoti valymo metu. Todėl, norint patikrinti geriausius ir, atitinkamai, blogiausius parametrų derinius, buvo pasirinkti du skirtingi sukimosi greičiai – 3 ir 6 m/min.

Be to, yra nustatomi ir nekintantys parametrai – vandens temperatūra ir valymo priemonių koncentracija, priklausantys nuo įmonėje, kurioje atliekamas eksperimentas naudojimo sąlygų.

10 lentelė. Kontroliuojami parametrai ir vartotojo sąlygos

Kontroliuojamas parametras	Puršktuvo slėgis (bar)	3		6	
	Purškimo atstumas (mm)	50	100	150	200
	Kampas (°)	90		60	30
	Mirkymo laikas (min)	5	10	15	
Vartotojo sąlygos	Juostos sukimosi greitis (m/min)	3		6	
	Mišinio temperatūra (°C)	60			
	Putojanti plovimo priemonė	„BS Chemical“ <i>BS Extrafoam</i>			
	Plovimo priemonės koncentracija (%)	3			

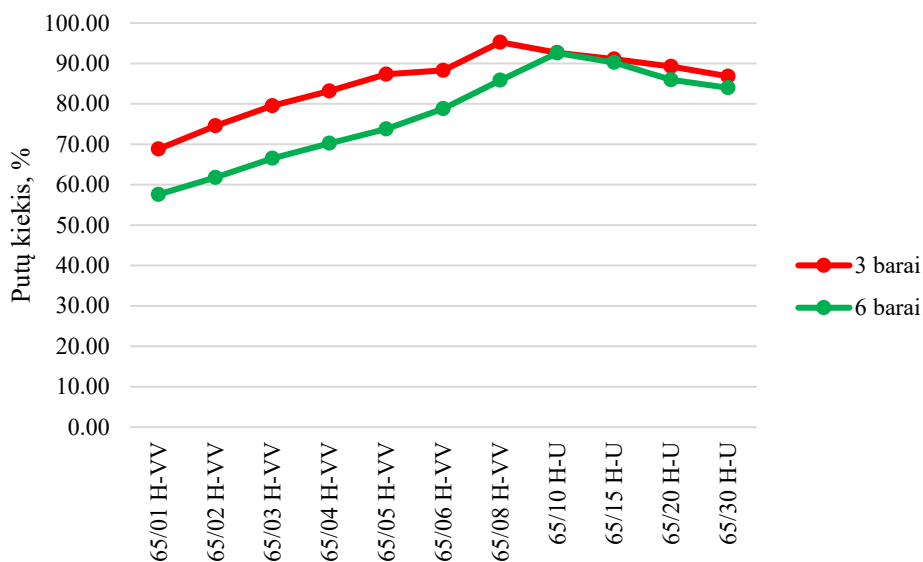
5. Tyrimo rezultatai ir jų aptarimas

Šiame skyriuje pateikti skirtingų plokščio tipo purkštukų bandymų rezultatai. Tyrimai atlikti išpurškiant vandenį ir putas, keičiant pagrindinius jų srauto ir purkštukų parametrus. Pateikiami putų pavidalu išpurkštų cheminių medžiagų tankiai, vandens ir putų santykis, priklausantis nuo purkštuko tipo bei į purkštuką įeinančio srauto slėgio. Nustatyta, kokią įtaką efektyviam nešvarumų pašalinimui purškiant vandenį turi atstumas bei kampas iki / į plaunamą paviršių, išėjimo slėgis, geometrija, sukimosi greitis bei mirkymo laikas. Tyrimo rezultatai pateikti linijinėse ir stulpelinėse diagramose.

5.1. Putų tyrimo rezultatai

5.1.1. Vandens ir putų santykio priklausomybė nuo purkštuko angos dydžio ir slėgio

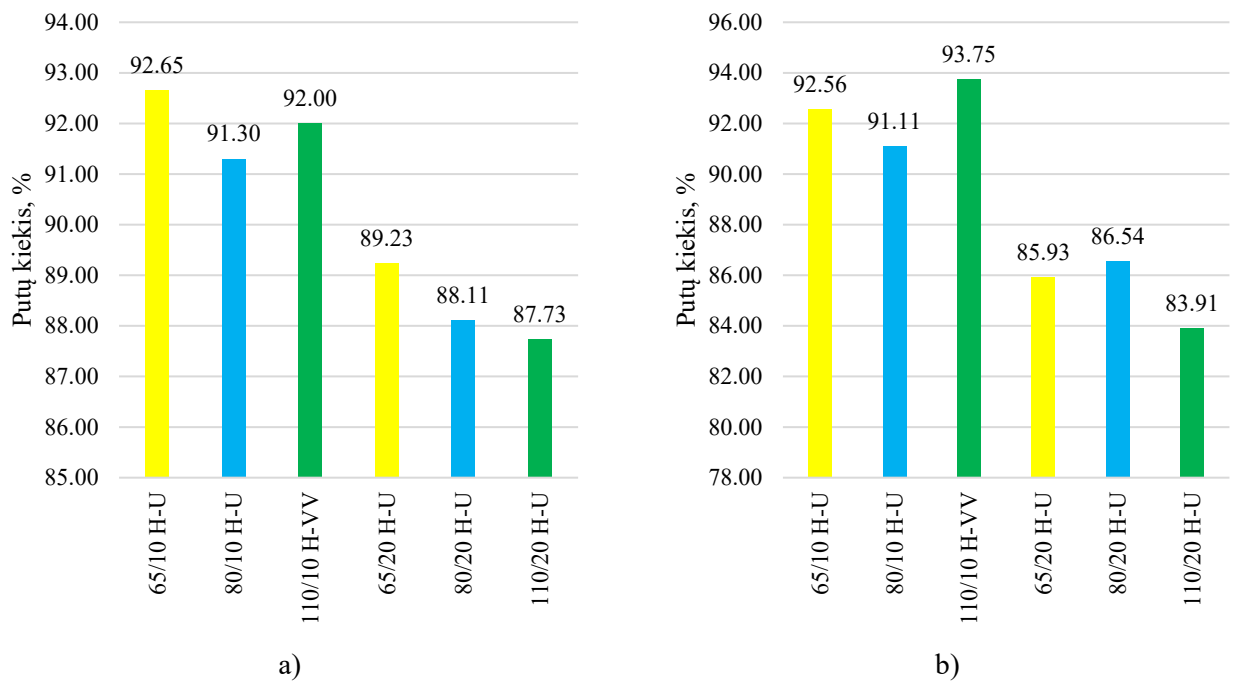
Pirmieji putų išpurškimo bandymai buvo atlikti su 11 purkštukų, kurių išpurškimo kampas yra 65° , o išpurškimo angos dydis skirtingas (žr. 4 lent.). Bandymai atlikti, esant skirtingiems – 3 ir 6 barų slėgiams. Pirmojo putų bandymo tikslas – nustatyti, kokią talpos tūrio dalį užima putas.



21 pav. Putų kiekio priklausomybė nuo slėgio

Bandymo metu nustatyta, kad kreivės kinta netolygiai, nes turi aukščiausią tašką (žr. 21 pav.). Šiame taške putos sudarė didesnę dalį tūrio nei vanduo. Tuo metu, esant skirtingiems slėgiams, šį tašką pasiekia skirtingi purkštukai: esant 3 barų slėgiui, aukščiausias taškas priklauso 65/08 H-VV purkštukui, o esant 6 barų slėgiui – 65/10 H-U. Purškiant 3 barų slėgiu putos sudaro 95,24 % tūrio, o padidinus slėgį iki 6 barų – 85,83 %. Didėjant purkštuko angos diametrai, didėja ir putų kiekis. Svarbu, kad tai vyksta tik iki aukščiausio taško, paskui jis tolygiai mažėja.

Siekiant nustatyti, ar išpurškimo kampas turi įtakos putų susidarymui, atliktas bandymas su purkštukais, kurių išpurškimo kampas yra 80° ir 110° , o išpurškimo angos diametras yra toks pats, kaip esant 65° išpurškimo kampui.

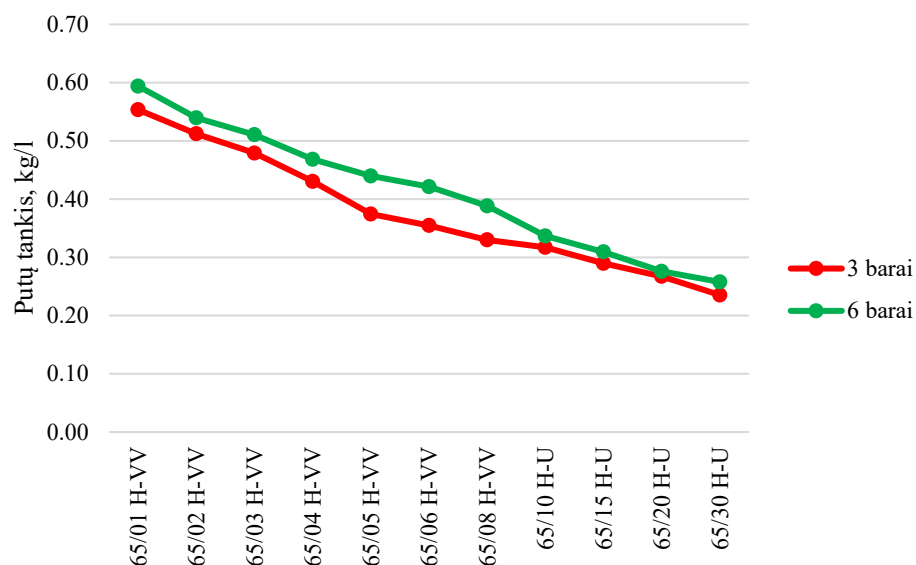


22 pav. Putų kiekis: a – esant 3 barų slėgiui ir skirtingiems išpurškimo kampams; b – esant 6 barų slėgiui ir skirtingiems išpurškimo kampams

Lyginant skirtingų purkštukų išpurškimo kampus, kai yra vienodas jų išpurškimo angos diametras bei naudojamas tas pats srauto išėjimo slėgis, nustatyta, kad rezultatai tarpusavyje skiriasi nežymiai – vos keliais procentais. Šiuo atveju, pokytis galėjo atsirasti dėl matavimo netikslumo, ar dėl plovimo stotelės skysčio netolygaus padavimo.

5.1.2. Putų tankio priklausomybė nuo purkštuko angos dydžio ir slėgio

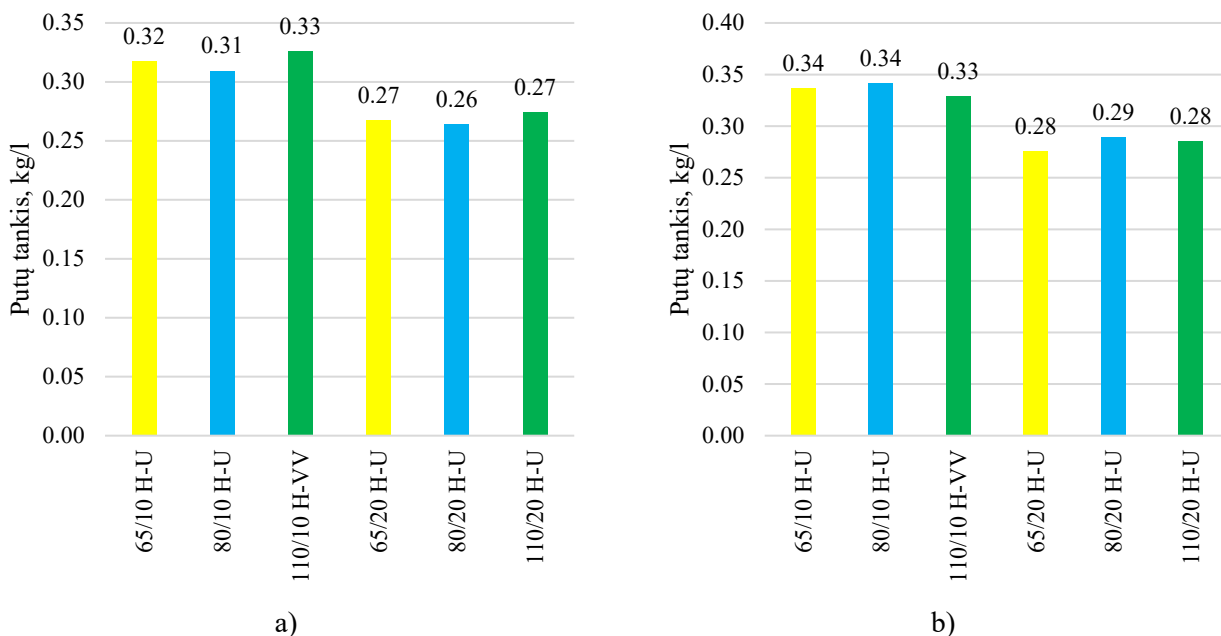
Nustačius vandens ir putų santykius, kiekvienam purkštukui bei slėgiui pagal 5 formulę buvo apskaičiuotas putų tankis.



23 pav. Putų tankio priklausomybė nuo slėgio

Tyrimo metu nustatyta, kad putų tankis priklauso nuo srauto išėjimo slėgio. Diagramoje (žr. 23 pav.) matyti, kad, esant 3 barų slėgiui, putų išpurškimo tankis yra mažesnis: pavyzdžiui, atliekant bandymą su 65/01 H-VV purkštuku, kai slėgis 3 barai, putų tankis yra 0,55 kg/l, o, esant 6 barų slėgiui – 0,59 kg/l. Be to, diagramos duomenimis, keičiantis purkštuko išpurškimo angos diametrai, putų tankis mažėja. Tai lemia didėjant diametrai mažėjantis putų suspaudimas, kuris leidžia susiformuoti didesniems oro burbulams.

Siekiant palyginti skirtingų išpurškimo kampų purkštukų veikimo metu sugeneruotų putų tankį, buvo atlikti papildomi skaičiavimai. Rezultatai pateikti 24 paveiksle.



24 pav. Putų tankis: a – prie 3 barų esant skirtingiems išpurškimo kampų purkštukams; b – prie 6 barų esant skirtingiems išpurškimo kampų purkštukams

Remiantis skaičiavimais nustatyta, kad išpurškimo kampas didelės įtakos putų tankiui neturi – rezultatai vienas nuo kito skiriasi nežymiai. Tai galėjo nulemti matavimų paklaidos bei netolygus skysčio tiekimas plovimo stotele.

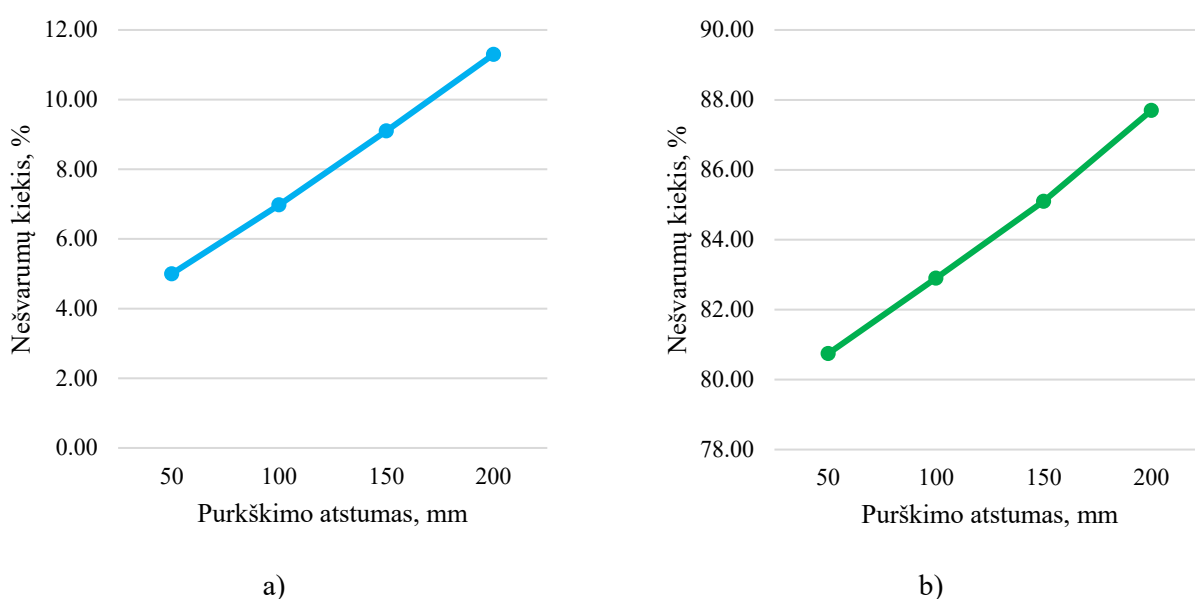
5.1.3. Putų tyrimo apibendrinimas

Remiantis gautais rezultatais, pagal putų tankį ir kiekį mišinyje galima nustatyti, kuris purkštukas yra tinkamiausias putų išpurškimui. Tyrimų metu nustatyta, kad purkštuko pasirinkimui įtakos turi išpurškiamo srauto slėgis. Kai didžiąją dalį pro purkštuką išeinančio mišinio sudaro putos – reiškia, kad oro burbuliukai absorbuoja didelę dalį skysčio lašelių, tuomet putos prikaba prie paviršiaus ir nėra nuplaunamos skysčio pertekliumi [30]. Taigi, esant 3 barų slėgiui, didžiausią dalį tūrio sudarė putos, naudojant 65/08 H-VV purkštuką. Šiuo purkštuku sugeneruotų putų tankis siekė 0,33 kg/l, tuo metu, šiame slėgyje didžiausią dalį tūrio sudarė putos, gautos purkštuku 65/10 H-U, o šio purkštuko putų tankis – 0,34 kg/l (gautas nedidelis tankio skirtumas). Vis dėlto, purkšti mišinį mažesniu slėgiu yra efektyviau, nes šiuo atveju išpurškiamas putų kiekis yra didesnis nei vandens – susidaro maždaug 10 % daugiau putų nei purškiant 6 barų slėgiu. Norint naudoti didesnį išpurškimo slėgį, reikia rinktis didesnio išpurškimo kampo purkštuką, atkreipiant dėmesį į išpurškimo angos diametrą.

5.2. Vandens tyrimo rezultatai

5.2.1. Atstumo nuo purkštuko iki plaunamo paviršiaus įtaka plovimo efektyvumui

Siekiant įvertinti atstumo nuo purkštuko iki plaunamo paviršiaus įtaką plovimo efektyvumui, buvo atlikti dviejų juostų plovimo tyrimai. Pasirinkti skirtingi atstumai: 50 mm, 100 mm, 150 mm ir 200 mm. Reikiamo juostos ploto padengimui, naudotas 110° išpurškimo kampo purkštukas – *110/10 H-VV*. Tyrimai parodė, kad visais atvejais, tiek esant skirtingiems slėgiams, tiek juostos sukimosi greičiams, didėjantis atstumas tarp purkštuko ir plaunamo paviršiaus turėjo neigiamos įtakos plovimo efektyvumui. 25 paveiksle grafiškai pateikti duomenys – likę po plovimo nešvarumų kiekiai procentais, kai vanduo išpurškamas 3 barų slėgiu, juostos sukimosi greitis – 3 m/min., o atstumas didėja, atitinkamai, nuo 50 iki 200 mm. Tyrimo metu nešvarumai prieš plovimą mirkyti 5 min., o rezultatai užfiksuoti juostai apsisukus du kartus.



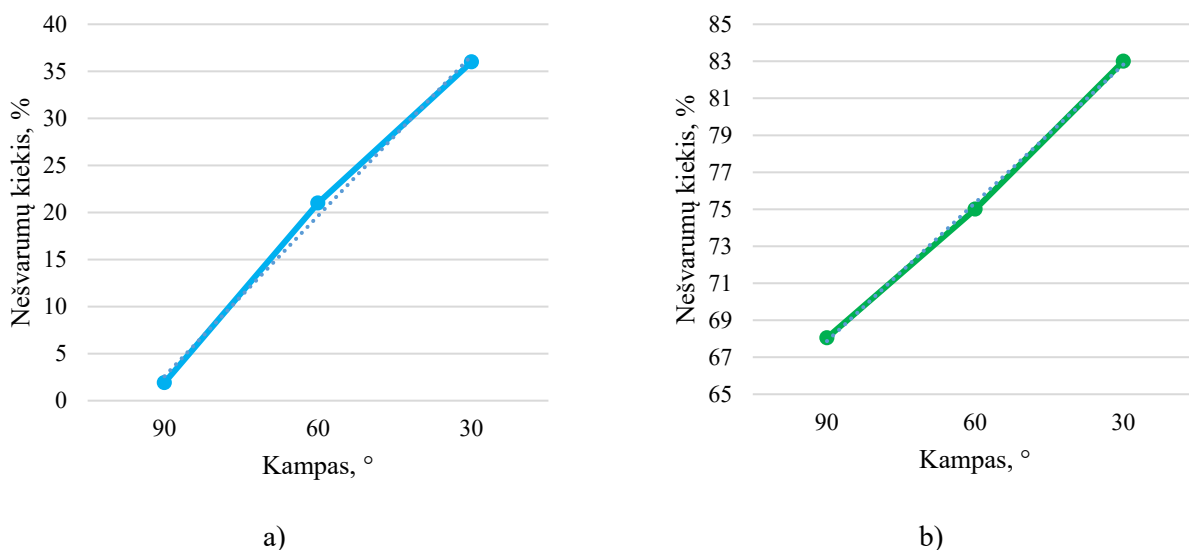
25 pav. Atstumo nuo purkštuko iki plaunamo paviršiaus įtaka nešvarumų pašalinimui (valymo efektyvumui) vandens srove: a – plaunant modulinę juostą *S2-0 FLT*; b – plaunant modulinę juostą *S2-57 GRT*

Grafiškai pavaizduotuose dviejų skirtingų modulių juostų plovimo tyrimo rezultatuose, abiejais atvejais gautos statinės tiesinės regresijos. Linijų kilimas rodo valymo efektyvumo mažėjimą, t. y. didėjantį po plovimo ant juostos likusių nešvarumų kiekį, didėjant tirtam atstumui. Plaunant juostą *S2-0 FLT* skirtumas tarp mažiausio ir didžiausio atstumo yra 6,3 %, tai reiškia, kad atstumui didėjant, kas 50 mm gaunamas 2,1 % plovimo efektyvumo mažėjimas. Atitinkamai, plaunant *S2-57 GRT* juostą, skirtumas yra 6,75 %, o tai rodo kas 50 mm 2,32 % mažėjantį plovimo efektyvumą. Abiejų juostų tiesinės regresijos rezultatai yra panašūs. Mokslininkai J. M. Scott'as [32] ir Y. Lee'as [35], taip pat, tyrė plovimo efektyvumo priklausomybę nuo atstumo tarp purkštuko ir valomo paviršiaus, jie nustatė tiesines efektyvumo regresijas bei įrodė, kad esant mažesniai plovimo atstumui efektyvumas nežymiai pagerėja.

5.2.2. Nešvarumų pašalinimo efektyvumo priklausomybė nuo kampo į paviršių

Purškimo smūgio kampo įtaka plovimo proceso efektyvumui tirta, bandymą atliekant purkštuku *65/10 H-VV*. Pasirinkti išpurškimo kampai į paviršių: 30° , 60° ir 90° , kai atstumas iki plaunamo paviršiaus nuo purkštuko yra 100 mm. Tyrimai parodė, kad išpurškimo kampo didėjimas turėjo

neigiamos įtakos nešvarumų pašalinimui vandens srove, plaunant skirtingų tipų modulines juostas, esant tiek skirtingiems slėgiams, tiek juostos sukimosi greičiams. 26 paveiksle grafiškai pateikti rezultatai, gauti atlikus plovimą 3 barų slėgiu, kai juostos sukimosi greitis 3 m/min. Tyrimo metu nešvarumai prieš plovimą mirkyti 5 minutės, o rezultatai užfiksuoti juostai apsisukus du kartus.



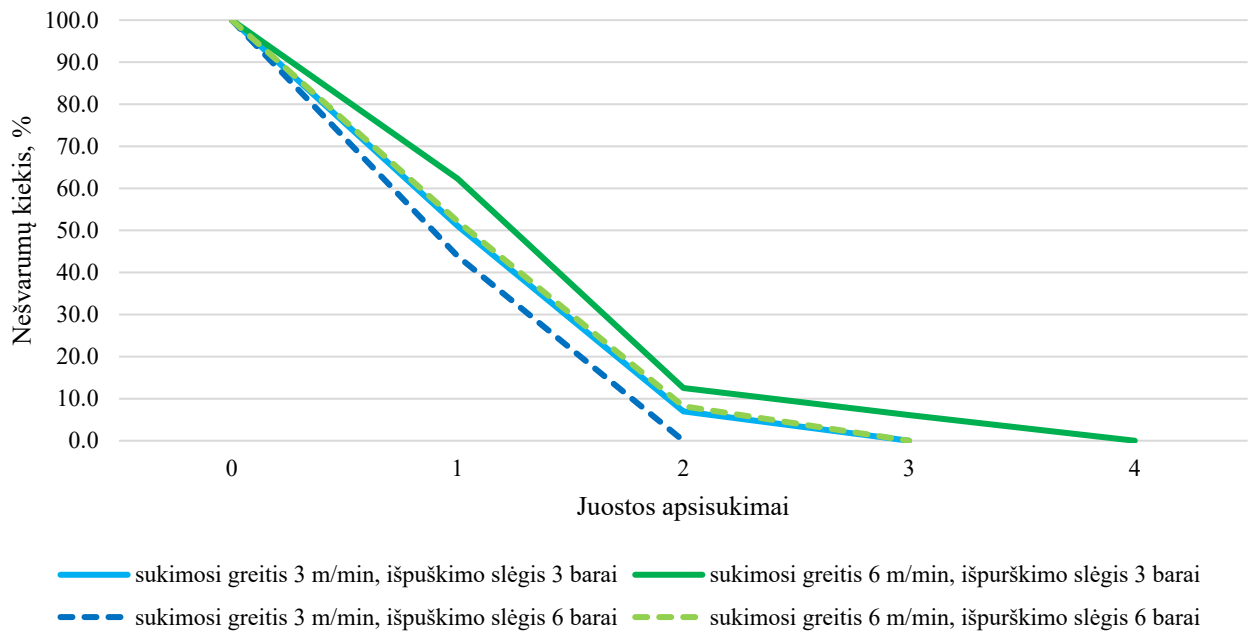
26 pav. Purškimo kampo į plaunamą paviršių įtaka nešvarumų pašalinimui (valymo efektyvumui) vandens srove: a – plaunant modulinę juostą *S2-0 FLT*; b – plaunant modulinę juostą *S2-57 GRT*

Grafikuose matyti, kad, mažinant purškimo kampą į paviršių, efektyvumas tiesiškai mažėja. Plaunant nešvarumus nuo *S2-0 FLT* modulinės juostos, skirtumas tarp statmenos purkštuko padėties (90°) į purškiamą paviršių ir pakreiptos 30° kampu yra 34 %, tuo metu, plaunant modulinę juostą *S2-57 GRT*, šis skirtumas – 15 %. Vis dėlto, juostai su grioveliais (*S2-57 GRT*) kampo keitimas turi didžiausią įtaką – ku mažesnis kampas, tuo sunkiau bus išplauti grioveliai, nes tokiu atveju yra plaunamas tik lygus juostos paviršius. Todėl, siekiant maksimalaus valymo efektyvumo, purkštukas turi būti orientuotas kuo statmeniau plaunamam paviršiui. Panašius rezultatus gavo ir mokslininkas J. M. Scott'as [32], kuris valė baltyminio pobūdžio nešvarumus nekeisdamas slėgio, tik kampo į plaunamo paviršiaus vertę nuo 90° iki 0° , tai nustatė kad, keičiant paviršiaus kampą ašies atžvilgiu nuo 90° iki 30° , efektyvumas prarandamas beveik tiesiškai, geriausi rezultatai pasiekiami esant statmenam purškimo kampui.

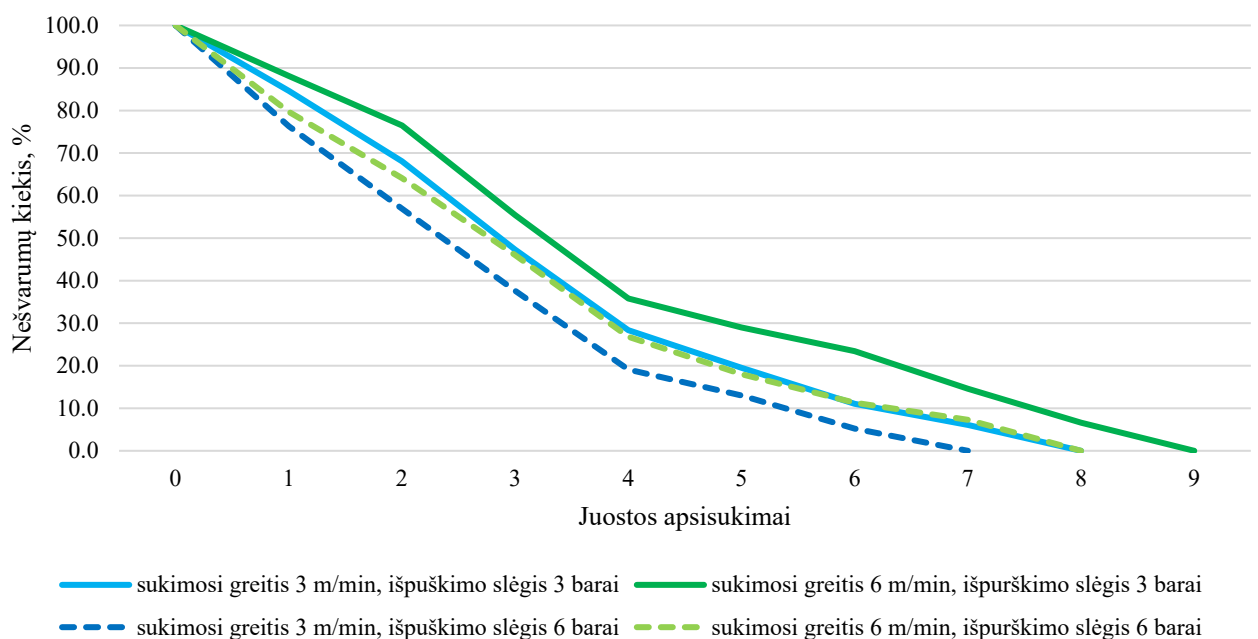
5.2.3. Plovimo efektyvumo priklausomybė nuo konvejerio juostos sukimosi greičio

Transporterio juostos judėjimo greičio įtakai plovimo efektyvumui įvertinti naudoti skirtingi purkštukai. Gauti valymo efektyvumo duomenys buvo panašūs, todėl šiame skyrelyje pateikiami tik purkštuku *65/10 H-VV* gauti rezultatai. Visi tyrime naudoti purkštukai bandymo metu buvo nukreipti statmenai plaunamam paviršiui ir 100 mm atstumu nuo jo. Tyrimui pasirinkti du skirtingi juostos greičiai – 3 m/min. ir 6 m/min. ir du skirtingi išėjimo slėgiai – 3 barų ir 6 barų. Tyrimo metu nešvarumai prieš plovimą mirkyti 5 min., o rezultatai užfiksuoti juostai apsisukus du kartus.

27 ir 28 paveiksluose pateikti duomenys rodo, kad, didėjant juostos sukimosi greičiui, efektyviausiam valymo procesui pasiekti reikalingas didesnis kiekis juostos apsisukimų.



27 pav. Juostos sukimosi greičio įtaka nešvarumų pašalinimui (valymo efektyvumui) vandens srove, plaunant modulinę juostą *S2-0 FLT*



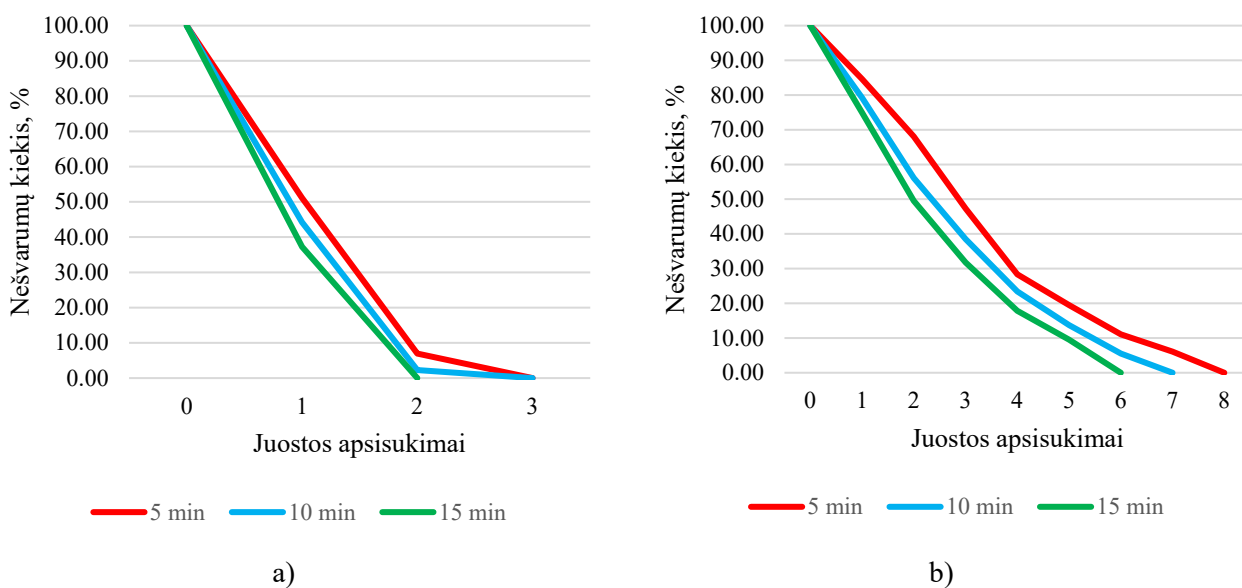
28 pav. Juostos sukimosi greičio įtaka nešvarumų pašalinimui (valymo efektyvumui) vandens srove, plaunant modulinę juostą *S2-57 GRT*

Plaunant nešvarumus nuo *S2-0 FLT* modulinės juostos, kai srauto išėjimo slėgis 3 barai (žr. 27 pav.), o juostos sukimosi greitis – 3 m/min, pilnam nešvarumų nuvalymui reikalingi 3 juostos apsisukimai, tuo metu, esant 6 m/min. juostos sukimosi greičiui, reikalingų apsisukimų skaičius didesnis – 4. Tai lemia padidėjęs vandens ir paviršiaus sąlyčio laikas. Svarbu, kad didėjant apsisukimų skaičiui padidėja vandens sąnaudos. Vis dėlto, plovimo sistemoje naudojant didesnę – 6 barų slėgį, plovimo efektyvumas didėja, esant tiek 3 m/min, tiek 6 m/min. apsisukimo greičiui, t. y. didinant slėgį, kas 3 barus apsisukimų skaičius vienu sumažėja. Nustatyta, kad panašūs rezultatai

gauti, plaunant juostą, kurios sukimosi greitis yra 3 m/min, slėgis – 3 barai ir, kai greitis 6 m/min, o slėgis, atitinkamai – 6 barai. Be to, iš rezultatų nustatyta, kad didžiausias kiekis nešvarumų yra pašalinamas pirmų juostos apsisukimų metu. Panašūs rezultatai gauti, plaunant *S2-57 GRT* transporterio juostą (žr. 28 pav.). Šiuo atveju, esant 3 barų slėgiui ir 6 m/min. juostos apsisukimo greičiui, pilnam nešvarumų pašalinimui reikia 9 apsisukimų, o, esant 3 m/min. greičiui, jų reikia tik 8. Nustatyta, kad nuo modulinė juostų su grioveliais nešvarumai pasišalina sunkiau. Greičio įtaka plovimo efektyvumui nagrinėjo mokslininkas Y. Lee'o ir kiti [35] tyrime su langų valymo robotu nustatė, kad valant mažesniu greičiu valymo efektyvumas yra didesnis, tačiau šiame tyrime, slėgis turėjo didesnę įtaką.

5.2.4. Plovimo efektyvumo priklausomybė nuo putų kontakto laiko su paviršiumi

Priklausomai nuo gamintojo, putojančias plovimo priemones ant paviršiaus rekomenduojama laikyti nuo 5 iki 15 minučių. Siekiant išsiaiškinti, kokią įtaką mirkymo laikas turi nešvarumų pašalinimo efektyvumui, tyrime nešvarumų mirkymas atliktas, esant skirtingoms – 5 min., 10 min. ir 15 min. trukmėms. Bandymas atliktas *65/10 H-VV* purkštuku, kuris orientuotas statmenai plaunam paviršiui, o jo atstumas ir plaunamo juostos paviršiaus – 100 mm. Tyrimo rezultatai užfiksuoti, esant 3 m/min. juostos sukimosi greičiui bei 3 barų išpurškimo slėgiui.



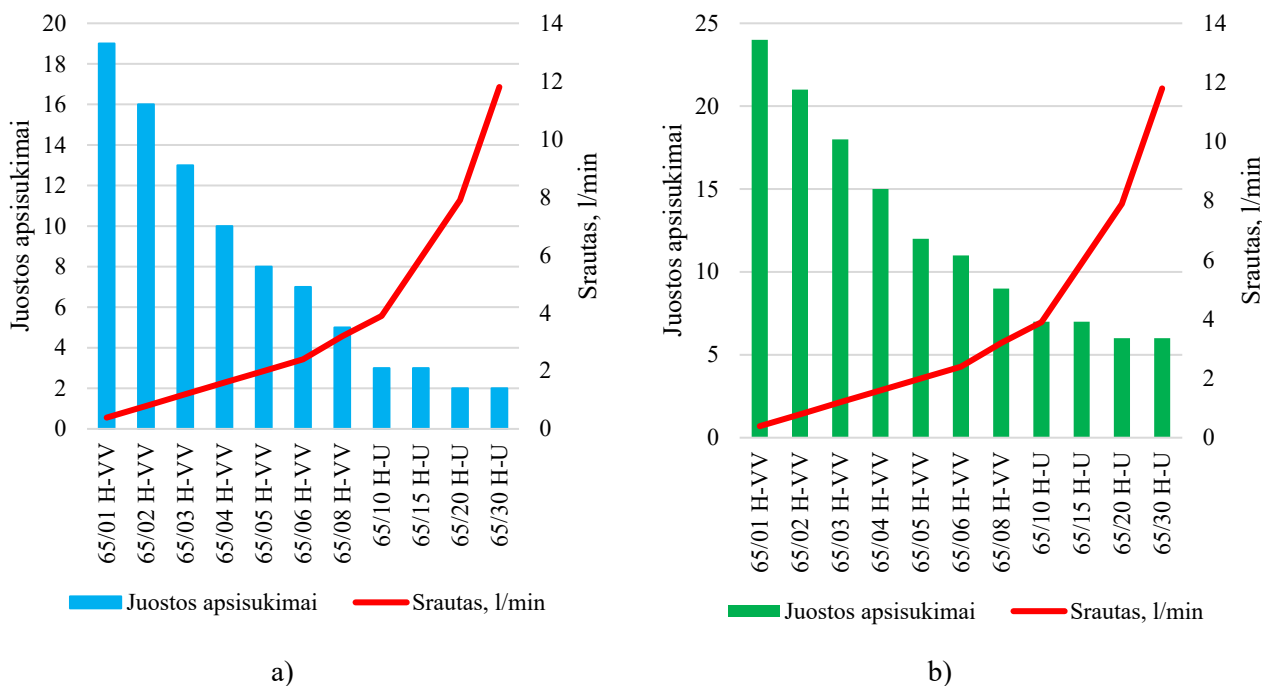
29 pav. Putojančių valymo priemonių kontakto laiko su nešvarumais įtaka nešvarumų pašalinimui (valymo efektyvumui), kai: a – plaunama *S2-0 FLT* modulinė juosta; b – plaunama *S2-57 GRT* modulinė juosta

Nustatyta, kad didesnis valymo efektyvumas pasiekiamas, ilgėjant valymo priemonės sąlyčio su paviršiuje esančiais nešvarumais laikui. Esant trumpiausiam pasirinktam 5 min. putų kontakto laikui su nešvarumais, pilnai nuvalyti užterštai juostai su *S2-0 FLT* purkštuku reikia 3 apsisukimų, kai kontakto laikas 15 min. – reikalingi 2 juostos apsisukimai. Grafike (žr. 29 pav. a) matyti, kad, juostą mirkant 10 min., jos valymui reikalingas toks pats apsisukimų skaičius kaip mirkant 15 min., tačiau šiuo atveju plovimo efektyvumas vis tiek yra geresnis. Tai galima spręsti pagal nešvarumų kiekį po dviejų juostos apsisukimų – po jų valymas yra 4,7 % efektyvesnis. Didelis skirtumas pastebimas šalinant nešvarumus nuo modulinės juostos *S2-57 GRT* (žr. 29 pav. b). Šiuo atveju, ilgėjant putojančios plovimo priemonės kontakto laikui, mažėja juostos apsisukimų skaičius plaunant vandeniu. Po 5 juostos apsisukimų gauti rezultatai parodė, kad valymo efektyvumas, esant

ilgiausiam – 15 min. kontakto laikui yra ~10 % geresnis nei, esant 5 min. kontakto laikui. Taigi, galima teigti, kad nešvarumus veikiant (mirkant) plovimo priemonėmis yra daug lengviau juos pašalinti, t. y. reikalinga vis mažesnė jėga. Mokslininkas R. Murcer'as ir kiti [34], taip pat įrodė, kad nešvarumus mirkant vandeniui yra daug lengviau juos pašalinti. Nustatė, kad ilgėjant nešvarumų mirkymo laikui, vis mažesnis slėgis reikalingas jiems pašalinti, pvz., mirkant 450 sekundžių ir plaunant vandeniui, kai purkštukas yra 90° kampu į paviršių reikalingas 0,7 baro slėgis, mirkant 300 sekundžių reikalingas slėgis yra 2 barai, o mirkant 150 sekundžių – 5,2 baro.

5.2.5. Plovimo efektyvumo priklausomybė nuo tiekiamo srauto ir purkštuko angos dydžio

Purkštuko angos dydžio įtakai plovimo efektyvumui įvertinti, tyrime naudoti skirtingi purkštukai. Valant skirtingais išpurškimo kampais gauti panašūs valymo efektyvumo duomenys, todėl šiame skyrelyje pateikiami tik purkštukų su 65° išpurškimo kampu tyrimo metu gauti rezultatai. Visi tyrime naudoti purkštukai buvo nukreipti statmenai plaunamam paviršiui ir 100 mm atstumu nuo jo. Juostos sukimosi greitis – 3 m/min., putų kontakto laikas su nešvarumais – 5 min., o srauto išėjimo slėgis – 3 barai. Bandymo metu buvo siekiama nustatyti, kiek juostos apsisukimų reikia 100 % valymo efektyvumui pasiekti.



30 pav. Purkštuko tiekiamo srauto ir išpurškimo angos dydžio įtaka nešvarumų pašalinimui (valymo efektyvumui) vandens srove, kai: a – plaunama S2-0 FLT modulinė juosta; b – plaunama S2-57 GRT

Purkštukas, priklausomai nuo angos diametro ir sistemoje naudojamo slėgio, išpurškia tam tikrą kiekį vandens, t. y. srautą (l/min.), o šie duomenys yra pateikiami purkštukų gamintojo (žr. 4 lent.). Didėjant pro purkštuką išeinančiam slėgiui, didėja ir srautas, arba, nesikeičiant slėgiui, tik didėjant angos dydžiui, didėja ir srautas. Grafikuose (žr. 30 pav.) pateikti duomenys nurodo, kokiam srautui esant, koks juostos apsisukimų skaičius yra reikalingas pilnam nešvarumų pašalinimui nuo juostų. Matoma, kad, didėjant srautui, didėja ir efektyvumas. Plaunant nešvarumus nuo S2-0 FLT modulinės juostos su 65/01 H-VV purkštuku (žr. 30 pav. a), reikia 19 juostos apsisukimų, tuo metu, ją plaunant su purkštuku 65/20 H-VV, reikės tik 2. Tai reiškia, kad pastarojo purkštuko valymo efektyvumas yra geresnis 9,5 karto. Nustatyta, kad naudojant purkštukus

65/20 *H-VV* ir 65/30 *H-VV* efektyvumas nebekinta. Tai paaiškinama tuo, kad vienu juostos apsisukimu pašalinti visus nešvarumus yra sunku: pirmuoju apsisukimu pašalinama didžioji dalis nešvarumų, o paskutinio apsisukimo metu pašalinami paskutiniai likučiai, paprastai – iki 10 %. Panašūs rezultatai gauti plaunant *S2-57 GRT* modulinę juostą (žr. 30 pav. b). Šiuo atveju, plaunant nešvarumus su 65/01 *H-VV* purkštuku, reikia 24 juostos apsisukimų, o su purkštuku 65/20 *H-VV* – 6. Tai reiškia, kad pastarojo purkštuko valymo efektyvumas yra geresnis 4 kartus.

5.2.6. Plovimo vandenių tyrimo apibendrinimas

Iš gautų rezultatų galima nustatyti, koks purkštukas būtų tinkamiausias nešvarumų pašalinimui vandenių. Pirmiausia, didelę įtaką pasirinkimui turi purkštukų su kolektoriais padėtis ant transporterio. Norint pasiekti geriausią purkštukų darbo efektyvumą, reikia juos orientuoti kuo statmeniau plaunamam transporterio juostos paviršiui. Tuo metu, purkštuko atstumas iki paviršiaus plovimo procese didelės įtakos neturi – jį galima pasirinkti, atsižvelgiant į transporterio konstrukciją (iš anksto parinktą vietą kolektoriaus privertinimui). Svarbu prisiminti, kad, esant mažam purkštuko atstumui iki plaunamo paviršiaus, atitinkamai mažas bus juo padengiamas paviršiaus plotas. Tokiu atveju gali prireikti didesnio kiekio purkštukų, o tai padidintų vandens sąnaudas. Be to, purkštukų kolektorių galima tvirtinti taip, kad srovė būtų nukreipta ir į transporterio juostą sukančias žvaigždes, t. y. ant juostos lenkimosi radiuso, tokiu būdu jos irgi bus plaunamos, o tai leis lengviau pašalinti nešvarumus iš modulių juostų narelių sujungimų bei didesniems likučiams nukristi į juosta esančius latakus. Transporterių sistemose gali būti neįmanoma arba sudėtinga reguliuoti juostos sukimosi greitį. Didesnis naudojamas transporterio sukimosi greitis sutrumpina vandens ir plaunamo paviršiaus sąlyčio laiką, tai lemia stipriai mažėjantį plovimo efektyvumą. Putojančios plovimo priemonės padengimas ant nešvarios juostos ilgesniam laiko pagerina plovimo rezultatus. Šiuo atveju, reikalinga mažesnė srovės jėga ir sumažinamas plovimo proceso laikas, t. y. sumažinamas juostos apsisukimų skaičius, nes keičiantis mirkymo laikui nuo 5 iki 15 minučių, juostos apsisukimų skaičių galima sumažinti iki 2. Nustatyta, kad keičiant juostos apsisukimo greitį nuo 3 m/min. iki 6 m/min., atitinkamiems valymo efektyvumo rezultatams gauti reikia vieno papildomo juostos apsisukimo. Iširta, kad plovimo sistemose slėgis turi didelę įtaką, nes jam didėjant, didėja srovės smūgio į juostą jėga. Didinant slėgį sistemoje, juostos apsisukimų skaičius mažėja viena verte, t. y. plovimo efektyvumas didėja. Žinoma, kad slėgis priklauso nuo srauto, tuo metu, srautas priklauso nuo purkštuko angos dydžio, todėl tinkamo purkštuko parinkimas yra itin svarbus. Tinkamas purkštuko parinkimas turi didžiausią įtaką, nes sistemos plovimo efektyvumas, priklausomai nuo juostos, gali padidėti nuo 4 iki 24 kartų. Jei į purkštukus paduodamas vandentiekio vanduo, kurio slėgis yra 3 barai, juostos sukimosi greitis – 3 m/min., o putojanti plovimo priemonė ant nešvarios lygios / uždaros (pvz. homogeninės ar *S2-0 FLT* modulinės) juostos paliekama 15 minučių, tai geriausia rinktis 65/10 *H-U* purkštuką – naudojant jį reikės tik dviejų juostos apsisukimų, o vandens sąnaudos bus 3,9 l/min. Remiantis rezultatais, galima naudoti ir didesnio diametro purkštukus, tačiau tokiu atveju sąnaudų kiekis išauga. Jei plaunama atvira (pvz., *S2-57 GRT* modulinė) juosta, galima rinktis 65/20 *H-U* purkštuką, kuris juostą nuplaus per 4 juostos apsisukimus, o vandens sąnaudos sieks – 7,9 l/min. Šiuo atveju, nurodyti purkštukai su 65° išpurškimu, tačiau tai neturi įtakos plovimo efektyvumui, todėl gali būti naudojami ir mažesnio ar didesnio kampo purkštukai. Norint pasiekti tuos pačius rezultatus, didinant juostos greitį reikėtų didinti srautą, ko pasėkoje keičiasi purkštuko angos dydis, arba galima didinti sistemos slėgį tam kad padidinti pro naudojamą purkštuką išpurškiamą slėgį. Jei norima padidinti slėgį tik sistemoje, tačiau nekeisti juostos sukimosi greičio, tokiu atveju reikia

sumažinti purkštuko angos diametrą. Be to, bandymų metu iširta, kad, valant uždaras juostas, apatinei juostos daliai nuplauti reikalingas mažesnis vandens srautas nei viršutinei, kurioje susikaupia visi nešvarumai. Vis dėlto, tai negalioja atviroms juostoms, nes ant jų nešvarumai yra pastebimi iš abiejų juostos pusių.

5.3. Plovimo ciklas

Remiantis gautais rezultatais, sudaromas plovimo ciklas, kuriuo norima plauti skirtingas transporterių juostas, kai jų sukimosi greitis apie 3 m/min. ir yra naudojamas karštas vandentiekio vanduo, kuris pro purkštukus išpurškiamas 3 barų slėgiu. Plovimo ciklui priskiriami purkštukai ir numatomas reikalingas juostos apsisukimų skaičius. Ciklo sudaryme nėra vertinamas įrangos ardymas ar kitų transporterio dalių plovimas.

Plovimo ciklas, kai transporterėje naudojama homogeninė ir uždara modulinė juosta, pateiktas 10 lentelėje, o atviros modulinės juostos plovimo ciklas pateiktas 11 lentelėje.

11 lentelė. Homogeninės ir uždaros modulinės juostos plovimo ciklas

Etapas	Pavadinimas	Purkštukas	Juostos apsisukimai	Laikas
1.	Juostos nuplovimas vandeniu	65/10 H-U	1-2	Priklauso nuo juostos ilgio
2.	Juostos padengimas putojančiu plovikliu	65/08 H-VV	1	Priklauso nuo juostos ilgio
3.	Ploviklio veikimo laikotarpis	-	-	15 min
4.	Ploviklio nuplovimas vandeniu	65/10 H-U	2	Priklauso nuo juostos ilgio
5.	Juostos dezinfekavimas	65/10 H-U	1	Priklauso nuo juostos ilgio
6.	Dezinfekcinio skysčio veikimo laikotarpis	-	-	15 min
7.	Dezinfekanto nuplovimas vandeniu	65/10 H-U	1-2	Priklauso nuo juostos ilgio

12 lentelė. Atviros modulinės juostos plovimo ciklas

Etapas	Pavadinimas	Purkštukas	Juostos apsisukimai	Laikas
1.	Juostos nuplovimas vandeniu	65/20 H-U	1-2	Priklauso nuo juostos ilgio
2.	Juostos padengimas putojančiu plovikliu	65/08 H-U	1	Priklauso nuo juostos ilgio
3.	Ploviklio veikimo laikotarpis	-	-	15 min
4.	Ploviklio nuplovimas vandeniu	65/20 H-U	4	Priklauso nuo juostos ilgio
5.	Juostos dezinfekavimas	65/20 H-U	1	Priklauso nuo juostos ilgio
6.	Dezinfekcinio skysčio veikimo laikotarpis	-	-	15 min
7.	Dezinfekanto nuplovimas vandeniu	65/20 H-U	1-2	Priklauso nuo juostos ilgio

Paviršiaus padengimui abiem skysčiais (vandeniu, dezinfekavimo priemone) pasirinkti tie patys purkštukai. Jie yra būtini tiek pirminiam juostos skalavimui, kad aukšta srove nuo juostos būtų lengvai pašalinti dideli likučiai, tiek ploviklio nuplovimui vandeniu, kad kartu su putojančia valymo

priemone būtų pašalinti visi likę nešvarumai, tiek visiškam dezinfekanto nuplovimui nuo paviršiaus. Bet dezinfekanto priemonė yra tik padengiama ant paviršiaus jei yra galimybė naudoti mažesnio diametro purkštukus, tačiau tokiu atveju ant transporterio yra reikalinga tvirtinti tris eiles kolektorių su purkštukais. Kam gali neužtekti vietos.

Lentelėse pateikti purkštukai, kurių skysčio išpurškimo kampas yra 65° , vis dėlto, tai neturi įtakos plovimo efektyvumui, todėl gali būti naudojami mažesnio ar didesnio kampo purkštukai, atsižvelgiant tik į juostos plotį. Juostos apsisukimų kiekis gali būti reguliuojamas pagal nešvarumų kiekį.

6. Automatizavimo galimybės

Automatizavimas – tai technologijų panaudojimas, leidžiantis pakeisti, palengvinti žmonių darbą, arba vykdyti darbinės operacijas, kurių žmogus atlikti negali [51, 52]. Be to, automatizavimo metu siekiama iki minimumo sumažinti darbuotojo naudojamą fizinę jėgą – tokiu atveju žmonės turėtų tik pažiūrėti ir valdyti įrenginių darbo procesą [52].

Įmonės, siekdamos išlikti konkurencingomis ir padidinti savo darbo našumą, ieško įrangos automatizavimo galimybių. Stambios įmonės automatizavimą naudoja jau daugelį metų, tuo metu, jis tampa vis labiau prieinamu ir smulkesnėms įmonėms, nes automatizuota įranga yra patogesnė ir ekonomiškesnė [53].

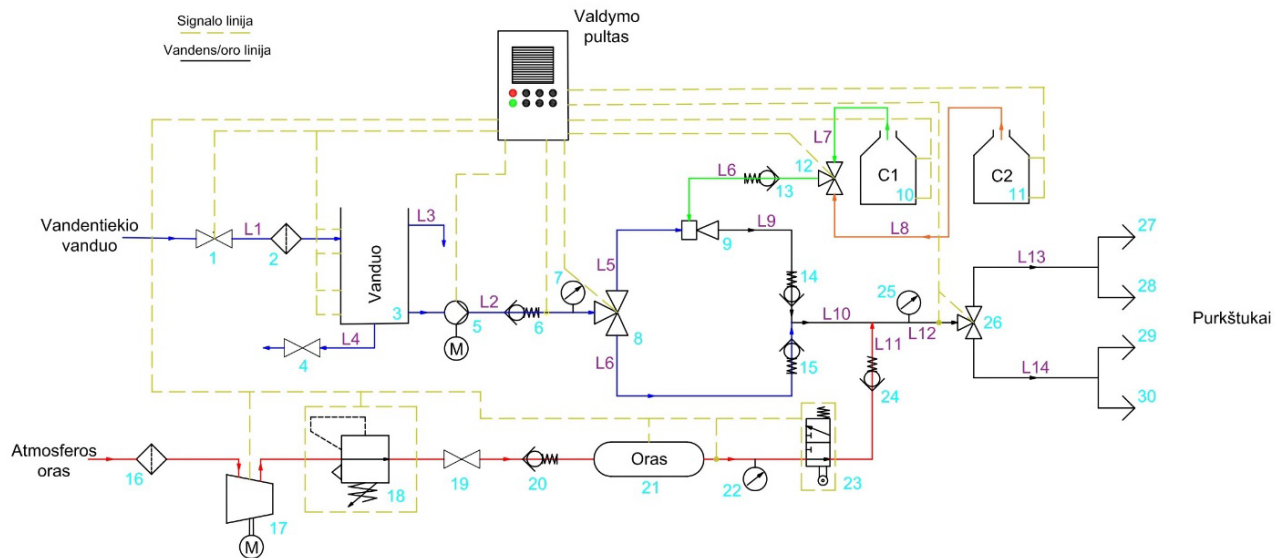
Konvejerio juostų plovimo tyrimas atliktas paprasčiausiu principu: operatorius prijungia valymo stotelę prie purkštukų sistemos ir, keičiant padėtis stotelėje, atliekamos visos valymo procedūros. Tuo metu, esant atskirų purkštukų skirtingoms valymo medžiagoms poreikiui, naudojami skirtingi kolektoriai su manometrais, vožtuvais ir greitomis jungtimis, kurių pagalba plovimo stotelė yra prijungiama prie tam tikros purkštukų sistemos. Kai pirma operacija yra plovimas vandenių, greitosios jungties pagalba plovimo stotelė prijungiama prie kolektoriaus su vandeniui skirtais purkštukais. Norint juostą padengti putomis, jungtis perjungiama į kolektorių su purkštukais, skirtais putoms. Šias parinktis ir stotelės valymą turi atlikti operatorius, o tai reikalauja sąlyginai daug laiko.

Automatizuotoje konvejerio juostų plovimo sistemoje valymo ciklas turi būti valdomas mygtuko(-ų) paspaudimu. Tam būtina nustatyti įvairius pneumatikos ir hidraulikos elementus, jutiklius vandens, cheminių medžiagų bei oro stebėjimui, taip pat, jutiklius slėgio stebėjimui bei numatyti, jų integravimo vietas sistemoje. Elektroniniam sistemos valdymui yra reikalingi valdikliai.

6.1. Pneumatikos ir hidraulikos komponentų parinkimas

Žinoma, kad plovimo ciklas susideda iš kelių etapų, kurių metu naudojami vis skirtingi plovimo mišiniai, o jų tekėjimui ir maišymui reikalingas tam tikras sistemos išdėstymas (žr. 31 pav.).

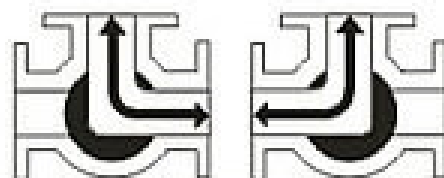
Plovimo sistemoje yra naudojamas vandentiekio vanduo, kuris į sistemą tiekiamas atsukus vožtuvą 1. Svarbu paminėti, kad vandens cheminė sudėtis turi didelę įtaką valymo kokybei: tirpių mangano ir geležies druskų koncentracijai vandenyje esant didesnei nei 0,3 ppm, darbiniai paviršiai pasidengia spalvotomis nuosėdomis, naudojant pašildytą kietą vandenį, kuriame gausu ištirpusių kalcio ir magnio druskų, paviršiuje formuojasi kalkių nuosėdos [54], sudarančios apsauginę terpę kauptis ir daugintis mikroorganizmams (juos sulaiko ir taip apsunkina dezinfekciją), sumažinančios šilumos energijos perdavimą, taip neleidžiant užtikrinti būtinų paviršių pasterizacijos ir sterilizacijos sąlygų bei skatinant paviršių korozijos procesą. Siekiant išvengti šių neigiamų veiksnių, sunkiosioms dalelėms pašalinti sistemoje įrengiamas vandens filtras 2. Filtruotas vanduo patenka į vandens rezervuarą 3. Ši talpa turi vieną įėjimą *L1* ir tris išėjimus: išėjimas *L2* yra skirtas skysčio tiekimui į sistemą, *L3* – talpos perpildymo vandenių kontrolei, o *L4* naudojamas vandens išleidimui rankiniu būdu, naudojant sklendę 4.



31 pav. Technologinė plovimo sistemos schema: 1 – vandens vožtuvas; 2 – vandens filtras; 3 – vandens rezervuaras; 4 – rankinė vandens sklendė; 5 – motorinis vandens siurblys; 6, 13, 14, 15, 20, 24 – atbulinis spyruoklinis vožtuvas; 7, 22, 25 – manometras; 8, 12, 26 – triegis vožtuvas; 9 – ežektorius; 10 ir 11 – cheminių medžiagų talpos; 16 – oro filtras; 17 – oro kompresorius; 18 – reguliuojamas slėgio mažinimo vožtuvas; 19 – rankinė oro sklendė; 21 – oro rezervuaras; 23 – 3/2 linijinis skirstytuvas; 27, 28, 29, 30 – purkštukai

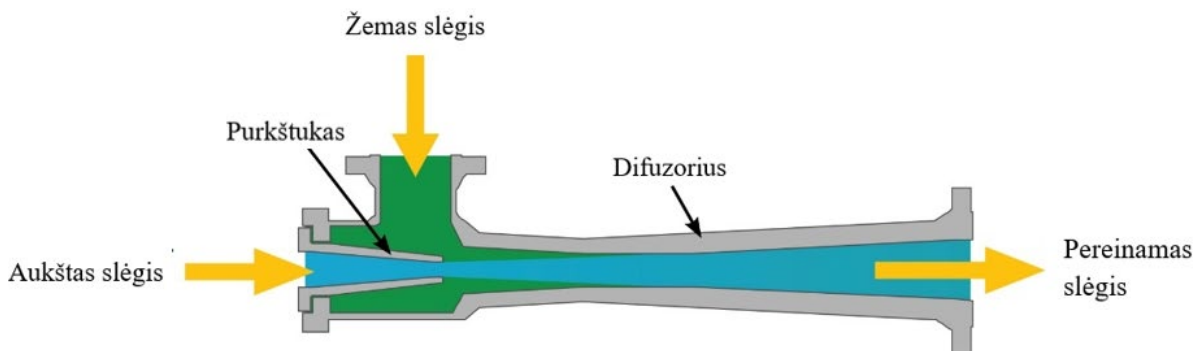
Vanduo iš rezervuaro 3 tiekiamas į sistemą elektriniu vandens siurbliu 5. Siurblio paskirtis yra ne tik pumpuoti vandenį iš talpos, bet ir slėgti išeinantį srautą, todėl šiam tikslui gali būti naudojamas ir išcentrinis siurblys [55]. Skysčio tekėjimo tik viena kryptimi užtikrinimui sistemoje naudojamas atbulinis spyruoklinis vožtuvas 6. Šis vožtuvas yra universalus – jo padėtis sistemoje gali būti tiek vertikali, tiek horizontali, t. y., parenkant tinkamą spyruoklės jėgą, jis pritaikomas įvairioms vamzdymo konfigūracijoms, be to, šie atbuliniai vožtuvai pasižymi tyliu veikimu [56, 57]. Sistemoje slėgio stebėjimui įrengti manometrai 7, 22 ir 23, leidžiantys sekti rodiklius ne tik valdymo pulte, bet ir vietoje – vamzdyne.

Sistemoje įrengtas triegis vožtuvas 8, kuriame yra trys tekėjimo angos. Šis vožtuvas gali veikti dviem skirtingomis konfigūracijomis: kaip maišymo vožtuvas, galintis sumaišyti du skysčius į vieną ir kaip nukreipimo vožtuvas, turintis vieną įėjimą ir du išėjimus arba atvirkščiai [59]. Valymo sistemoje šis vožtuvas naudojamas srauto nukreipimui – su vienu įėjimu ir dviem išėjimais, kur ateinantis vanduo linija *L2* nukreipiamas į liniją *L5* arba *L6*. Valymo sistemoje naudojamas vožtuvas su L formos konfigūracija (žr. 32 pav.).



32 pav. L formos triegio vožtuvo tekėjimo kryptys [59]

Pasirinkus vožtuvo poziciją, kurioje srautas iš linijos $L2$ nukreipiamas į liniją $L5$, į vandenį bus įmaišomos cheminės medžiagos $C1$ arba $C2$. Maišymui naudojamas skysčių ežektorius 9, kurio veikimas paremtas Bernulio principu: didėjant skysčio greičiui – jo slėgis mažėja ir atvirkščiai. Skysčio greičio padidinimui ežektorius viduje turi susiaurėjantį antgalį, kuriuo aukštas statinis slėgis paverčiamas į greičio slėgį. Tuomet susidaro žemo slėgio zona ir joje esančiam slėgiui esant mažesniai už įsiurbiamo skysčio srauto, prijungto iš ežektoriaus šono (linijos $L6$), skystis bus įtrauktas į ežektoriaus korpusą. Tuomet sumaišytas skystis teka per difuzoriaus sekciją, kurioje vėl sumažėja greitis ir padidėja slėgis [61, 62]. Mišinys tiekiamas į liniją $L9$, kuria toliau – per atbulinį vožtuvą 14 keliauja į liniją $L10$.



33 pav. Ežektorius [61]

Nustatant, kuri cheminė medžiaga bus tiekiamas į ežektorius, keičiama trieigio vožtuvo 12 pozicija – į L formos su dviem įėjimais ($L7$ ir $L8$ linijos) ir vienu išėjimu ($L6$ linija). Vienakryptį skysčio tekėjimą $L6$ linija užtikrina atbulinis spyruoklinis vožtuvas 13.

Naudojant putojančią valymo priemonę $C1$, reikalingas oro padavimas į jos ir vandens mišinį. Oro ir valomojo mišinio maišymas vyksta sujungus $L10$ ir $L11$ linijas. Į sistemą kompresoriumi 17 įsiurbiamas atmosferos oras, kuris prieš tai nuo dulkių išvalomas oro filtru 16. Oro kompresorius yra vienas dažniausiai pneumatikoje sutinkamų elementų, paverčiančių elektros energiją į potencinę energiją, kuri yra suslėgta ore. Kompresorius stumia vis daugiau oro į rezervuarą 21, taip padidinamas jame esantį slėgį. Kai rezervuaro slėgis pasiekia nustatytą ribą, oro kompresorius išsijungia ir oras rezervuare laikomas tol, kol jis bus pradėtas naudoti [62]. Į rezervuarą nepatekęs arba perteklinis oras nuteka reguliuojamu slėgio mažinimo vožtuvu 18 [63]. Kai rezervuaro slėgis sumažėja iki tam tikros ribos, oro kompresorius vėl įsijungia ir procesas yra kartojamas. Tam, kad suspaustas oras neišeitų iš rezervuaro, naudojamas atbulinis spyruoklinis vožtuvas 20. Oro srauto padavimą į sistemą kontroliuoja 3/2 linijinis skirstytuvas 23. Jis turi tris angas ir dvi fiksuotas padėtis – atidarytas arba uždarytas [64]. Valymo sistemoje vožtuvas yra atidarytas tik vienos plovimo operacijos metu – purkštuku (-ais) purškiant putas, visais kitais atvejais – jis yra uždarytas. Kad oro srautas netekėtų atbuline eiga, naudojamas atbulinis spyruoklinis oro vožtuvas 24. Atidaryto vožtuvo metu oro srautas keliaudamas linija $L11$ yra įmaišomas į mišinį, tiekiamą linija $L10$, o susimaišę oro burbuliukai su mišiniu susidaro putas, kurios tiekiamos linija $L12$. Putos yra nukreipiamos link putoms parinkto purkštuko, naudojant trieigį vožtuvą 26, kurio tekėjimo konfigūracija yra L formos su vienu įėjimu ir dviem skirtingais išėjimais į $L13$ ir $L14$ linijas. Jei putų purkštukai yra 27 ir 28, tuomet trieigio vožtuvo pagalba paruoštos putos iš linijos $L12$ nukreipiamos į liniją $L13$ ir purkštukais 27 ir 28 paskirstomos tiesiai ant transporterio juostos.

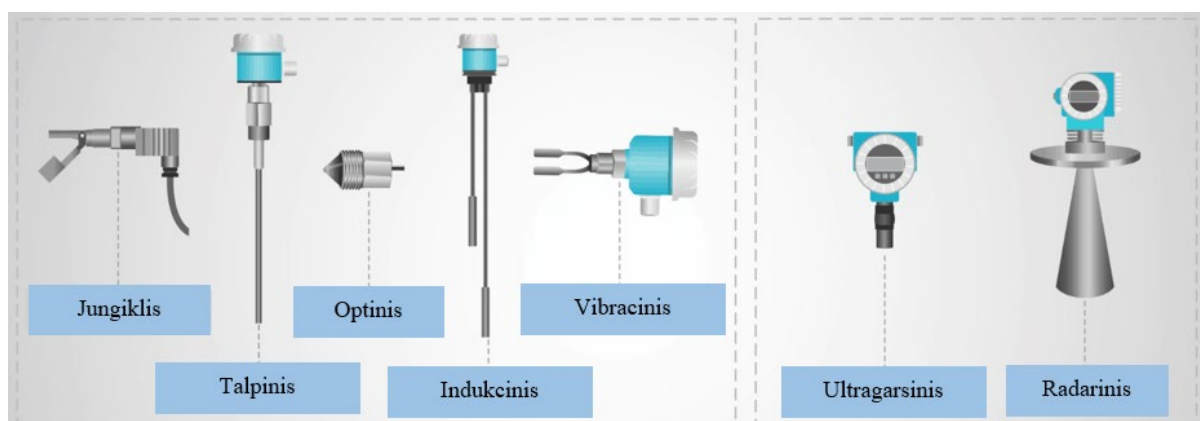
Norint transporterio juostą padengti dezinfekciniu skysčiu, reikalingas vandens padavimas ir *C2* (kai tai yra dezinfekavimo priemonė) mišinio maišymas ežektoriuje 9, iš kurio toliau kelias linija *L9*, *L10* ir *L12*. Šiuo atveju, oro padavimas nereikalingas ir 3/2 linijinis skirstytuvas 23 bus uždarytas. Tačiau toks mišinys turi būti tiekiamas į kitą purkštukų grupę – 29 ir 30. Todėl trieigio vožtuvo 26 padėtis turi būti tokia, kad skystis pratekėtų iš linijos *L12* į liniją *L14* ir būtų paskirstytas purkštukais 29 ir 30 ant transporterio juostos.

Norint ant transporterio juostos purkšti tik vandenį, reikalingas trieigio vožtuvo 8 padėties pakeitimas – jame tekantis srautas turi būti nukreiptas iš linijos *L2* į liniją *L6*. Vandens srautas toliau teka pro atbulinį spyruoklinį vožtuvą 15, patenka į liniją *L10* ir liniją *L12*. Vanduo turi išeiti pro tuos pačius purkštukus kaip ir dezinfekcinis skystis, t. y. purkštukais 29 ir 30, todėl trieigio vožtuvo 26 padėtis turi būti nustatyta tokia, kad vanduo iš linijos *L12* patektų į liniją *L14* ir pro purkštukus ant transporterio juostos.

6.2. Jutikliai plovimo sistemoje

Siekiant stebėti vandens lygį rezervuare 3, cheminių medžiagų kiekį talpose 10 ir 11, oro slėgį rezervuare 21 bei slėgius esančius sistemoje – reikalingi tam skirti jutikliai.

Prie skysčio talpų turi būti pritvirtinti skysčio lygio jutikliai, kurie siųstų signalą, kai talpoje baigiasi vanduo ar cheminės medžiagos ir ją reikia papildyti. Šiam tikslui gali būti naudojami plūdiniai lygio jungikliai, talpiniai, optiniai, indukciniai, vibraciniai (kamertonai), ultragarso ar radariniai jutikliai (žr. 34 pav.) [65].



34 pav. Skysčio lygio jutikliai [65]

Plačiausiai naudojami skysčių lygio matuokliai yra optiniai, kurie nustato skysčio lygį tam tikrame taške, t. y. ten, kur yra nukreipti. Šiuo atveju, talpose reikėtų naudoti kelius tokius jutiklius, kad būtų galima sekti minimalią ir maksimalią skysčio lygio vertę. Maksimali reikšmė ir signalas ją pasiekus įspėja apie pasiektą didžiausią leidžiamą skysčio tūrį talpoje, o pasiekus minimalų skysčio lygį, gaunamas įspėjamasis signalas, primenantis talpą vėl pripildyti skysčiu.

Oro rezervuare svarbu stebėti slėgio pokyčius, nes nuo jų priklauso kompresoriaus darbas. Slėgiui nustatyti yra naudojami trys pagrindiniai jutikliai: manometriniis slėgio jutiklis, absoliutaus slėgio jutiklis ir diferencinis slėgio jutiklis (žr. 35 pav.).



35 pav. Slėgio jutikliai [66]

Manometrinis jutiklis matuoja pagal atmosferos slėgį, absoliutusias – pagal vakuumą, o diferencinis matuoja dviejų slėgių skirtumą [66]. Todėl oro rezervuarui matuoti labiausiai tinka absoliutusias slėgio jutiklis.

Kituose sistemos taškuose, pavyzdžiui, vamzdynuose, kuriais teka vanduo, cheminių medžiagų ir vandens, ar cheminių medžiagų, vandens ir oro mišiniai slėgiui matuoti naudojami manometriniai slėgio matuokliai.

6.3. Valymo sistema

Siekiant sukurti pilnai automatizuotą valymo procesą neužtenka parinkti vien tik hidraulinius ir pneumatinius elementus bei jutiklius. Jų veikimo stebėjimui ir valdymui reikalinga atskira sistema. Jos pagalba būtų valdomas hidraulinių ir pneumatinių elementų veikimas, atliekamas slėgio bei talpų skysčio lygio stebėjimas ir kontrolė bei nustatomas plovimo ciklas, t. y. būtų galimybė parinkti plovimo etapo laiką, keisti plovimo medžiagų koncentracijas, jų išpurškimo slėgius, stebėti medžiagų sąnaudas ir pan. Tokiam automatizuotam valymui yra naudojami programuojami loginiai valdikliai (PLC).

PLC yra mikroprocesorinė sistema, kuri naudodama programinę įrangą seka įvestis, pagal kurias priima sprendimus ir tuomet siunčia tam tikrą išvestį [67]. Dviejų tipų įvestys – tai signalai, gaunami iš sistemos elementų, pavyzdžiui, slėgio jutiklių, skysčio lygio detektorių, vožtuvų pozicijos būsenos, mechaninio perjungimo ir kt., tuo metu, kitos įvestys yra žmogaus veiksniai, tokie kaip mygtukų paspaudimas, liečiamo ekrano valdymas ir t. t. Šiuo atveju, išvestis yra vandens tiekimo įjungimas, putų generavimas, dezinfekcinio skysčio purškimas ant transporterio. Šiuos veiksmus galima valdyti atskirai arba vienu paspaudimu paleisti visą valymo ciklą [68]. Šie valdikliai lengvai programuojami ir greitai valdomi. PLC valdiklių naudojimas padeda padidinti efektyvumą, nes taip yra sumažinamas žmogaus sprendimų priėmimas.

7. Ekonominė analizė

Ekonominė analizė buvo atlikta lyginant rankinį plovimą, kai žmogus, naudodamasis plovimo stotele „SU 0127-Baseline“, kontroliuoja visą atliekamą procesą: nusprendžia koku atstumu ir kur labiausiai reikia purkšti skystį bei plovimą, naudojant nejudamai prie transporterio purkštukų pritvirtintus kolektorius, kai visi naudoti parametrai pasirinkti, remiantis optimaliausiais bandymo metu gautais rezultatais. Analizės metu siekta nustatyti, kuris transporterio juostų valymo būdas sunaudoja mažiau vandens bei valymo priemonių.

Ekonominiai rodikliai lyginti plaunant trijų aukštų transporterių sistemą (žr. 36 pav.), naudojamą žuvies skrodimui ir plovimui, kuri yra naudojama žuvies perdirbimo įmonėje, kurioje atliktas eksperimentas. Šioje sistemoje naudojamos homogeninės juostos, o visų juostų linijinis greitis yra apie 2,4 m/min. Viršutinės juostos ilgis yra 6,1 m, plotis – 376 mm; vidurinės juostos ilgis – 9,2 m, plotis – 729 mm; apatinės juostos ilgis – 6 m, plotis – 610 mm.



36 pav. Žuvies skrodimo ir plovimo trijų aukštų transporteris

Abiejų lyginamų plovimo procesų metu naudota putojanti valymo priemonė – „BS Extrafoam“ ir dezinfekcinė priemonė – „Sterilforte“. 23 kilogramai putojančios valymo priemonės „BS Extrafoam“ kainuos – 85 € [69], šios priemonės santykinis tankis yra 1,14–1,18 kg/l (vidut. 1,16 kg/l) (žr. 6 lent.). Remiantis skaičiavimais gauta, kad šios valymo priemonės talpoje yra 19,83 l, o jos kaina, atitinkamai, 4,29 €/l. Dezinfekcijai naudojama priemonė „Sterilforte“ parduodama 23 kg taroje, kurios kaina 105,6 € [70]. Remiantis jos santykiniu tankiu, kuris yra 1,13–1,17 kg/l (vidut. 1,15 kg/l) (žr. 7. lent.), apskaičiuota, kad talpos tūris yra 20 litrų, o kaina – 5,28 €/l. Naudojamo vandens kaina – 1,44 €/m³.

7.1. Rankinis plovimas su plovimo stotele

Žuvies perdirbimo pramonės įmonėje po produkcijos apdorojimo proceso yra atliekamas transporterio valymo procesas rankiniu būdu, kai darbuotojas pats paskirsto, kuriame taške yra reikalingas didžiausias kiekis valymo priemonės, nusprendžia koku atstumu nuo paviršiaus ją dengti (purkšti), atlieka paviršiaus skalavimą ir dezinfekavimą.

Nešvarumus nuo paviršiaus darbuotojas pašalina per 2 valandas, kai valymo procesas atliekamas tokia eiga:

1. didelių nešvarumų pašalinimas – 20 min;
2. dengimas putomis – 20 min;
3. priemonės veikimo laikas – 15 min;
4. ploviklio pašalinimas (nuskalavimas) – 15 min;
5. plovimo kokybės įvertinimas – 5 min;
6. dengimas dezinfekciniu skysčiu – 15 min;
7. dezinfekcijos veikimas – 15 min;
8. dezinfekcinio skysčio nuskalavimas – 15 min.

Purškiant vandenį bei dezinfekcinį skystį nustatytas darbinis plovimo stotelės slėgis – 35 barai, o nustatytas purškiant putas – 6 barai. Juostos plovimui vandeniu naudojamas 25/30 plokščio tipo purkštukas, kurio srautas, esant 35 barų slėgiui yra 40 l/min. Konvejerio juostos dengimui putomis naudojamas valiklis „BS Extrafoam“, kuris su vandeniu mišomas iki 3 % valiklio koncentracijos (vandens ir putojančios medžiagos santykis – 97:3). Putos išpurškiamos per 50/200 plokščio tipo purkštuką, kurio vandens srautas, esant 35 barams – 270 l/min. Vis dėlto, pro purkštuką išeina vandens ir putų mišinys, todėl vėliau, siekiant rasti mišinio srautą, nedidelis jos kiekis pasvertas ir gauta, kad vienas litras sveria 0,34 kg. Paviršius dezinfekuojamas 3 % koncentracijos (vandens ir dezinfekcinio koncentrato santykis – 997:3) priemone „Sterilforte“, kuri išpurškiamą 40/30 purkštuku, kurio srautas, esant 35 barams – 40 l/min.



a)



b)



c)

37 pav. Antgaliai: a – 25/30 purkštukas vandeniui su mėlyna apsauga; b – 50/200 purkštukas putoms su balta apsauga; c – 40/30 purkštukas dezinfekcijai su geltona apsauga.

Pagal turimus duomenis galima apskaičiuoti, kokios yra vandens bei cheminių valiklių sąnaudos.

Pirmiausia siekiama įvertinti vandens sąnaudas, kurios gaunamos bendrą išnaudotą vandens tūrį padauginus iš vandens kainos:

$$K_{Rv} = V_{Rv} \cdot k_v, \text{ €}. \quad (6)$$

Čia: V_{Rv} – sunaudoto vandens tūris, m^3 ; k_v – vandens kaina, $\text{€}/\text{m}^3$.

Bendrą sunaudotą vandens tūrį galima gauti kiekviename plovimo etape naudojamo purkštuko srautus padauginus iš plovimo etapo, kuriame yra naudojamas vanduo atlikimo laiko bei viską sudėjus. Pirmame, ketvirtame ir aštuntame etapuose kaip plovimo medžiaga naudojamas tik vanduo, tačiau antrame ir šeštame etapuose naudojamos ir papildomas cheminės medžiagos, kurios yra maišomos su vandeniu tam tikrais santykiais. Norint įvertinti vandens sąnaudas šių etapų metu,

formulėje atsiranda koeficientas 0,97 (įvertinant vandens kiekį antrame etape) ir 0,997 (įvertinant vandens kiekį šeštame etape):

$$V_{Rv} = t_{R1} \cdot Q_{R1} + t_{R2} \cdot 0,97 \cdot Q_{R2} + t_{R4} \cdot Q_{R4} + t_{R6} \cdot 0,997 \cdot Q_{R6} + t_{R8} \cdot Q_{R8}, l. \quad (7)$$

čia: t_{R1} – pirmo plovimo etapo laikas, min; t_{R2} – antro plovimo etapo laikas, min; t_{R4} – ketvirto plovimo etapo laikas, min; t_{R6} – šešto plovimo etapo laikas, min; t_{R8} – aštunto plovimo etapo laikas, min; Q_{R1} – pirmo plovimo etapo srautas, l/min; Q_{R2} – antro plovimo etapo srautas, l/min; Q_{R4} – ketvirto plovimo etapo srautas, l/min; Q_{R6} – šešto plovimo etapo srautas, l/min; Q_{R8} – aštunto plovimo etapo srautas, l/min.

Pirmo, ketvirto, šešto ir aštunto plovimo etapų srautai yra vertinami pagal gamintojo pateiktus duomenis, nes jų metu teka tik vanduo arba tirpalas, kurio tankis yra labai panašus į vandens. Tuo metu, antro etapo metu – plaunant putojančiu mišiniu, vandens kiekis apskaičiuojamas pagal 2 formulę, prieš apskaičiuojant savitąjį sunkį (pagal 3 formulę):

$$SG_2 = \frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{0,34} = 2,94 \text{ kg}.$$

$$Q_{R2} = Q_1 \cdot \frac{1}{\sqrt{SG}} = 112 \cdot \frac{1}{\sqrt{2,94}} = 65,32 \text{ l/min}.$$

Turint visus duomenis, pagal 7 formulę apskaičiuojamas bendras suvartotas vandens kiekis:

$$V_{Rv} = t_{R1} \cdot Q_{R1} + t_{R2} \cdot 0,97 \cdot Q_{R2} + t_{R4} \cdot Q_{R4} + t_{R6} \cdot 0,997 \cdot Q_{R6} + t_{R8} \cdot Q_{R8} = 20 \cdot 40 + 20 \cdot 0,97 \cdot 65,32 + 15 \cdot 40 + 15 \cdot 0,997 \cdot 40 + 15 \cdot 40 = 3265,41 \text{ l} = 3,265 \text{ m}^3.$$

Naudojant 6 formulę apskaičiuojamos vandens sąnaudos:

$$K_{Rv} = V_{Rv} \cdot k_v = 3,265 \cdot 1,44 = 4,7 \text{ €}.$$

Putojančios valymo priemonės sąnaudos apskaičiuojamos, dauginant sunaudotą valiklio kiekį iš šios medžiagos litro kainos:

$$K_{Rp} = V_{Rp} \cdot k_p, \text{ €}. \quad (8)$$

Čia: V_{Rp} – sunaudotos putojančios valymo priemonės tūris, l; k_p – valymo priemonės kaina, €/l.

Sunaudotas putojančio valiklio kiekis apskaičiuojamas, dauginant plovimo etapo laiką iš purkštuko srauto bei koeficiento 0,03, kuris įvertina putojančio ploviklio ir vandens santykį:

$$V_{Rp} = t_{R2} \cdot 0,03 \cdot Q_{R2}, l.. \quad (9)$$

Čia: t_{R2} – antro plovimo etapo laikas, min; Q_{R2} – antro plovimo etapo srautas, l/min.

Tuomet, naudojant 9 formulę, apskaičiuojamas sunaudotas putojančios valymo priemonės kiekis:

$$V_{Rp} = t_{R2} \cdot 0,03 \cdot Q_{R2} = 20 \cdot 0,03 \cdot 65,32 = 39,19 \text{ l}.$$

O putojančios plovimo priemonės sąnaudos – pagal 8 formulę:

$$K_{Rp} = V_{Rp} \cdot k_p = 39,19 \cdot 4,29 = 168,13 \text{ €}.$$

Dezinfekcinio skysčio sąnaudos apskaičiuojamos sunaudotą dezinfekanto kiekį dauginant iš jo litro kainos:

$$K_{Rd} = V_{Rd} \cdot k_d, \text{ €}. \quad (10)$$

Čia: V_{Rp} – sunaudotos putojančios valymo priemonės tūris, l; k_p – valymo priemonės kaina, €/l.

Sunaudotas dezinfekcinio skysčio kiekis apskaičiuojamas paskutinio etapo laiką dauginant iš purkštuko srauto bei koeficiento 0,003, kuris įvertina dezinfekuojančio skysčio ir vandens santykį:

$$V_{Rd} = t_{R6} \cdot 0,003 \cdot Q_{R6}, \text{ l}. \quad (11)$$

Čia: t_{R6} – šešto plovimo etapo laikas, min; Q_{R6} – šešto plovimo etapo srautas, l/min.

Sunaudotas dezinfekuojančios valymo priemonės kiekis apskaičiuojamas, naudojant 11 formulę:

$$V_{Rd} = t_{R6} \cdot 0,003 \cdot Q_{R6} = 15 \cdot 0,003 \cdot 40 = 1,8 \text{ l}.$$

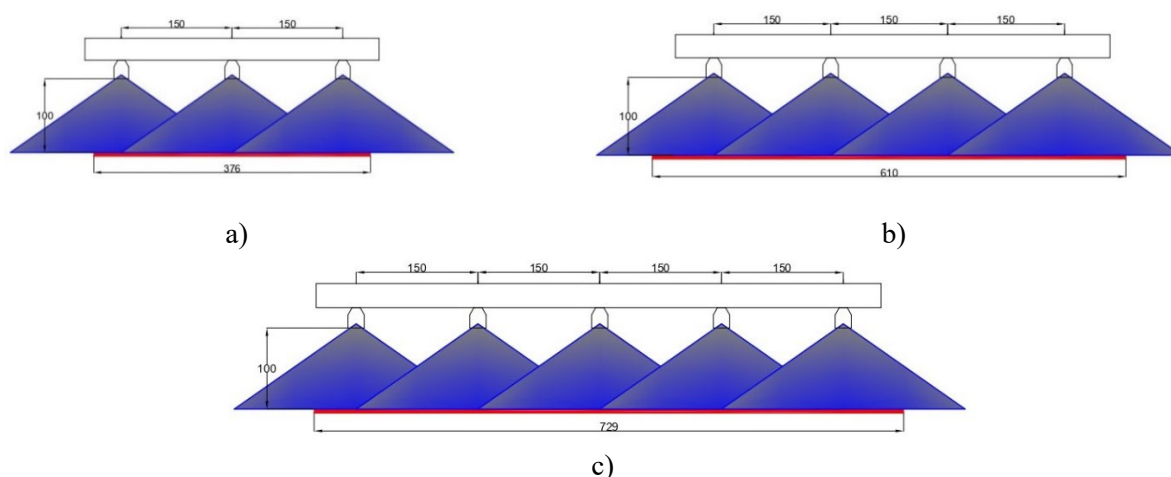
Šios medžiagos sąnaudos apskaičiuojamos pagal 10 formulę:

$$K_{Rd} = V_{Rd} \cdot k_d = 1,8 \cdot 5,28 = 9,5 \text{ €}.$$

Apskaičiuota, kad plovimo procese sunaudota 3265,4 litrų vandens, kurie kainuoja 4,7 €. Be to, sunaudota 39,19 litrų putų, kurių kaina – 168,13 € ir 1,8 litro dezinfekcinio skysčio, kainuojančio – 9,5 €.

7.2. Purkštukų sistema

Konvejerio plovimui naudojama purkštukų sistema, kurioje yra vandeniui / dezinfekciniam skysčiui bei putoms numatyti purkštukai, kurie ant kiekvienos juostos išdėstyti dviem eilėmis: viena eilė su vandeniui / dezinfekciniai priemonėi skirtais purkštukais ir viena eilė su purkštukais, skirtais viršutinei juostos daliai plauti putomis. Toks pats išdėstymas naudojamas ir apatinės juostos dalies plovimui. Atsižvelgiant į tai, kad trijų aukštų transporterių sistemoje yra naudojamos skirtingo pločio juostos, kiekvienai iš jų reikės skirtingo kiekio purkštukų, užtikrinančių išpurškiamos srovės persidengimą ir pilną plaunamos juostos dalies padengimą (žr. 38 pav.). Purkštukų kiekis parenkamas atsižvelgiant į gamintojo rekomendacijas.



38 pav. Purkštukų išdėstymas: a – viršutinės juostos; b – apatinės juostos, c – vidurinės juostos

Plovimo sistemoje iš viso naudojami 48 purkštukai: 24 purkštukai, skirti vandeniui / dezinfekciniam skysčiui bei 24 purkštukai, skirti putoms. Kuo didesniai paviršiaus ploto padengimui pasirinktas 110° purkštukų išpurškimo kampas. Viršutinės (376 mm pločio) juostos plovimui vandeniui / apdorojimui dezinfekciniu skysčiu numatyti 6 purkštukai (3 vnt. viršutinei juostos daliai ir 3 vnt. apatinei). Plovimui putomis numatyti kiti 6 putų purkštukai (3 vnt. viršutinei juostos daliai ir 3 vnt. apatinei). Viršutinės (610 mm pločio) juostos plovimui vandeniui / apdorojimui dezinfekciniu skysčiu numatyti 8 purkštukai (4 vnt. viršutinei juostos daliai ir 4 vnt. apatinei), taip pat numatyti 8 putų purkštukai (4 vnt. viršutinei juostos daliai ir 4 vnt. apatinei). Vidurinės (729 mm pločio) juostos plovimui vandeniui / apdorojimui dezinfekciniu skysčiu numatyta 10 purkštukų (5 vnt. viršutinei juostos daliai ir 5 vnt. apatinei), tai pat numatyta 10 purkštukų putoms (5 vnt. viršutinei juostos daliai ir 5 vnt. apatinei).

Purkštukai, išpurškimo slėgis, išpurškimo atstumai iki paviršiaus ir išpurškimo kampai turėtų būti pasirinkti, remiantis tiriamojoje dalyje gautais optimaliausiais ir efektyviausiais rezultatais. Vandens ir dezinfekcinio skysčio išpurškimui naudojamas purkštukas *110/10 H-U*, kurio srautas, esant 3 barų slėgiui yra 3,9 l/min. Putoms išpurkšti naudojamas purkštukas *110/08 H-VV*, kurio srautas, esant 3 barų slėgiui yra 3,2 l/min. Plovimo etapai atitinka tyrime sudaryto plovimo ciklo etapus (žr. 10 lent.). Pirmame, ketvirtame ir šeštame etapuose naudojamas purkštukas *110/08 H-VV*, o antrame etape – purkštukas *110/10 H-U*. Numatytas 100 mm išpurškimo atstumas ir statmena purkštuko į plaunamos juostos paviršių padėtis. Sąnaudos skaičiuojamos, esant idealaus plovimo atveju, kai išpurškiant tirpalus ant kolektoriaus privirtintuose purkštukuose nėra naudojamo slėgio ir srauto nuostolių.

Pagal juostos ilgį ir jų sukimosi greitį galima apskaičiuoti, kiek minučių reikia kiekvienam plovimo procesui atlikti. Galutiniu plovimo laiku laikomas ilgiausios juostos plovimo laikas. Didelių nešvarumų pašalinimui, ploviklio ir dezinfekcinio skysčiui nuplovimui vandeniui reikalingi du apsisukimai, o juostos padengimui putomis ar dezinfekuojančiu skysčiu užtenka vieno apsisukimo (žr. 12 lent.).

Vieno juostos apsisukimo laiką galima apskaičiuoti juostos ilgį padalinus iš jos sukimosi greičio:

$$t_{P1ap} = \frac{l}{v}, \text{ min.} \quad (12)$$

Čia: l – juostos ilgis, m; v – juostos greitis m/min.

Naudojant 12 formulę apskaičiuojami visų juostų vieno apsisukimo laikai, kai viršutinės juostos ilgis yra 6,1 metrai:

$$t_{P1ap1} = \frac{l_1}{v} = \frac{6,1}{2,4} = 2,54 \text{ min.}$$

Vidurinės juostos ilgis yra 9,2 metrai, šiuo atveju, ji vieną kartą apsisuka per:

$$t_{P1ap2} = \frac{l_2}{v} = \frac{9,2}{2,4} = 3,83 \text{ min.}$$

Apatinės juostos ilgis yra 6 metrai, o vienas jos apsisukimas užtrunka:

$$t_{P1ap3} = \frac{l_3}{v} = \frac{6}{2,4} = 2,5 \text{ min.}$$

12 lentelėje pateikiami skirtingų plovimo etapų trukmės trims juostoms.

13 lentelė. Trijų aukštų transporterio juostų sistemos plovimo ciklas

Etapas	Pavadinimas	Purkštukas	Juostos apsisukimai	Laikas viršutinės juostos (min.)	Laikas viršutinės juostos (min.)	Laikas apatinės juostos (min.)
1.	Nuplovimas vandeniu	65/10 H-U	2	5,08	7,66	5
2.	Padengimas putojančiu plovikliu	65/08 H-VV	1	2,54	3,83	2,5
3.	Ploviklio veikimo laikotarpis	-	-	15	15	15
4.	Ploviklio nuplovimas vandeniu	65/10 H-U	2	5,08	7,66	5
5.	Dezinfekavimas	65/10 H-U	1	2,54	3,83	2,5
6.	Dezinfekcinio skysčio veikimo laikotarpis	-	-	15	15	15
7.	Dezinfekanto nuplovimas vandeniu	65/10 H-U	2	5,08	7,66	5
Bendras laikas:				50,32	60,64	50

Pirmo, ketvirto, penkto ir šešto plovimo etapų srautai yra vertinami pagal gamintojo pateiktus duomenis, nes pro juos tekančių vandens arba tirpalo tankiai yra labai panašūs į vandens, o antro etapo metu, kai plaunama putojančiu mišiniu, srautas apskaičiuojamas pagal 2 formulę, pirmiausiai pagal 3 formulę apskaičiuojant savitąjį sunkį. Iš tyrimo žinoma, kad purkštuku 65/08 H-VV išpurškiamas vienas litras medžiagos sveria – 0,36 kg.

$$SG_2 = \frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{0,36} = 2,77 \text{ kg};$$

$$Q_{R2} = Q_1 \cdot \frac{1}{\sqrt{SG}} = 3,2 \cdot \frac{1}{\sqrt{2,77}} = 1,92 \text{ l/min.}$$

Pagal turimus duomenis galima apskaičiuoti vandens bei cheminių valiklių sąnaudas kiekvienai juostai.

Vandens sąnaudos apskaičiuojamos pagal 6 formulę, pirmiausiai pagal 7 formulę apskaičiavus sunaudotą vandens tūrį kiekvienai juostai. Vis dėlto, 7 formulė įvertina tik vieno purkštuko išpurkštą vandens tūrį, todėl gautą rezultatą reikia dauginti iš plovimo etape naudojamo purkštukų skaičiaus. Nešvarumų plovimui nuo viršutinės juostos yra naudojami 6 purkštukai putoms bei 6 skysčiui, todėl gautas rezultatas dauginamas iš 6:

$$\begin{aligned} V_{pv1} &= (t_{P11} \cdot Q_{P1} + t_{P12} \cdot 0,97 \cdot Q_{P2} + t_{P14} \cdot Q_{P4} + t_{P15} \cdot 0,997 \cdot Q_{P5} + t_{R17} \cdot Q_{R7}) \cdot 6 \\ &= (5,08 \cdot 3,9 + 2,54 \cdot 0,97 \cdot 1,92 + 5,08 \cdot 3,9 + 2,54 \cdot 0,997 \cdot 3,9 + 5,08 \cdot 3,9) \cdot 6 \\ &= 74,04 \cdot 6 = 444,26 \text{ l} \end{aligned}$$

Vidurinei juostai plauti yra naudojama 11 purkštukų, skirtų putoms bei 10, skirtų skysčiui. Sunaudotas vandens kiekis apskaičiuojamas:

$$\begin{aligned} V_{pv2} &= (t_{P21} \cdot Q_{P1} + t_{P22} \cdot 0,97 \cdot Q_{P2} + t_{P24} \cdot Q_{P4} + t_{P25} \cdot 0,997 \cdot Q_{P5} + t_{R27} \cdot Q_{R7}) \cdot 10 \\ &= (7,66 \cdot 3,9 + 3,83 \cdot 0,97 \cdot 1,92 + 7,66 \cdot 3,9 + 3,83 \cdot 0,997 \cdot 3,9 + 7,66 \cdot 3,9) \cdot 10 \\ &= 111,64 \cdot 10 = 1116,4 \text{ l} \end{aligned}$$

Apatinei juostai plauti yra naudojama 9 purkštukai, skirti putoms bei 8, skirti skysčiui. Sunaudotas vandens kiekis apskaičiuojamas:

$$\begin{aligned}V_{Pv3} &= (t_{P31} \cdot Q_{P1} + t_{P32} \cdot 0,97 \cdot Q_{P2} + t_{P34} \cdot Q_{P4} + t_{P35} \cdot 0,997 \cdot Q_{P5} + t_{R37} \cdot Q_{R7}) \cdot 8 \\ &= (5 \cdot 3,9 + 2,5 \cdot 0,97 \cdot 1,92 + 5 \cdot 3,9 + 2,5 \cdot 0,997 \cdot 3,9 + 5 \cdot 3,9) \cdot 8 = 72,87 \cdot 8 \\ &= 583,01 \text{ l}\end{aligned}$$

Bendras sunaudojamas vandens kiekis apskaičiuojamas:

$$V_{Pv} = V_{Pv1} + V_{Pv2} + V_{Pv3} = 444,26 + 1116,4 + 583,01 = 2143,67 \text{ l} = 2,143 \text{ m}^3$$

Apskaičiuojamos vandens sąnaudos, plaunant kiekvieną juostą:

$$K_{Pv} = V_{Pv} \cdot k_v = 2,143 \cdot 1,44 = 3,09 \text{ €}$$

Putojančios priemonės sąnaudos apskaičiuojamos pagal 8 formulę, o sunaudotas jos kiekis – pagal 8 formulę. Gautas rezultatas dauginamas iš purkštukų skaičiaus:

$$V_{Pp1} = (t_{P12} \cdot 0,03 \cdot Q_{P2}) \cdot 6 = (2,54 \cdot 0,03 \cdot 1,92) \cdot 6 = 0,15 \cdot 6 = 0,9 \text{ l}$$

$$V_{Pp2} = (t_{P22} \cdot 0,03 \cdot Q_{P2}) \cdot 10 = (3,83 \cdot 0,03 \cdot 1,92) \cdot 10 = 0,22 \cdot 10 = 2,2 \text{ l}$$

$$V_{Pp3} = (t_{P32} \cdot 0,03 \cdot Q_{P2}) \cdot 8 = (2,5 \cdot 0,03 \cdot 1,92) \cdot 8 = 0,14 \cdot 8 = 1,12 \text{ l}$$

Apskaičiuojamos bendros putojančios valymo priemonės sąnaudos:

$$V_{Pp} = V_{Pp1} + V_{Pp2} + V_{Pp3} = 0,9 + 2,2 + 1,12 = 4,22 \text{ l}$$

Apskaičiuojamos putojančios medžiagos sąnaudos:

$$K_{Pp} = V_{Pp} \cdot k_p = 4,22 \cdot 4,29 = 18,1 \text{ €}$$

Dezinfekcinio skysčio sąnaudos apskaičiuojamos pagal 10 formulę, o jos išnaudotas kiekis – pagal 11 formulę. Gautas rezultatas dauginamas iš purkštukų skaičiaus:

$$V_{Pd1} = (t_{P15} \cdot 0,003 \cdot Q_{P5}) \cdot 6 = (2,54 \cdot 0,003 \cdot 1,92) \cdot 6 = 0,014 \cdot 6 = 0,09 \text{ l}$$

$$V_{Pd2} = (t_{P25} \cdot 0,003 \cdot Q_{P5}) \cdot 10 = (3,83 \cdot 0,003 \cdot 1,92) \cdot 10 = 0,022 \cdot 10 = 0,22 \text{ l}$$

$$V_{Pd3} = (t_{P35} \cdot 0,003 \cdot Q_{P5}) \cdot 8 = (2,5 \cdot 0,003 \cdot 1,92) \cdot 8 = 0,014 \cdot 8 = 0,12 \text{ l}$$

Bendros dezinfekcinio skysčio sąnaudos:

$$V_{Pd} = V_{Pd1} + V_{Pd2} + V_{Pd3} = 0,09 + 0,22 + 0,12 = 0,43 \text{ l}$$

Apskaičiuojamos dezinfekcinio skysčio sąnaudos:

$$K_{Pd} = V_{Pd} \cdot k_d = 0,43 \cdot 5,28 = 2,27 \text{ €}$$

Apskaičiuota, kad plovimo procese naudojant purkštukus suvartota: 2143,67 litro vandens, kainuojančio 3,09 €, 4,22 litro putų, kurių kaina 18,1 € ir 0,43 litro dezinfekcinio skysčio, kurio kaina – 2,27 €.

7.3. Ekonomikos apibendrinimas

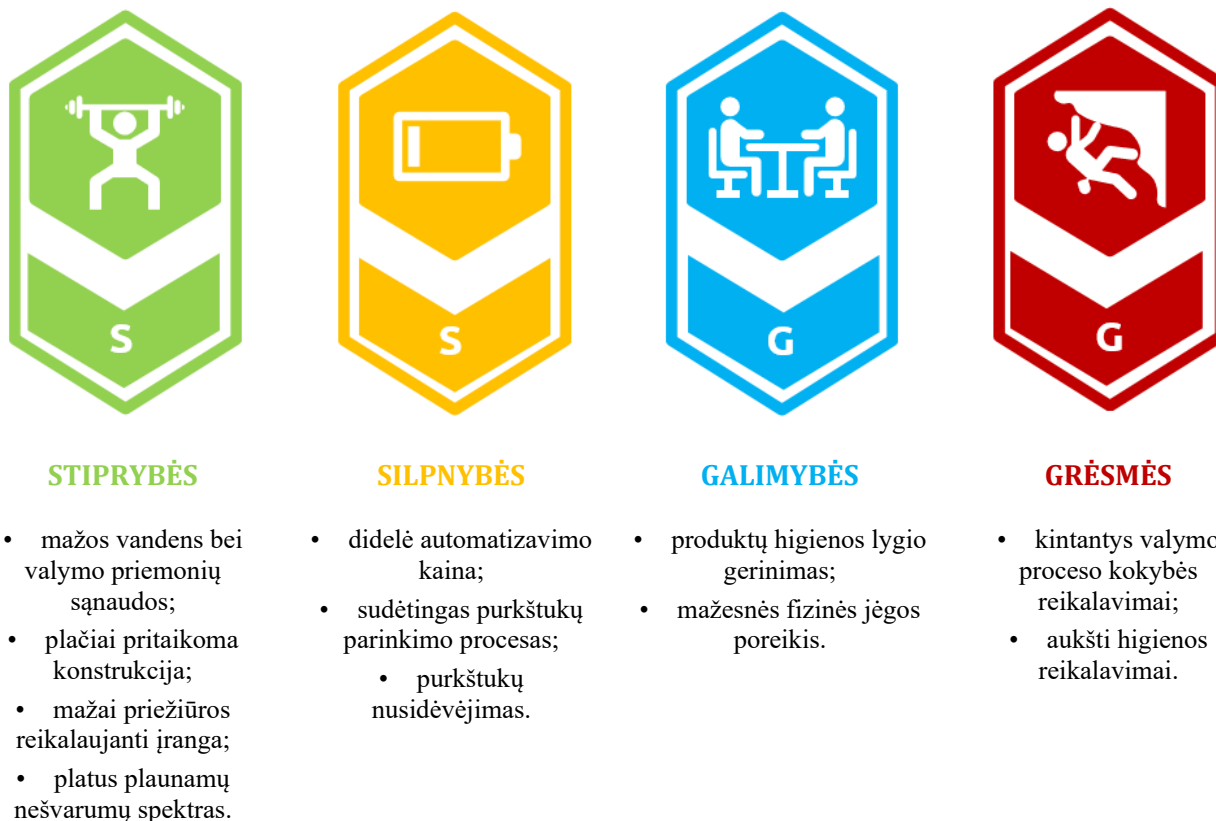
Lyginant rankinio plovimo (su plovimo stotele) ir plovimo, naudojant purkštukus, sąnaudas, nustatyta, purkštukų naudojimas leidžia sumažinti tiek vandens, tiek valymo priemonių, tiek dezinfekcinės priemonės sąnaudas. Renkantis šį plovimo metodą, vandens sąnaudos sumažėja 1,5 karto, putojančios valymo priemonės – 9,3 karto, o dezinfekcinio skysčio – 4,2 karto. Šiuo atveju, bendra plovimui naudojamų medžiagų kaina sumažėjo net 7,8 karto. Be to, naudojant purkštukus, plovimo procesas reikalauja beveik dvigubai mažiau laiko sąnaudų ir yra našesnis. Ekonominės plovimo metodų analizės rezultatai pateikti 13 lentelėje.

14 lentelė. Plovimo metodų sąnaudų palyginimas

Eil. Nr.	Pavadinimas	Plovimas, naudojant rankomis valdomą plovimo stotelę	Plovimas, naudojant purkštukų sistemą
1.	Sunaudotas vandens kiekis, l	3265,41	2143,67
2.	Sunaudoto vandens kaina, €	4,70	3,08
3.	Sunaudotos putojančios valymo priemonės kiekis, l	39,19	4,22
4.	Sunaudotos putojančios valymo priemonės kaina, €	168,13	18,10
5.	Sunaudotas dezinfekcinio skysčio kiekis, l	1,80	0,43
6.	Sunaudot dezinfekcinio skysčio kaina, €	9,50	2,27
7.	Bendra medžiagų kaina, €	182,33	23,45
8.	Plovimo laikas, min.	120	61

8. SSGG analizė

Socialiniam transporterio juostų plovimui vertinimui, kai yra naudojami purkštukai, sudaryta SSGG (angl. *SWOT*) analizė (žr. 39 pav.). Tai yra planavimo metodas, kurį naudoja projektų vadovai ir sprendimus priimančias asmenys, siekdami organizuoti ir pabrėžti produkto, įmonės ar tam tikro sprendimo stiprybes, silpnybes, galimybes ir grėsmes. Be to, šia analize yra siekiama nustatyti visus tikslus bei vidinius ir išorinius veiksnius, turinčius įtakos šių tikslų siekimui.



39 pav. SSGG analizė

Analizės metu nustatyti 6 teigiami bruožai, susiję su finansais, konstrukcija ir pritaikomumu. Įmonės, įdiegusios purkštukų valymo sistemą, sumažina vandens bei valymo priemonių sąnaudas, lyginant su rankiniu plovimo būdu. Be to, tokia įranga nereikalauja daug žmogiškųjų išteklių, nes nėra būtina visą laiką ją stebėti. Kolektoriai su purkštukais neužima daug vietos, juos nesudėtinga pritvirtinti prie transporterių. Be to, tokiu būdu galima plauti skirtingo pobūdžio nešvarumus, susidarant skirtingus valymo ciklus. Naudojant tokį transporterio valymo būdą yra užtikrinamas reikalaujamas higienos lygis, o kartu – produkto kokybė.

Valymo sistemą galima automatizuoti, tačiau tam yra reikalingas elektros šaltinis bei didelis kiekis įvairių jutiklių. Be to, tokiai sistemai kiekvienu individualiu atveju reikia parinkti purkštukus, kurie nėra ilgaamžiai, greitai nusidėvi ir reikia juos pakeisti. Negana to, nuolat keičiantis higienos standartams, pagal juos gali reikėti keisti ir valymo priemones, valymo ciklus, o kartu keisti, arba iš naujo pritaikyti purkštukus.

9. Pramoninės nuotekos, jų valymas ir pakartotinio panaudojimo galimybės

Pasaulyje, senkant švaraus vandens atsargoms ir augant jo poreikiui, vis labiau skatinamas nuotekų perdirbimas ir pakartotinis jų panaudojimas. Pažangus nuotekų valymas tampa vis labiau aktualiu, siekiant protingai naudoti ribotus vandens išteklius ir apsaugoti vandens aplinką nuo išleidžiamų nuotekų daromos žalos. Šiuo atveju, maisto perdirbimo įmonės turi prisidėti prie ekologinio tvarumo – išvalytas nuotekas panaudoti kaip išteklius, o ne atliekas ir tuo pačiu sumažinti vandens poreikį iš esamų vandens išteklių.

Žuvies perdirbimo procese naudojamų konvejerio juostų valymo metu į kanalizaciją patenka įvairios nuotekos. Pagrindinės nuotekose randamų atliekų rūšys yra kraujas, vidaus organai, pelekai, žuvų galvos, odos ir mėsos atplaišos. Šios atliekos labai prisideda prie skendinčiųjų kietųjų dalelių koncentracijos atliekų sraute. Vis dėlto, didžiąją dalį kietųjų dalelių iš nuotekų galima pašalinti – surinkus jas galima panaudoti gyvūnų maistui [71].

Labai svarbu, kad valymo proceso metu naudojami valymo skysčiai bei dezinfekcinės priemonės taip pat patenka bendras į nuotekas, kurios, patekusios į bendrą vandens sistemą, gali ją užteršti, taip pakenkdamos žmonėms, gyvūnams bei augalams [72].

Siekiant identifikuoti nuotekas gali būti tiriamos žuvies perdirbimo įmonių nuotekų fizikinės ir cheminės savybės, organinių medžiagų, azoto ir fosforo kiekiai [71]. Svarbūs nuotekų teršalų parametrai yra penkių dienų biocheminis deguonies poreikis, cheminis deguonies poreikis, bendras skendinčiųjų dalelių, riebalų, aliejaus ir vandens suvartojimas [73].

Siekiant ekologinio tvarumo, nuotekas reikia valyti etapais, kurie yra [71]:

1. pirminis valymas;
2. biologinis valymas;
3. fizikinis–cheminis valymas.

Pirminis valymas yra susijęs su kietųjų dalelių bei stingstančių medžiagų – aliejaus ir riebalų pašalinimu [71]. Riebalai, aliejus bei didelės liekanos patekę į nuotekas ir drenažo sistemas gali pažeisti statybines medžiagas, pradėti skleisti nemalonų kvapą ar net užkimšti vamzdinius, todėl riebalingas nuotekas išleidžiančios įmonės privalo įdiegti standarto LST EN 1825:2005 reikalavimus atitinkančius riebalų skirtuvus ir užtikrinti efektyvų riebalų ir organinės kilmės aliejų pašalinimą iš nuotekų [74]. Pirminiai nuotekų valymo procesai yra srauto išlyginimas, filtravimas, nusodinimas, pH reguliavimas (flokuliacija, flotacija ir mikrofiltravimas) [73].

Atlikus pirminį nuotekų valymą, joms reikalingas ir biologinis apdorojimas. Biologinė nuotekų valymo sistema paremta mikroorganizmų veikimu – jie suskaido ir maistui suvartoja nuotekose esančias organines medžiagas. Žuvies perdirbimo įmonės veikloje susidariusių nuotekų biologiniam valymui naudojami anaerobiniai procesai. Jų principu veikia anaerobinio dumblo plėvelės, anaerobinis filtras ir anaerobinis reaktorius, galintys pasiekti didelį (80–90 %) organinių medžiagų pašalinimą. Organinėms medžiagoms pašalinti tinkamos ir aerobinėmis sąlygomis veikiančios technologijos, tokios kaip aktyvusis dumblas, besisukantis biologinis kontaktorius, lašelinis filtras ir lagūnos. Optimalus žuvies perdirbimo metu susidariusių nuotekų valymo variantas yra kompleksinis anaerobinio skaidymo ir po jo sekancio aerobinio apdorojimo procesas [75].

Trečias ir kartu pats svarbiausias valymo etapas yra fizikinis ir cheminis vandens valymas. Praktikoje dažniausiai naudojami pažangūs nuotekų apdorojimo metodai: koaguliacija-flokuliacija, filtravimas, sedimentacija bei chloravimas. Koaguliacijos ir flokuliacijos procesuose naudojamos cheminės medžiagos, tokios kaip alūnai, geležies chloridas ir kai kurios pažangios flokulianto formos. Jų veikimu pagrįsta dalelių krūvių neutralizacija, skatinanti koloidinių dalelių aglomeraciją ir nusėdimą. Šių procesų metu dauguma organinių teršalų yra destabilizuojami, o vėliau pašalinami sedimentacijos ir (arba) filtravimo procedūromis. Valymo įrenginyje gali būti įrengtas mechaninis maišytuvas, kuris tolygiai išsklaido koaguliuojančias chemines medžiagas (greitai maišant) ir sujungia destabilizuotas koloidines daleles, kad susidarytų flokas (lėtai maišant). Sedimentacija – tai kietos medžiagos ir skysčio atskyrimo procesas, pagrįstas gravitaciniu kietųjų dalelių nusėdimu. Šio proceso metu, destabilizuotoms ir aglomeruotoms dalelėms surinkti ir išvalytoms nuotekoms perduoti į filtravimo procesą, naudojamas sedimentacijos rezervuaras. Tuo metu, sekantis filtravimo procesas apima teršalų pašalinimą, naudojant įvairius metodus, tokius kaip sedimentacija, perėmimas, adsorbicija ir perkošimas. Perkošiant yra pašalinamos dalelės, kurios yra per didelės, kad galėtų praeiti pro filtro sluoksnio poras. Sedimentacija pašalina smulkias daleles, kai jos nusėda ant filtravimo terpės paviršiaus. Adsorbicija atsiranda dėl elektrostatinio dalelių pritraukimo link filtro sluoksnio terpės dalelių. Dėl visų šių veiksmų filtravimo terpėje susikaupusios organinės medžiagos gali įgauti biocheminį ir bakterinį aktyvumą, todėl jos yra biologiškai skaidomos. Svarbu, kad filtrate esant per daug ištirpusių organinių medžiagų, jis turi būti toliau apdorojamas adsorbicijos ir jonų mainų procesais [76].

Paskutiniame nuotekų valymo etape jos yra dezinfekuojamos chloru arba UV spinduliais. Galiausiai, tik kokybiškai atlikus visus nuotekų valymo procesus, išvalytos nuotekos išleidžiamos į vandens telkinius, gruntą, arba surenkamos į rezervuarus pakartotiniam panaudojimui [76].

Išvados

1. Išanalizavus literatūroje aprašytus skirtingus plovimo procesus, esant kintančioms plovimo sąlygoms bei įvairios kilmės nešvarumams, nustatyta, kad konvejerių plovimo proceso efektyvumą lemia šie veiksniai: ant plaunamo paviršiaus esančių nešvarumų kiekis bei jų kilmė, ploviklio forma ir koncentracija, temperatūra, plovimo priemonės kontakto laikas su nešvariu paviršiumi, juostos sukimosi greitis, purškimo kampas, atstumas iki plaunamo paviršiaus, purkštuko padėties kampas į paviršių, išpurškimo slėgis ir srautas. Nustatyta, kad geresnis efektyvumas pasiekiamas, esant didesniai purškimo kampui, nes taip padengiamas didesnis paviršiaus plotas ir sumažėja reikalingų purkštukų skaičius, lyginant su mažo kampo purkštukų poreikiu. Ištirta, kad lemiamą įtaką valymo efektyvumui turi medžiagų koncentracija ir jų pavidalas, juostos sukimosi greitis bei išėjimo slėgis – jie yra esminiai, valant sunkiai pašalinamus nešvarumus. Tuo metu, šiems parametrų lemiant valymo kokybę, juos kontroliuojant ir derinant, galima valdyti visą plovimo procesą.
2. Efektyviausią konvejerio juostų plovimo ciklą sudaro: didelių nešvarumų pašalinimas vandenių, nešvarumų padengimas putomis, jas ant paviršiaus paliekant 15 min., priemonės nuskalavimas vandenių, paviršiaus padengimas dezinfekciniu skysčiu, leidžiant jam veikti 15 min. bei jo nuskalavimas vandenių. Valymo procese naudojamos medžiagų koncentracijos priklauso nuo gamintojo, o rekomenduojama valymo mišinių temperatūra – apie 60 °C. Putų purkštukas pasirenkamas pagal srauto išėjimo slėgį, nuo kurio priklauso ir putų išpurškimui reikalingo angos diametro parinkimas tam, kad įvyktų plovimo skysčio absorbcija į oro burbuliukus. Purškiant 3 barų slėgiu, reikėtų rinktis purkštuką *65/08 H-VV*, renkantis 6 barų slėgį – efektyvesnis bus purkštukas *65/10 H-VV*. Purkštukų putų nuskalavimui pasirinkimas priklauso nuo srauto išėjimo slėgio, nuo juostos sukimosi greičio, purkštuko padėties bei naudojamų juostų geometrijos. Plovimo procese naudojant 3 barų slėgį, kai juostos sukimosi greitis yra 3 m/min. ir plaunama homogeninė arba uždara juosta, vandens išpurškimui naudojamas – purkštukas *65/10 H-U*, jei plaunama atvira modulinė juosta, reikėtų rinktis didesnio diametro išpurškimo angą turintį purkštuką *65/20 H-U*. Dezinfekcinio skysčio padengimui bei nuskalavimui galima rinktis tokius pats purkštukus, kaip putų nuskalavimo operacijoje.
3. Automatizuoti konvejerių juostų plovimą galima, naudojant valdomus hidraulikos ir pneumatikos elementus, slėgių bei medžiagų kiekio sistemoje stebėjimui naudojant jutiklius (optinius, manometrinius), o viską valdant programuojamu loginiu valdikliu (PLC). Tokia sistema leistų plovimo ciklą valdyti bei stebėti keliais mygtuko paspaudimais.
4. Apskaičiuota, kad konvejerių valymas, naudojant purkštukus yra 7,8 karto pigesnis nei valant rankiniu būdu valdoma valymo stotele. Be to, naudojant purkštukus vandens sąnaudos sumažinamos 1,5 karto, putojančių valiklių – 9,3 karto, o dezinfekcinio skysčio – 4,2 karto.

Literatūros sąrašas

1. AZIZ F., MOHAMED E. Food Hygiene and Control. Food Science and Nutrition Technology. 2019. ISSN 2574-2701.
2. PIEPIÓRKA-STEPUK J., DIAKUN J., STERCZYŃSKA M., KALAK T., JAKUBOWSKI, M. Mathematical modeling and analysis of the interaction of parameters in the clean-in-place procedure during the pre-rinsing stage. Cleaner Production. 2021. ISSN 0959-6526.
3. LØVDAL T., GISKE L. A. L., BJØRLYKHAUG, E., ERI I. B., MORK O. J. Hygienic standards and practices in Norwegian salmon Processing plants. Hygienic Engineering and Design. 2017. ISSN 1857-8489.
4. JAMES M. J., MARTIN J., LOESSNER A. Modern Food Microbiology. Springer. 2005. ISSN 5162-5223
5. TATTERSON M., WINDSOR L. Cleaning in the fish industry. Fisheries and Food . 2000.
6. BUCHANAN R. L., GORRIS L. G. M., HAYMAN M., JACKSON T. C., WHITING R. C. A review of *Listeria monocytogenes*: An update on outbreaks, virulence, dose-response, ecology, and risk assessments. Food Control. 2017. ISSN 0956-7135.
7. MØRETRØ T., MOEN B., HEIR E., HANSEN A., LANGSRUD S. Contamination of salmon fillets and processing plants with spoilage bacteria. International journal of food microbiology. 2016. ISSN 1879-3460.
8. GIBSON H. Effectiveness of cleaning techniques used in the food industry in terms of the removal of bacterial biofilms. Journal of Applied Microbiology. 1999. ISSN 1365-2672.
9. GKANA E. N., DOULGERAKI A. I., CHORIANOPOULOS N. G., NYCHAS G. J. E. Anti-adhesion and Anti-biofilm Potential of Organosilane Nanoparticles against Foodborne Pathogens. Frontiers in microbiology. 2017. ISSN 1664-3021.
10. LANGØYLI GISKE L. A., BJØRLYKHAUG E., LØVDAL T., MORK O. J. Experimental study of effectiveness of robotic cleaning for fish-processing plants. Food Control. 2019. ISSN 0956-7135.
11. BRATT, L. Fish Canning Handbook. 2010. ISSN 9781-4443.
12. LANGØYLI GISKE L. A., LINDSTAD L. H., LØVDAL T., MORK O. J. Design of fish processing equipment: exploring cleaning brush performance and material properties to minimize biofilm deposits. Procedia CIRP. 2020. ISSN 2212-8271.
13. KAERCHER: HIGH PRESSURE WASHER HD 10/15-4 Cage Food [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-09-24]. Prieiga per internetą: <https://www.kaercher.com/int/professional/high-pressure-cleaners/cold-water-high-pressure-cleaners/special-class/hd-10-15-4-cage-food-13539080.html>.
14. DYNA ENGINEERING: Conveyor Brush Cleaners Explained [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-09-24]. Prieiga per internetą: <https://www.dynaeng.com.au/dyna/blog/conveyor-brush-cleaners-explained/>.
15. POWER BRUCHES: Conveyors [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-09-24]. Prieiga per internetą: <https://www.powerbrushes.com/industries/conveyors/>.
16. KHD TECHNOLOGY: Portable Flat Conveyor Belt Cleaners [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-09-24]. Prieiga per internetą: <https://www.khdtechnology.com/products/dry-steam-conveyor-belt-cleaners/portable-flat-conveyor-belt-cleaners/>.

17. REA STEAM CLEANING: Steam cleaning of conveyor belts [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-09-24]. Prieiga per internetą: <https://www.reasrl.eu/en/applications/steam-cleaning-of-conveyor-belts/>.
18. DUPRAY: Conveyor Belt Steam Cleaning [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-09-24]. Prieiga per internetą: <https://dupray.com/blogs/what-to-clean/conveyor-belt>.
19. SYSTEM CLEANERS: Conveyor belt cleaning [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-09-24]. Prieiga per internetą: <https://systemcleaners.com/solutions/applications/conveyor>.
20. STAINLESS SPECIALISTS INCORPORATED: Spray Bars [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-09-24]. Prieiga per internetą: <https://ssi-wis.com/spray-bars/>.
21. EUSPRAY: Hydraulic Nozzles [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-15]. Prieiga per internetą: <https://www.euspray.com/en/uncategorized/hydraulic-nozzles/>.
22. CHETHAN C. R., SUBHASH C., DIBAKAR G. Application Methodologies: Influence of Nozzle Selection, Droplet Size and Spray Drift on Effective Spraying. *Innovating Farming*. 2019. ISSN 1427-4345.
23. GRISSO R., ASKEW D. S., MCCALL D. Nozzles: Selection and Sizing. Virginia Cooperative Extension. 2013. ISSN 1942-7280.
24. Spray Nozzles in Wide Range of Patterns, Capacities, Pressures | Spraying Systems Co [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-15]. Prieiga per internetą: <https://www.spray.com/products/nozzles>.
25. YAO J. F., TANAKA K., KAWAHARA A., SADATOMI M. Development of Resource-Driven Scheduling Model for Mass Housing Construction Projects. *International Journal of Engineering and Technology*. 2015. ISSN 1793-8236.
26. SANDLE T. Best Practices for Cleaning and Disinfection. *Science with Service*. 2020.
27. ANDREEV V. A., FREER E. M., LARIOS, J. M., PRAUSNITZ J. M., RADKE, C. J. Silicon-Wafer Cleaning with Aqueous Surfactant-Stabilized Gas/Solids Suspensions. *Journal of The Electrochemical Society*. 2011. ISSN 0013-4651.
28. SCHAD T., PREISIG N., BLUNK D., PIENING H., DRENCKHAN W., STUBENRAUCH C. Less is more: Unstable foams clean better than stable foams. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2021. ISSN 1095-7103.
29. MENSIRE R., AULT T., JESSE, LORENCEUA E., STONE A. Point-source imbibition into dry aqueous foams. *Europhysics Letters*. 2016. ISSN 4400-2113.
30. BETE: Foam Control Nozzles [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-31]. Prieiga per internetą: <https://bete.com/application/foam-control/>.
31. SCHEFFLER R. Maximizing Sanitation Efforts in Food Processing the Importance of Conveyor Hygiene. *Trends in Food Science and Technology*. 2009. ISSN 0924-2244.
32. SCOTT, J. M., DUNSMORE D. G., KEEGAN M. D. Spray Nozzle Performance in Cleaning Food Equipment. *Transactions of the ASAE*. 1981.
33. FQE CHEMICALS: Foam Cleaning Methodology for Chemical Cleaning [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-24]. Prieiga per internetą: <https://fqechemicals.com/foam-cleaning/>.
34. MURCEK R., SCHÖHL E., KÖHLER H., BOYE A., GOLD S. Development of a method to determine normal and shear stress necessary to remove a swollen soil from a surface. *undefined*. 2019. ISSN 0960-3085.

35. LEE Y., KWON D., PARK C., SEO M., SEO T. W. Automated technique for high-pressure water-based window cleaning and accompanying parametric study. PLOS ONE. 2020. ISSN 1932-6203.
36. KLUZA P. A., KUNA-BRONIOWSKA I., PARAFINIUK S. Modeling and prediction of the uniformity of spray liquid coverage from flat fan spray nozzles. Sustainability. 2019. ISSN 2071-1050.
37. How Low Can You Go? – Sprayers 101 [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-11]. Prieiga per internetą: <https://sprayers101.com/how-low-go/>.
38. LECHLER: Technical aspects of flat fan nozzles [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-30]. Prieiga per internetą: <https://www.lechler.com/de-en/technology/basics-nozzle-technology/spray-character/flat-fan-nozzles/technical-aspects-flat-fan-nozzles>.
39. FORBO: Movement Systems conveyor belts and flat belts [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-09-24]. Prieiga per internetą: <https://www.forbo.com/movement/en-gl/>.
40. SYSTEM CLEANERS: Manual cleaning systems [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-23]. Prieiga per internetą: <https://systemcleaners.com/solutions/manual-cleaning>.
41. FOAMICO: SU 0127-Baseline [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-09-24]. Prieiga per internetą: <https://foamico.com/satellite/su-0127-df-ff/>.
42. GASPARINI: What is the best stainless steel for the catering and canning industry? | Gasparini Industries [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-30]. Prieiga per internetą: <https://www.gasparini.com/en/blog/what-is-the-best-stainless-steel-for-the-food-industry/>.
43. SNP: 3 Flow rates [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-11-01]. Prieiga per internetą: <https://www.spray-nozzle.co.uk/home/resources/engineering-resources/guide-to-spray-properties/3-flow-rates>.
44. TOPPR: Specific Gravity Formula [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-11-01]. Prieiga per internetą: <https://www.toppr.com/guides/physics-formulas/specific-gravity-formula/>.
45. BS CHEMICAL: BS Extrafoam saugos duomenų lapas [interaktyvus]. 2018. [žiūrėta 2022-10-22]. Prieiga per internetą: https://www.bs-chemical.com/wp-content/uploads/2017/08/BS_Extrafoam_SDL_LT_2017_05_22_VII_830.pdf.
46. BS CHEMICAL: BS Extrafoam produkto aprašymas [interaktyvus]. 2016. [žiūrėta 2022-10-22]. Prieiga per internetą: https://www.bs-chemical.com/wp-content/uploads/2017/08/BS-Extrafoam_APR_LT_2017_01_30.pdf.
47. BS CHEMICAL: Sterilforte saugos duomenų lapas [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-11-20]. Prieiga per internetą: https://www.bs-chemical.com/wp-content/uploads/2019/10/Sterilforte_SDL_LT_2018_11_21_VII_830.pdf.
48. BS CHEMICAL: Sterilforte produkto aprašymas [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-11-20]. Prieiga per internetą: https://www.bs-chemical.com/wp-content/uploads/2019/10/Sterilforte_APR_LT_2016_01_20.pdf.
49. MATHWORKS: MATLAB & Simulink [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-22]. Prieiga per internetą: https://www.mathworks.com/?s_tid=gn_logo.
50. PINETOOLS: Photo Edditing [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-10-22]. Prieiga per internetą: <https://pinetools.com/>.
51. BRITANNICA: Technology, Types, Rise, History, & Examples [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-11-05]. Prieiga per internetą: <https://www.britannica.com/technology/automation>.

52. RED HAT: Understanding automation [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-11-05]. Prieiga per internetą: <https://www.redhat.com/en/topics/automation>.
53. MICHELSON G., MICHELSON S. Making production more efficient through modernisation and increased automatization: A case study at a potato production line. Examensarbete Inom Teknik. 2019.
54. FARAH N., TORELL G. L. Defensive Investment in Municipal Water Hardness Reduction. Water Resources Research. 2019. ISSN 1944-7973.
55. MICHAEL SMITH ENGINEERS: Useful information on centrifugal pumps [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-11-13]. Prieiga per internetą: <https://www.michael-smith-engineers.co.uk/resources/useful-info/centrifugal-pumps>.
56. INDUSTRIAL SPECIALTIES MFG: Spring Loaded Check Valves [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-11-13]. Prieiga per internetą: <https://www.industrialspec.com/about-us/blog/detail/spring-loaded-check-valves-check-valves-part-iii>.
57. EMPOWERING PUMPS AND EQUIPMENT: Spring Check Valves versus Swing Check Valves [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-11-13]. Prieiga per internetą: <https://empoweringpumps.com/check-all-spring-check-valves-vs-swing-check-valves/>.
58. TANGHAI VALVE: Working principle diagram of three-way valve [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-11-05]. Prieiga per internetą: <https://www.tanghaivalve.com/working-principle-diagram-of-three-way-valve/>.
59. TANGHAI VALVE: Working principle diagram of three-way valve. . [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-11-13]. Prieiga per internetą: <https://www.tanghaivalve.com/working-principle-diagram-of-three-way-valve/>.
60. TRANSVAC: How An Ejector Works [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-11-13]. Prieiga per internetą: <https://www.transvac.co.uk/how-an-ejector-works/>.
61. IPIECA: Ejectors [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-11-13]. Prieiga per internetą: <https://www.ipieca.org/resources/energy-efficiency-solutions/efficient-use-of-power/ejectors/>.
62. BIG RENTZ: How Air Compressors Work [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-11-13]. Prieiga per internetą: <https://www.bigrentz.com/blog/how-air-compressors-work>.
63. BESWICK ENGINEERING: The Basics of Pressure Relief Valves [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-11-13]. Prieiga per internetą: <https://www.beswick.com/resources/the-basics-of-pressure-relief-valves/>.
64. LINQUIP: 5 Types of Pneumatic Valves & Their Working Principles [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-11-13]. Prieiga per internetą: <https://www.linquip.com/blog/types-of-pneumatic-valves/>.
65. REAL PARS: What is a Level Sensor? [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-11-13]. Prieiga per internetą: <https://realpars.com/level-sensor/>.
66. REAL PARTS: What is a Pressure Sensor? [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-11-14]. Prieiga per internetą: <https://realpars.com/pressure-sensor/>.
67. INNOVATIVE AUTOMATION: What is PLC Programming and Automation? [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-11-15]. Prieiga per internetą: <https://www.innovativeautomation.com/plc-programming-automation/>.
68. INDUCTIVE AUTOMATION: What is a PLC? [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-11-15]. Prieiga per internetą: <https://www.inductiveautomation.com/resources/article/what-is-a-PLC>.

69. PIREKA: BS Chemical šarminė plovimo priemonė - BS Extrafoam [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-11-16]. Prieiga per internetą: <http://www.pireka.lt/BS-Chemical-BS-Extrafoam-sarminė-plovimo-priemone-dezinfekantas-23-kg>.
70. PIREKA: BS Chemical Sterilforte dezinfekantas [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-11-20]. Prieiga per internetą: <http://www.pireka.lt/Profesionali-valymo-chemija/Dezinfekavimo-priemones/BS-Chemical-Sterilforte-dezinfekantas-23-kg>.
71. TAY J. H., SHOW K. Y., HUNG Y. T. Seafood Processing Wastewater Treatment. CRC Press. 2004. ISSN 0931-7597.
72. UNEP - UN ENVIRONMENT PROGRAMME: Cleaner production assessment in fish processing [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-12-12]. Prieiga per internetą: <https://www.unep.org/resources/report/cleaner-production-assessment-fish-processing>.
73. COLIC M., MORSE W., HICKS J., LECHTER A., MILLER J. D. Case Study: Fish Processing Plant Wastewater Treatment. Proceedings of the Water Environment Federation. 2007. ISSN 1938-6478.
74. BS EN 1825-1:2004: Grease separators. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-12-12]. Prieiga per internetą: https://www.techstreet.com/standards/bs-en-1825-1-2004?product_id=1207195.
75. CHOWDHURY P., VIRARAGHAVAN T., SRINIVASAN A. Biological treatment processes for fish processing wastewater – a review. Bioresource technology. 2010. ISSN 1873-2976.
76. VIGNESWARAN S., NGO H. H., CHAUDHARY D. S., HUNG Y. T. Physicochemical Treatment Processes for Water Reuse. Physicochemical Treatment Processes. 2005. ISSN 2073-4441.