



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Pramoninio daiktų interneto platformų analizė ir galimybių tyrimas

Baigiamasis magistro projektas

Saigūnas Adomaitis

Projekto autorius

doc. dr. Gintaras Dervinis

Vadovas

Kaunas, 2021



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Pramoninio daiktų interneto platformų analizė ir galimybių tyrimas

Baigiamasis magistro projektas

Valdymo technologijos (6211EX014)

Saigūnas Adomaitis

Projekto autorius

Doc. Dr. Gintaras Dervinis

Vadovas

Doc. Dr. Leonas Balaševičius

Recenzentas

Kaunas, 2021



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Saigūnas Adomaitis

Pramoninio daiktų interneto platformų analizė ir galimybių tyrimas

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdamas kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasis 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;
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalintas iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Saigūnas Adomaitis

Patvirtinta elektroniniu būdu

Adomaitis Saigūnas. Pramoninio daiktų interneto platformų analizė ir galimybių tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Gintaras Dervinis; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Elektronikos inžinerija. Inžinerijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: Daiktų internetas (IoT), Pramoninis daiktų internetas (IIoT), Aveva Insight, Siemens MindSphere

Kaunas, 2021. 57 p.

Santrauka

Šis baigiamasis magistro projektas yra skirtas pramoninio daiktų interneto platformoms tirti ir jų galimybėms analizuoti. Darbe apžvelgiama ir analizuojama bendroji daiktų interneto technologija bei naudojamos specifinės paskirties sąsajos ir komunikaciniai protokolai. Palyginamas bendrasis daiktų internetas ir pramoninis daiktų internetas, apžvelgiama kompanijų rinka. Platformų analizė vykdoma teoriniame lygmenyje apžvelgiant susijusią literatūrą bei specialistų įžvalgas. Išsamesnei platformų analizei sudarytas funkcionalumo vertinimo kriterijų sąrašas pagal kurį analizuotos pasirinktos platformos. Išskirti platformoms keliami bendrieji ir specifiniai reikalavimai. Pasirinktų pramoninių platformų galimybių tyrimas įgyvendintas praktiniu būdu integruojant internetines platformas į realią gamybos liniją. Darbe pristatyti diegimo ir konfigūravimo žingsniai kartu analizuojant suteikiamas platformų galimybes. Pateikiami realūs darbo su platformomis pavyzdžiai ir funkcionalumas.

Adomaitis Saigūnas. Analysis of Industrial Internet of Things platforms and feasibility study. Master's Final Degree Project / supervisor Assoc. Prof. Dr. Gintaras Dervinis; Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Electronics engineering, engineering science;

Keywords: Internet of Things (IoT), Industrial Internet of Things (IIoT), Aveva Insight, Siemens MindSphere.

Kaunas, 2021. 57 pg.

Summary

This final master project attempts to analyze and explore the industrial Internet of Things. The work reviews and analyzes the technologies of general Internet of Things and their specific purpose interfaces and communication protocols. This project compares the general and Industrial Internet of Things, either reviews companies market. Performing platform analysis at the theoretical level by reviewing the related literature as well as professionals survey. For more detailed analysis of the platforms, a list of functionality evaluation criteria was compiled, according to which the selected platforms were analyzed. Also indicated general and specific requirements for platforms. Selected industrial platforms feasibility research implemented in a practical way by integrating IIoT platforms into an actual production line. Furthermore, present the installation and configuration steps the same time analyzing the provided platforms possibilities. As well as were provided actual examples and functionality of investigated platform.

Turinys

Lentelių sąrašas.....	7
Paveikslų sąrašas.....	8
Santrumpų ir terminų sąrašas.....	9
Įvadas	10
1. Daiktų internetas.....	12
1.1. Daiktų interneto technologijos.....	17
2. IIoT platformų principai, aspektai, lūkesčiai.....	23
2.1. IIoT platformų struktūros modelis	23
2.2. IIoT platformų vertinimo kriterijai ir reikalavimai joms.....	25
2.2.1. Bendrieji reikalavimai	25
2.2.2. Specifiniai reikalavimai.....	27
3. Aveva Insight ir Siemens Mindsphere IIoT platformos	30
3.1. Aveva Insight platforma.....	30
3.2. Siemens MindSphere platforma	32
4. IIoT platformų taikymas realiame gamybos procese	35
4.1. Aveva Insight IIoT platformos realizacija gamybiniame procese	36
4.2. Siemens Mindsphere IIoT platformos realizacija gamybiniame procese	44
4.3. Aveva Insight ir Siemens MindSphere apibendrinamoji apžvalga	49
Išvados.....	54
Literatūros sąrašas.....	55
Priedai	58
1 priedas. SIDirect kintamųjų sąrašas	58
2 priedas. IDAS SIDIR grupės ir jų kintamųjų sąrašai	60
3 priedas. OEE modelio „Equipment State“.....	62
4 priedas. OEE modelis „OEE Calculation Definitions“	62
5 priedas. OEE modelis „Disposition Reason“.....	62
6 priedas. OEE modelis „Utilization Reason Groups“	63
7 priedas. OEE modelis „Generic Utilization Reason“.....	63
8 priedas. OEE modelis „Automated Data Collection. Utilization Reason Tags“	64
9 priedas. OEE modelis „Automated Data Collection. Production Counter Tags“.....	64

Lentelių sąrašas

1.1 lentelė. <i>IoT</i> ir <i>IIoT</i> skirtumai [4].....	13
2.1 lentelė. Teikiamų paslaugų pajėgumai [31]	25
2.2 lentelė. Platformos techninis palaikymas [31]	26
2.3 lentelė. Partnerystės struktūra [31]	26
2.4 lentelė. Saugumas [31].....	27
2.5 lentelė. Sujungiamumas [31].....	27
2.6 lentelė. Įrangos valdymas [31]	28
2.7 lentelė. Procesų valdymas [31].....	28
2.8 lentelė. Integracija ir sąsajos [31]	29
2.9 lentelė. Išmanieji duomenys [31]	29
4.1 lentelė. Apibendrinamasis platformų palyginimas	50

Paveikslų sąrašas

1.1 pav. Pramonė 4.0 struktūra [2]	12
1.2 pav. <i>Statista Research Department</i> atlikto tyrimo duomenys [5]	14
1.3 pav. <i>IoT Analytics</i> atlikto tyrimo grafinis <i>IoT</i> platformų reitingas [6]	15
1.4 pav. <i>IoT</i> architektūros modeliai [14]	17
1.5 pav. <i>OSI</i> modelio struktūra	20
2.1 pav. Pramoninio daiktų interneto struktūros modelis [31].....	24
3.1 pav. Pavyzdinė <i>Aveva Insight IIoT</i> architektūra [34]	30
3.2 pav. Klientų aptarnavimo modelis [37]	31
3.3 pav. <i>Siemens MindSphere</i> [42].....	32
3.4 pav. <i>MindConnect Nano</i> ir <i>IoT2040</i> [44].....	33
3.5 pav. Paslaugų planai [45].....	34
4.1 pav. <i>Twist pack</i> pakavimo mašinos valdymo skydas.....	35
4.2 pav. Pakavimo mašinos programiniai blokai	36
4.3 pav. <i>Archestra System Management Console</i>	37
4.4 pav. Supaprastinta tinklo sujungimo schema	37
4.5 pav. <i>SIDirect</i> konfigūracija	38
4.6 pav. Pakavimo mašinos komunikacinės grupės ir kintamųjų sąrašas.....	39
4.7 pav. <i>IDAS</i> grupė ir kintamieji	40
4.8 pav. Duomenų perkėlimas į <i>Aveva Insight</i> platformą.....	40
4.9 pav. Kintamųjų perkėlimo lentelė	41
4.10 pav. <i>Aveva Insight</i> duomenų grafikas – mašinos greitis ir darbo režimas	41
4.11 pav. <i>Aveva Insight</i> duomenų grafikas – galutinio produkto svorio kontrolė	42
4.12 pav. <i>Aveva Insight</i> platformoje sukurtas skydelis	42
4.13 pav. Įrangos efektyvumo stebėjimo modelis.....	43
4.14 pav. Virtualaus turto kūrimo ir tinklo sietuvo registravimo žingsniai	44
4.15 pav. Prijungto tinklo sietuvo statusas	45
4.16 pav. Supaprastintas <i>MindConnect Nano</i> pajungimas į įmonės interneto tinklą	45
4.17 pav. Prijungta techninė įranga	46
4.18 pav. Sukurtas virtualus duomenų šaltinis.....	47
4.19 pav. Pavyzdinis kintamasis ir aspekte sukurti kintamieji	47
4.20 pav. Kintamųjų susiejimo pavyzdys	48
4.21 pav. <i>Siemens Fleet Manager</i> sugeneruotas grafikas.....	48

Santrumpų ir terminų sąrašas

Santrumpos:

IoT – (angl. *Internet of Things*) – Daiktų internetas

IIoT – (angl. *Industrial Internet of Things*) – Pramoninis daiktų internetas

IP – (angl. *Internet Protocol*) – Interneto protokolas

HTTPS – (angl. *HyperText Transfer Protocol Secure*) – Saugus hipertekstinių duomenų perdavimo protokolas

MQTT – (angl. *Message Queuing Telemetry Transport*) – Telemetrinis žinučių perdavimo protokolas

AMQP – (angl. *Advanced Message Queuing Protocol*) – Išplėstinis žinučių perdavimo protokolas

SLA – (angl. *Service Level Agreement*) – Paslaugų tiekimo sutartis

SSL – (angl. *Secure Sockets Layer*) – Saugusis jungčių sluoksniu protokolas

REST – (angl. *REpresentational State Transfer*) - Rerezentacinis būsenos perdavimo architektūros stilius

ETL – (angl. *Extract Transform Load*) – Duomenų išgavimo, transformacijos ir įkėlimo įrankiai

KPI – (angl. *Key Performance Indicator*) – Pagrindinis veiklos rodiklis

AES – (angl. *Advanced Encryption Standard*) – Išplėstinis kodavimo standartas

API – (angl. *Application Programming Interface*) - Aplikacijų programavimo sąsaja

EMEA – (angl. *Europe, the Middle East and Africa*) – Europa, Vidurio Rytai, Afrika

OEE – (angl. *Overall Equipment Effectiveness*) – Bendrasis įrangos efektyvumas

ESB – (angl. *Enterprise Service Bus*) – Elektroninių paslaugų pranešimų perdavimo magistralė

MFA – (angl. *MultiFactor Authentication*) – Daugialypis autentifikavimas

Įvadas

Masačusetso technologijos instituto inžinierius Kevin'as Ashton'as pirmasis suformulavęs sąvoką „The Internet of Things“ pats daiktų internetą apibūdina šia citata - „Iš tiesų daiktų internetas yra informacinės technologijos, kurios pačios sau renka informaciją. Dažniausiai jos daro kažką su šia informacija, tačiau nepasako žmogui nieko, kad jos kažką daro.“ Tačiau, kas iš tiesų yra tas daiktų internetas? Kokias galimybes jis suteikia ir kokius iššūkius kelia?

IoT, *IIoT* ir *Industry4.0* tai glaudžiai susijusios sąvokos, apimančios viena kitą, tačiau jokių būdu negalima šių terminų vartoti, kaip sinonimų. Kalbant apie daiktų internetą (*IoT*) egzistuoja keletas apibrėžimų, kurių kiekvienas akcentuoja tam tikrą šios sąvokos savybę ar panaudojimo sritį. Dažniausiai *IoT* apibūdinamas, kaip tam tikras įrenginių tinklas, kuriame tie įrenginiai keičiasi duomenimis tarpusavyje. Tačiau *IoT* pritaikymo sritis yra tokia plati, kad kai kurie tinklo reikalavimai, ypač susiję su komunikacija, gali būti visiškai skirtingi, atsižvelgiant į konkrečius panaudojimo tikslus, vartotojus bei naudotas technologijas. Tai, kas paprastai vadinama *IoT*, iš tiesų turėtų būti apibrėžiama kaip bendrasis daiktų internetas (angl. *consumer IoT*) [1.] Išskyrus šias sąvokas, tampa aišku, kad *IoT* ir *IIoT* atstovauja glaudžiai susijusias, tačiau kartu ir skirtingas sritis – buitį ir pramonę. Bendrasis *IoT* turi tikslinę vartotojų auditoriją – plačiąją visuomenės dalį – paprastus vartotojus. Bendrojo daiktų interneto tinklas yra tarpusavyje sujungti išmanieji elektroniniai prietaisai siekiant palengvinti žmonių gyvenimą, taupyti jų laiką ir pinigus. Apibendrinant galima teigti, jog buitinis daiktų internetas turėtų būti klasifikuojamas, kaip įrenginių ir vartotojų sąveika.

Kita vertus, kalbant apie pramonės sritį, čia siekiama plėtoti ir kurti skaitmenizuotas sistemas, tobulinti išmaniają gamybą, kuri apjungia valdymo technologijų ir informacinių technologijų sritis. Trumpai tariant, *IIoT* – pagrindinis skaitmenizacijos stuburas – gamybinių sistemų ir įrangos susiejimas su informacinėmis sistemomis bei verslo procesais. Apjungus šias skirtingas sistemas į vieną visumą, gaunamas didžiulis kiekis informacijos, kuri, tinkamai ją panaudojus, gali būti naudinga analitiniuose sprendimuose ir padėti priimti optimalius sprendimus versle. Taip pat reikia paminėti, kad *IIoT* stipriai orientuotas į gamybos procesą, technologiją ir įrengimus, siekiant kaip įmanoma greičiau ir efektyviau reaguoti į kintančią gamybos dinamiką. Norint pasiekti didžiausią naudą, šioje sferoje būtina pasirinkti tinkamą *IIoT* sprendimą – labiausiai lūkesčius atitinkančią daiktų interneto platformą. Nors šiuo metu *IIoT* rinkoje platformų daug, kiekviena iš jų atranda savo specifinę sritį, o kai kurios pasižymi itin dideliu universalumu ir geba patenkinti daugelio vartotojų lūkesčius taip užsitikrindamos aukštą konkurencingumo lygį.

Nors *IoT* ir *IIoT* bendrieji reikalavimai yra panašūs – palaikyti bendrą sujungtų daiktų tinklą, tačiau esminiai komunikacijos reikalavimai yra būdingi išskirtinai vienai arba kitai aplinkai. Kol *IoT* koncentruojasi kurdami naujus komunikacijos standartus, kurie leistų lanksčiai sujungti įvairius įrenginius prie bendros daiktų interneto ekosistemos, *IIoT* aplinkoje tiekėjai deda visas pastangas, kad būtų galimybė sujungti jau pasenusias, tačiau vis dar veikiančias valdymo sistemas ir įtaisus kartu su naujomis, išmaniosiomis sistemomis, taip išvengiant didelių investicijų į gamybą, kartu suteikiant galimybę gamybos procesą skaitmenizuoti. Dėl šios priežasties *IIoT*, lyginant su *IoT* labiau traktuojama kaip evoliucija, o ne revoliucija [1].

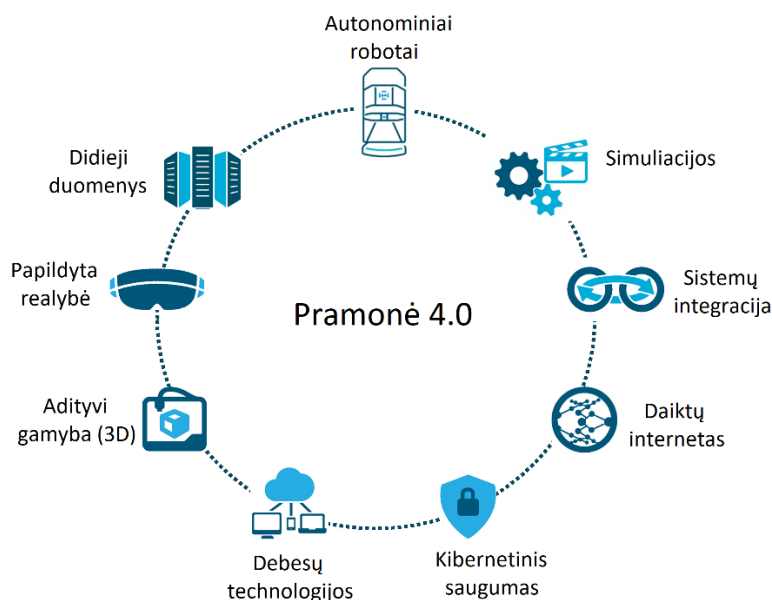
Darbo tikslas - Atlikti pramoninio daiktų interneto platformų funkcionalumo tyrimą panaudojant jas realiaame gamybiniame procese.

Uždaviniai:

1. atlikti daiktų interneto technologijų literatūros analizę;
2. apibendrinti funkcionalumo reikalavimus keliamus daiktų interneto platformoms;
3. padaryti pramoninių daiktų interneto platformų analizę pagal funkcionalumo reikalavimus;
4. įdiegti pramoninio daiktų interneto platformas realiai veikiančiame gamybos procese ir atlikti jų galimybių tyrimą.

1. Daiktų internetas

Ketvirtoji pramonės revoliucija, dar vadinama Pramonė 4.0 (angl. *Industry 4.0*) pirmą kartą paminėta 2013 metais ir per pastaruosius metus ši revoliucija visiškai pakeitė bendrą pramoninės gamybos sampratą ir įrodė, jog tik diegiant naujausias technologijas ir skaitmenizuojant gamybos procesus galima pasiekti aukščiausius efektyvumo rezultatus ir išlaikyti aukštą konkurencingumo lygį šiame skaitmenizacijos amžiuje. Ketvirtoji pramonės revoliucija, per pastaruosius kelis dešimtmečius, gamybos našumus ir pačią technologiją perkėlė į visai kitą lygį. Pasitelkus tokias sritis, kaip autonominiai robotai, didieji duomenys, debesų technologijos ar daiktų internetas, buvo įdiegtos kiberfizinės sistemos, kurios, anksčiau buvusias fizines automatizavimo sistemas, perkėlė į skaitmeninį pasaulį. Šios technologijos suteikė galimybę verslams geriau kontroliuoti ir suprasti įvairius veiklos aspektus, o pasitelkus dirbtinį intelektą ir analitinius įrankius rasti optimaliausius sprendimus visame verslo modelyje, nuo tiekimo grandinės iki technologinio gamybos proceso. Pirmajame paveiksle apibrėžta kokios pagrindinės sritys apima ketvirtąją pramonės revoliuciją. Viena iš svarbiausių ir daugelį kitų sferų apimanti sritis yra daiktų internetas. Daiktų interneto pagalba sujungiant fizinius daiktus į bendrą informacinį tinklą įgaliname juos keistis informacija ir priimti įvairius sprendimus, be žmogaus įsikišimo.



1.1 pav. Pramonė 4.0 struktūra [2]

Daiktų internetas yra dar visai nauja ir besiplečianti sritis, todėl aiškus ir nusistovėjęs apibrėžimas šis terminas dar neturi. Įvairiuose literatūros šaltiniuose ir mokslinėse publikacijose jis apibrėžiamas įvairiai, tačiau beveik kiekviename sąvokos aiškinime dažniausiai pasikartoja frazės panašios į šias: tai nuolat augantis tinklas, sistema, kurią sudaro heterogeniniai įrenginiai, fiziniai objektai ir daiktai sujungti tarpusavyje; tai virtualus tinklas, turintis savitą struktūrą ir gebantis suteikti tokias komunikacijos sąsajas, kurios leidžia rinkti duomenis, keistis ir saugoti informaciją be atskiro žmogaus įsikišimo.

Bandant daiktų internetą apibūdinti kuo paprasčiau ir suprantamiau J. C. Talwana ir H. J. Hua savo veikle [3] pateikė du daiktų internetą apibūdinančius apibrėžimus.

- Daiktų internetas iš esmės yra sistema, leidžianti susijungti ir keistis duomenimis tarp fizinio pasaulio ir kompiuterinių sistemų per sukurtą internetinio tinklo infrastruktūrą [3].

- Daiktų internetas tai sistema sudaryta iš visų rūšių prie tinklo prijungtų prietaisų, kuri geba komunikuoti tarpusavyje, gauti ir siųsti duomenis per internetą [3].

Atsižvelgiant į pateiktus apibrėžimus tampa aišku, kad tai labai didelio masto tinklas, kuris gali būti pritaikomas tiek kasdieniame gyvenime, tiek ir įvairiose pramonės šakose, panaudojant atitinkamus įrankius. Nagrinėjant *IoT* (angl. *Internet of Things*) skirtą plačiajai visuomenei, dėmesys pakrypsta į įvairiausių išmaniųjų įrenginių. Šią temą apima visi nauji, inovatyvūs įrenginiai: išmaniosios apyrankės, namų sistemos, išmanios spynos, lemputės ir daugelis kitų prietaisų, galinčių būti mūsų butyje. Bendrajame *IoT* kontekste išskyla tokie vardai kaip *Google*, *Amazon*, *Microsoft* ir kiti išmaniųjų technologijų rinkos lyderiai, siūlantys tokias paslaugas kaip išmaniųjų namų valdymas, virtualūs asistentai ir panašiai.

Daiktų internetas - tai neatsiejama būsimąjo pasaulinio interneto dalis, kuri pasižymi dinaminio pasaulinio tinklo infrastruktūros modeliu, atitinkanti standartizuotus ir tarpusavyje suderinamus komunikacijos protokolus, mokanti konfigūruoti pati save, o tos infrastruktūros viduje fiziniai ir programiniai objektai turi savitas savybes, tačiau dėl technologijų geba komunikuoti tarpusavyje neįsikišant žmogui.

Analizuojant daiktų interneto sąvoką, privalu paminėti šios informacinių technologijų srities ne vientisumą ir apsibrėžti dvi atskiras, tačiau technologiškai tapačias sritis – daiktų internetą (*IoT*) ir pramoninį daiktų internetą (*IIoT*) (angl. *Industrial Internet of Things*). Bendru atveju kalbant apie *IoT* akcentuojamas bendrasis daiktų internetas, įvairios jo panaudojimo sritys butyje, prekyboje, sveikatos sektoriuje ir versle, kur nereikalingi specifiniai, pramonei skirti protokolai ir aukšti techniniai reikalavimai komunikacijoms bei saugumui. Nuosekliau aiškinantis *IIoT* apibrėžimą, galima teigti, kad pagrindinis dėmesys skiriamas pramonės sričiai kartu su čia esančiais iššūkiais ir reikalavimais. *IIoT* tinklo esmę sudaro ne atskiri išmanieji įrenginiai, o galimybė ir komunikacijos sprendimai kaip į vieną bendrą tinklą apjungti pramoninius įrenginius ir kitus verslo plėtros paketus, užtikrinant patikimus ir saugius duomenų srautus. Šią galimybę teikia pramoninio daiktų interneto platformos, savo funkcionalumu ir reikalavimais gerokai besiskiriančios nuo įprastų *IoT* platformų. Esminiai *IoT* ir *IIoT* skirtumai pateikiami 1.1 lentelėje.

1.1 lentelė. *IoT* ir *IIoT* skirtumai [4]

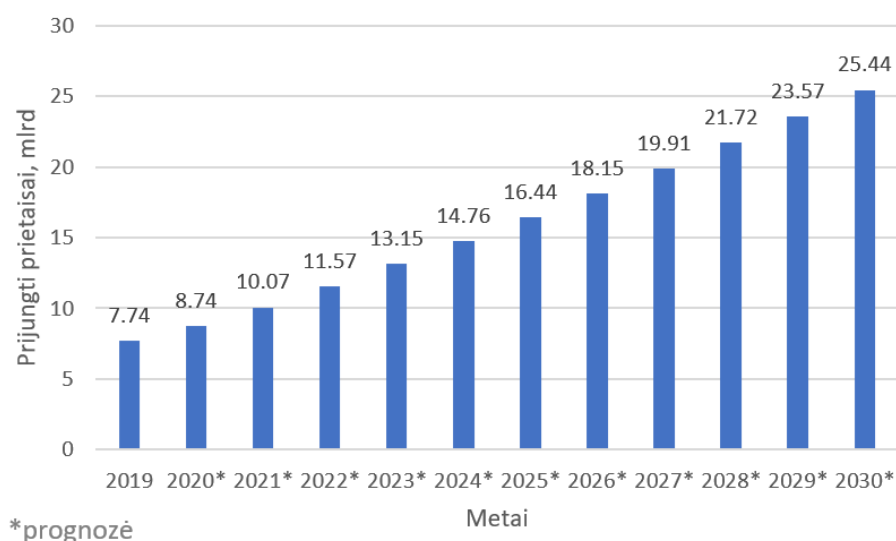
<i>IoT</i> ir <i>IIoT</i> esminiai skirtumai		
Bendroji vartotojų ir komercinė aplinka	Veiklos akcentas	Įvairios industrinės aplinkos
Išmanieji prietaisai	Vystymo sritis	Pramoninė įranga ir sistemos
Išmanūs jutikliai, pažangus valdymas ir analitika	Taikymo laipsnis	Paprasti taikymai su mažos rizikos faktoriumi
Užtikrinanti veikimą	Sauga ir rizikos valdymas	Aukštas saugos lygis, griežtas rizikos valdymas
Funkcionaliai nepriklausoma/autonominė	Suderinamumas	Integracija į įvairiausias veikiančias valdymo sistemas
Mažos apimties tinklai	Plečiamumas	Didelės apimties tinklai
Atvaizduojama kritiškai	Tikslumas	Sinchronizacija milisekundžių tikslumu
Lengvas parametrų keitimas	Programavimo galimybės	Nuotolinė prieiga įmonės viduje, naujų procesų programavimas

Patogumas ir vartotojų poreikių tenkinimas	Tikslas	Efektyvumas, kaštų taupymas
Neapibrėžta	Patikimumas	Turi būti palaikomas didelis atsparumas gedimams
Atsiradus poreikiui	Priežiūra	Planinė ir organizuota

Apibendrinant esminius skirtumus reikia pabrėžti, kad *IoT* taikomi žemesni standartai, jis daugiau skirtas vartotojų poreikiams patenkinti, neturi griežtų reikalavimų priežiūrai atsparumui ir tikslumui. O *IIoT* sistemoms industrinė aplinka kelia griežčiausius saugumo reikalavimus: reikalaujamas didelis tikslumas ir patikimumas kartu suteikiant ir didelį platformos funkcionalumą.

Taip pat reiktų paminėti, jog kalbant apie *IoT* ir *IIoT* yra nemažai kompanijų, siūlančių bendras paslaugas, tačiau taip pat turi atskirus sektorius tiek vartotojų reikmėms, tiek komercijai bei pramonės sričiai aptarnauti. Todėl vertinant šią sferą negalima visiškai atskirti daiktų interneto ir pramoninio daiktų interneto. Šios dvi sritys yra lygiagrečios, naudoja tą pačią technologiją ir panašius protokolus, tačiau jų paskirtis ir aptarnaujamos sferos skiriasi.

Remiantis *Statista Research Department* 2020 metų gruodį paskelbto tyrimo rezultatais, pateikto 1.2 paveiksle, matyti, jog per dešimtmetį *IoT* rinka turėtų išaugti tris kartus, nuo dabar esančių 8.74 milijardų sujungtų prietaisų iki 25.4 milijardų 2030-aisiais [5].

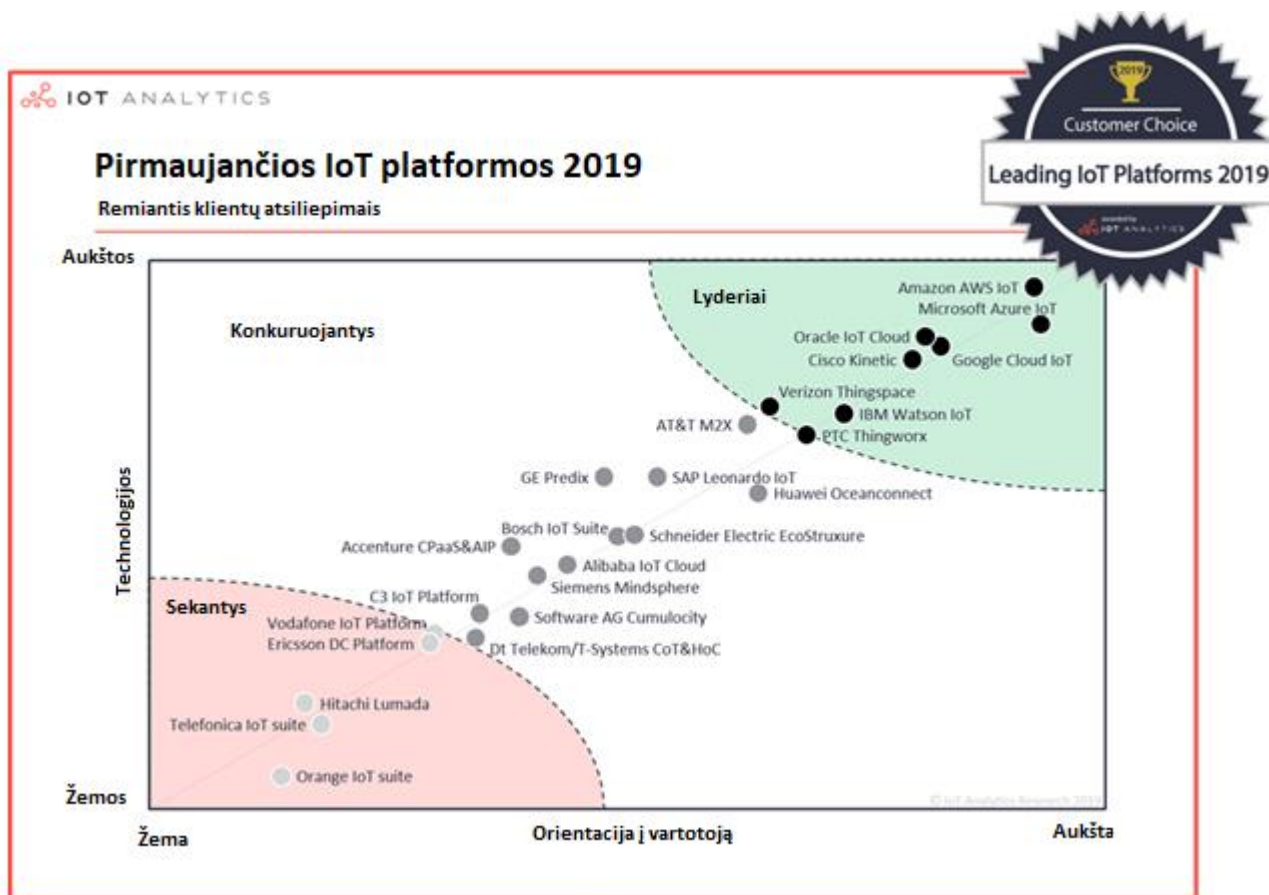


1.2 pav. *Statista Research Department* atlikto tyrimo duomenys [5]

Žvelgiant į statistines prognozes matyti, kad *IoT* rinka neišvengiamai augs, o kartu su ja didės ir konkurencija tarp rinkos dalyvių. *IoT Analytics* analitiko K. L. Lueth'o 2019 metais atlikto tyrimo [6] metu, pagal daugiau nei 800 įmonių įvertinimus buvo atrinkta 25 *IoT* kompanijos sulaukusios daugiausiai teigiamų atsiliepimų.

Atlikto tyrimo duomenimis *Amazon AWS IoT* ir *Microsoft Azure IoT* užima pirmas vietas reitinge. Taip pat sąrašo viršuje atsидūrė tokios kompanijos kaip *Google*, *Oracle* ir *IBM*. Pagal šį tyrimą labiausiai prie aukštų kompanijų rezultatų prisidėjo tai, kad jos visos naudoja debesų technologijas, yra patogios naudoti ir yra lengvai suderinamos su kitomis sistemomis. Svarbu paminėti, kad ne visos *IoT* platformos gali būti lyginamos tarpusavyje, nes labai smarkiai skiriasi jų siūlomos funkcijos, galimybės ir aptarnaujami sektoriai. Nemaža dalis reitinguotų kompanijų teigia, kad jų konkurentai išties yra ne konkurentai, o partneriai, ypač tos kompanijos, kurios naudojami debesų technologijomis.

Ir tai įrodo ne tik gamintojų pasisakymai, bet ir klientų elgsena. Klientai dažnai pasirenka ne vieną *IoT* tiekėją, bet kelis, taip sukurdami savitą ekosistemą, kur persidengia skirtingų įmonių funkcijos. Kaip pavyzdį galima pateikti *Volkswagen*, kuris nusprendė savo gamyklų pramoninę debesį sujungti per *AWS IoT* ir *Siemens MindSphere* platformas [6].



1.3 pav. *IoT Analytics* atlikto tyrimo grafinis *IoT* platformų reitingas [6]

Apžvelgiant bendrąją *IoT* rinką matyti daugybė panašaus lygio tiekėjų, siūlančių panašias galimybes, tačiau pagal atliktus tyrimus [6-8] išryškėja pagrindiniai rinkos lyderiai, į kurių apžvalgą labiausiai fokusuojamasi. Atsižvelgiant į nenuoseklią ir perpildytą rinką bei didėjantį *IoT* potencialą efektyviau monetizuoti surinktus duomenis, sumažinti sąnaudas, patobulinti gamybos procesus, kurti naujus verslo modelius, analitikai rekomenduoja skirti didelį dėmesį ir laiko ieškant labiausiai tinkamos platformos, kuri atitiktų specifinę naudojimo sritį [7]. *451 Research* vyresniojo *IoT* analitiko Ian'o Hughes'o teigimu, pagrindiniai *IoT* naudojimo tikslai gamybos sektoriuje yra išteklių valdymas ir produkcijos monitoringas. Naftos ir dujų gavybos sektoriuose pagrindines vietas užima tiekimo grandinės optimizavimas ir darbų sauga. Tačiau bendru atveju, daugelis *IoT* naudojimo atvejų yra skirti bendram efektyvumui gerinti, įrangai stebėti ir priežiūrai planuoti. Paprasčiau tariant *IoT* platformos sukuria gyvybiškai svarbų, vienalytį viso vykdomo verslo modelio vaizdą [8].

Amazon AWS IoT. Amazon savo *IoT* produktą pristatė 2015 metais ir apibūdino jį kaip lengvai valdomą platformą debesyje, leidžiančią sujungti įrangą ir saugiai sąveikauti su debesyje esančiomis aplikacijomis bei kitais sujungtais prietaisais. Ši platforma nesunkiai pajėgia susitvarkyti su milijoniniais prietaisų tinklais ir dar didesniais duomenų srautais, bendrame tinkle siųsdama tuos duomenis iš vieno įrenginio į kitą užtikrinant saugą ir patikimumą. Kompanija į šią *IoT* platformą apjungė *Lambda*, *Amazon Kinesis*, *Amazon S3*, *Amazon Machine Learning* ir *Amazon Dynamo DB*

funkcijas taip sukurdamą visapusišką ir funkcionalią *IoT* platformos struktūrą [9]. *Amazon* išsiskiria tuo, kad turi labai daug papildomų įrankių leidžiančių, pasitelkiant įvairius analitinius metodus, tikslingai atsirinkti ir panaudoti surinktus duomenis. Taip pat ši platforma pasižymi dideliu universalumu, turi atskirus įrankius pramoninei, buitinei ir komercinei veiklai. Pramonės sričiai *IoT* platforma naudoja specifinius komunikacijos protokolus ir turi parengusi įrankius stebėti kiekvieno prietaiso būseną ir gali nuspėti gamybos kokybę bei aptarnavimo terminus. Buitiniam naudojimui *AWS* koncentruojasi į išmaniuosius namus, pasitelkiant valdymą balsu, naudojant *Alexa* virtualų asistentą bei kitas funkcijas. Komerciniam naudojimui ši platforma pritaikyta plėtoti išmaniuosius miestus, transporto sistemas ir kitas inovacijas miestuose [10].

IBM: *Watson IoT Platform*. Ši platforma veikia nuo 2014 metų ir yra skirta naudoti su *IBM* debesiu, tačiau, taip pat, yra suderinama ir su kitų tiekėjų debesimis. Pasak *Gartner*, *IBM* pabrėžia savo platformų analitinę pusę ir plačias dirbtinio intelekto galimybes, kaip savo stipriąsias puses ir didžiausią skirtumą nuo kitų platformų. Kartu su *IoT* platforma galima įsidięgti ir pažangius analitinius modelius kurie gelbsti užtikrinant įrenginių priežiūrą ir numatant planinius remontus. Be įprastų *IBM* galimybių gamybos srityje, *Watson* siūlo ir specifinius sprendimus nuotolinei priežiūrai, bei automobilių pramonei. Galimi ir papildomi programiniai sprendimai išteklių valdymui ir tobulinimui, gamyklų priežiūrai bei įrangos valdymui. *Watson IoT* labiausiai tinka kompanijoms, kurios nori plėtoti *IBM* programinę įrangą, bei naudotis pasauliniais duomenų centrais, kuriuose yra apjungta pramoninė tiekimo grandinė. *Gartner* paminėjo kad *IBM* turėtų plėtoti savo partnerystę su valdymo technologijų kūrėjais, kad pakeltų savo patrauklumą prieš potencialius klientus [11]. *Forrester* pasisakė, kad *IBM* turi tvirtą analitinę bazę bei specifinę pramonės ir priežiūros patirtį. Šios platformos galimybės apima papildytą realybę, gerą duomenų apdorojimą, tiekimo grandinės analizę ir kalbos apdorojimą. *Watson* buvo viena iš 15 geriausių platformų pagal *Forrester* atliktą tyrimą 2018 m. [11-12].

PTC *ThingWorx*. Ši platforma buvo sukurta apjungiant net penkias prekinį ženklų paslaugas: *Axeda* (debesų technologijos), *ThingWorx* (*IoT* ir analitiniai įrankiai), *ColdLight* (didieji duomenys ir mašinų mokymas), *Kepware* (sąsajų protokolai) ir *Vuforia* (papildytos realybės programos). Dėl tokios vidinės infrastuktūros sandaros ši platforma yra plačiai pritaikoma visose pramonės srityse. *ThingWorx* gali būti diegiama naudojant debesis, fizinius serverius, bei naudojant kartu abu diegimo būdus. Platforma yra suderinama su *Microsoft Azure IoT Hub*, *AWS IoT* ir *Rockwell Automation* bei *FactoryTalk* programiniais paketais, todėl šis tiekėjas siūlo ypatingai funkcionalias paslaugas. Kaip teigia *Gartner*, *ThingWorx* stipriosios pusės yra didelė patirtis gamybos sektoriuje ir jų koncentracija į išteklių stebėseną, techninės priežiūros planavimą ir eksploatacijos tobulinimo sprendimus. Be to *PTC* turi subūręs savo globalią *IIoT* partnerių ir kūrėjų ekosistemą, kuri dar labiau praplečia šio gamintojo siūlomas galimybes. *Gartner* nuomone, *PTC* yra plačiai išplėtoję savo skaitmeninio dubliavimo funkcijas, tačiau kol kas yra silpni teikiant paslaugas įvairiems pramonės sektoriams su dideliu kiekiu įvairios *IoT* įrangos, tai reiškia, kad nors platformos funkcionalumas yra didelis, tiekėjas negali suderinti daug įvairių komunikacinių protokolų. *Gartner* pasisakymus apie šią platformą patvirtino ir *Forrester*, teigdami, kad *PTC* yra puikiai išvystę papildomos realybės įrankius ir funkcijas. Kompanija siūlo plačias galimybes projektavime, gamyboje, aptarnavime, ir turi gerą suderinamumą su kitomis programomis, tačiau kaip pagrindinius iš trūkumų įvardijo skurdžią vartotojo sąsają, ir platesnių diegimo įrankių trūkumą [11].

Microsoft: *Azure IoT*. *Microsoft* viena iš didžiausių informacinių technologijų kompanijų pasaulyje užima lyderiaujančias pozicijas ir *IoT* sektoriuje. Ši platforma siūlo visapusišką *IoT* plėtros rinkinį su

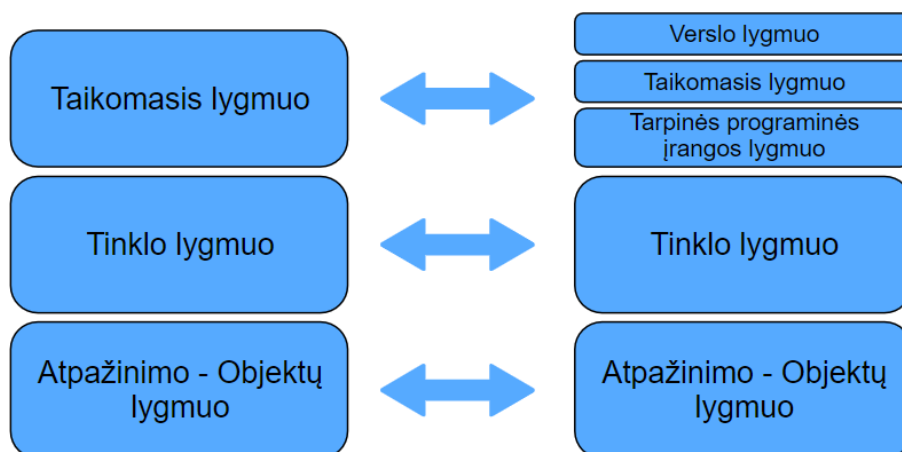
papildomomis analitinėmis galimybėmis. *Microsoft* ir toliau investuoja į duomenų perdavimo saugą ir sparčiai pristato vis naujus atviro kodo įrankius. Tai leidžia palaikyti kitus savo vardo produktus ir teikti visapusiškas, iškart paruoštas naudojimą aplikacijas, sako *Forrester*. Ši platforma pažymima, kaip viena iš paprasčiausiai naudojamų *IoT* platformų, tačiau kartu platformos funkcionalumas yra vienas geriausių rinkoje. Įvairios aplikacijos labai palengvina naudojimą šia platforma, o tokie įrankiai, kaip *Azure IoT Hub*, *Azure IoT Edge*, *Azure Time Series Insights*, *Azure Sphere* suteikia visas reikiamas priemones pilnavertiškai naudoti platforma ir gauti apčiuopiamą naudą iš surinktų duomenų. Labiausiai išreikšti šios platformos privalumai yra paprastumas, lankstumas, funkcionalumas, stiprus saugos lygis ir platus partnerių spektras [11,13]. Šia platforma, kaip pamatine debesų technologijų ir duomenų centrų erdve, naudojasi daugelis kitų *IoT* technologijas siūlančių tiekėjų.

1.1. Daiktų interneto technologijos

Architektūra

Žvelgiant techniniu aspektu, *IoT* architektūra susideda iš didelio rinkinio elementų, kurių sudaro fiziniai objektai, jutikliai, pavaros, debesų paslaugos, paslaugų tiekėjai, komunikacijos protokolai, vartotojai ir kt. Dėl didžiulio kiekio internetinių objektų, nėra vienareikšmiškai priimta ir nuspręsta dėl *IoT* architektūros, kuri būtų visuotinai priimta. Skirtingi tyrinėtojai siūlo skirtingus architektūrų tipus, tačiau kalbant pačiu paprasčiausiu atveju, yra nutarta, kad *IoT* architektūrą sudaro 3 sluoksniai [14].

- Atpažinimo lygmuo/Objektų lygmuo (angl. *Perception layer*);
- Tinklo lygmuo (angl. *Network layer*);
- Taikomasis lygmuo (angl. *Application Layer*).



1.4 pav. *IoT* architektūros modeliai [14]

Atpažinimo lygmuo yra pats žemiausias šioje *IoT* architektūroje. Jis, visų pirma, atsakingas už informacijos ir duomenų surinkimą iš visos *IoT* aplinkos ir jos pavertimą į skaitmeninę formą. Šiame sluoksnyje vyksta identifikacija ir komunikacija per trumpo atstumo komunikavimo technologijas, tokias kaip *RFID*, *Bluetooth*, *NFC* ir kitas [14].

Aukščiau esantis tinklo lygmuo laikomas *IoT* branduoliu – smegenimis. Jis pirmiausia atsakingas už saugų ir efektyvų duomenų perdavimą tarp taikomojo ir atpažinimo sluoksnių. Šis lygmuo taip pat

kaupia informaciją ir teikia ją pirmajam lygmeniui. Anot tyrėjų, šis sluoksnis yra labiausiai išplėtotas šio tipo architektūroje. Todėl iš esmės tai yra pagrindinis *IoT* sluoksnis, kuris geba teikti duomenis atitinkamoms procedūroms. Taip pat tinklo lygmuo užtikrina unikalų adresavimą ir duomenų paskirstymą tarp nesuskaičiuojamo kiekio prijungtų įrenginių [14].

Taikomasis lygmuo yra laikomas viršutiniu lygmeniu šioje *IoT* architektūroje. Šis sluoksnis suteikia personalizuotas paslaugas kiekvienam prisijungusiam vartotojui pagal poreikius. Šio sluoksnio pagrindinė atsakomybė užpildyti platų tarpą tarp vartotojų ir programų. Taikomasis sluoksnis bendru atveju apjungia visą informaciją ir ją pagal vartotojo poreikius pateikia aiškia ir suprantama forma [14].

Galima paminėti tai, jog yra specialistų, kurie teigia, jog *IoT* turėtų sudaryti keturių sluoksnių architektūra. Prie anksčiau paminėtų jie prideda ketvirtą – palaikymo sluoksnį. Į šį sluoksnį jie suveda visus *IoT* aptarnavimo procesus – debesų technologijas, išmaniąją kompiuteriją ir kt. Tačiau tokio požiūrio atstovų nedaug, dėl to plačiau tai nebus analizuojama.

Trijų sluoksnių architektūra apibūdina pagrindinę *IoT* idėją, tačiau jos nepakanka išsamesniam *IoT* tyrinėjimui. Dėl to, remiantis naujausiais duomenimis [15], dabar *IoT* tinklo architektūra išsiplėtė iki 5 sluoksnių.

- Atpažinimo/Objektų lygmuo (angl. *Perception Layer*);
- Tinklo lygmuo (angl. *Network Layer*);
- Paslaugų valdymo/Tarpinės programinės įrangos lygmuo (angl. *Middleware layer*);
- Taikomasis lygmuo (angl. *Application Layer*);
- Verslo lygmuo (angl. *Business Layer*).

Objektų lygmuo kaip ir anksčiau apžvelgtoje architektūroje, šis lygmuo sudarytas iš realaus pasaulio objektų ir jutiklių. Pagrindinė šio sluoksnio užduotis atpažinti objektus ir rinkti jų informaciją. Priklausomai nuo objekto, ši informacija gali būti įvairi: objekto vieta, orientacija, drėgmė, greitis ir t. t. Surinkus šią informaciją ji toliau perduodama į Tinklo lygmenį saugiam duomenų perkėlimui į apdorojantį įrenginį [15].

Tinklo lygmuo taip pat gali būti vadinamas perdavimo lygmeniu. Pagrindinė paskirtis saugiai nugabenti duomenis iš objektų lygmens į sistemos apdorojantį įrenginį. Duomenų perdavimo terpė gali būti įvairi. Galima naudoti įvairias technologijas: *NFC*, *RFID*, *WiFi*, *3-5G*, *Bluetooth* ir panašiai. Paprastai tariant, tinklo lygmuo yra ryšys tarp objektų lygmens ir paslaugų valdymo lygmens [15].

Paslaugų valdymo lygmuo sujungia paslaugas su vartotoju naudodamasis adresais ir pavadinimais. Jis leidžia daiktų interneto taikomųjų programų programuotojui dirbti su įvairiais objektais be konkrečios techninės įrangos platformos. Šis sluoksnis apdoroja gautus duomenis, priima sprendimus ir pristato reikalingas paslaugas per tinklo protokolus [16].

Taikomasis lygmuo suteikia vartotojams reikiamas paslaugas, pavyzdžiui, parodo norimus matavimus, duomenis ir panašiai. Šis lygmuo atsakingas už galimybę teikti aukštos kokybės išmaniąsias paslaugas siekiant patenkinti įvairius poreikius. Čia apimamos sritys kaip išmanioji medicina, pastatai, išmanieji namai ir t. t. [16].

Verslo lygmuo valdo daiktų interneto sistemos veiklą ir paslaugas. Jo pagrindinė atsakomybė yra kurti verslo modelius, diagramas, struktūrines schemas, remiantis gautais duomenimis iš taikomųjų

programų lygmens, taip pat projektuoti, analizuoti, įgyvendinti, vertinti, stebėti ir kurti su daiktų interneto sistema susijusius elementus. Šis lygmuo leidžia palaikyti sprendimų priėmimo procesus, kurie yra grindžiami didžiųjų duomenų (angl. *Big Data*) analize, taip pat stebėti ir valdyti žemiau esančius lygmenis. Verslo lygmuo išlygina kiekvieno sluoksnio išvestį su numatytu išėjimu tam, kad būtų išplėstos teikiamos paslaugos ir išlaikytas vartotojų privatumas [16].

Komunikacijų protokolai

Vienas iš pagrindinių *IoT* technologijos aspektų yra komunikacija tarp atskirų įrenginių ir sistemų. *IoT* technologijos kontekste yra du būdai kaip gali vykti komunikacija, tai yra naudojant tinklų sietuvą (angl. *gateway*) arba naudojantis įdiegtos programinės įrangos funkcionalumu. Tinklo sietuvas tai *IoT* technologijos dalis suteikianti galimybę daiktų interneto daiktus sujungti su debesimi. Nors ir ne visiems įrenginiams reikalingi tinklo sietuvai, juos galima naudoti ir mašina – mašina komunikacijai bei įgalinti komunikaciją tarp debesies ir daiktų, nepalaikančių *IP* protokolo. Duomenys surinkti iš sujungtų daiktų juda per tinklo sietuvą, yra apdorojami ir siunčiami į debesį. Naudojant tinklo sietuvus galima sumažinti duomenų perdavimo delsą bei perduodamų duomenų paketų dydį. Taip pat jie padeda ne tik prijungti įrenginius neturinčius tiesioginio ryšio su internetu, bet ir suteikia papildomą saugumo sluoksnį, apsaugant duomenis judančius abiem kryptimis [17].

Daiktų interneto technologijoje pagrindinis komunikacijos protokolas iš esmės yra Interneto protokolas *TCP/IP*, jis aprašo ir nustato taisykles, kaip visi surinkti duomenys turi pasiekti savo galutinį tikslą – internetą, o, kad vartotojui tie duomenys būtų pateikiami lengva, suprantama ir aiškia forma pasirūpina tokie protokoliai, kaip *HTTP* bei *DNS*. Kiti *IoT* naudojami komunikacijos protokoliai užtikrina, kad reikiama informacija būtų perduodama iš vieno įrenginio ar jutiklio į kitą įrenginį, sistemą ar paslaugą. Skirtingi protokoliai yra sukurti ir optimizuoti tam tikrai naudojimui sričiai, todėl naudojant daug skirtingo tipo ir paskirties įrenginių, būtina naudoti atitinkamus komunikacinius protokolus atitinkamose situacijose [17]. Protokolo tipas priklauso nuo to, kokiam sistemos architektūros sluoksnyje yra perduodami duomenys. Šiuos sluoksnius ir jiems priklausančius komunikacinius protokolus aprašo *OSI* modelis (angl. *Open Systems Interconnection model*). Bendru atveju pamatiniai ir svarbiausi protokoliai, kuriais remiasi ir daugelis kitų specifinių protokolų, yra išvardinti žemiau esančiame sąraše.

- Taikymo lygis – *HTTP, FTP, DNS*;
- Transporto lygis – *TCP, UDP*;
- Tinklo lygis – *IP, ICMP*;
- Ryšio lygis – *Ethernet, WiFi*.

Kiekvienas protokolas *IoT* architektūroje suteikia skirtingus komunikacijos tipus, pavyzdžiui įrenginys – įrenginys, įrenginys – tinklo sietuvas, tinklo sietuvas – duomenų centras ir panašiai [17]. Remiantis *OSI* modelio struktūra pavaizduota 5 paveiksle toliau bus trumpai apžvelgti ir pristatyti pagrindiniai komunikaciniai protokoliai naudojami išskirtinai daiktų interneto technologijose fiziniame ir taikymo lygmenyje.

OSI modelis



1.5 pav. OSI modelio struktūra

- **Fizinis lygmuo (angl. *Physical layer*)**

BLE (angl. Bluetooth Low Energy)

Tai yra viena iš *Bluetooth* standarto atmainų skirta specialiai mažoms energijos sąnaudoms, įvairiems prietaisams maitinamiems mažais C tipo elementais ir panašiai. *BLE* prietaisas gali veikti, kaip siuntėjas, gavėjas arba iškart kaip abu. Protokolas veikia 2.4 GHz dažniu naudodamas patikimą dažnio šuolio metodą ir informaciją perduoda keturiasdešimčia kanalų, atskirtų 2 MHz, iš kurių 3 kanalai yra pristatomieji, o likę 37 skirti informacijai perduoti. Duomenis perduoda nuo 125 Kbps iki 2 Mbps greičiu. Protokolas turi daugybę saugumo užtikrinimo galimybių atitinkančių net ir aukščiausius saugumo standartus [18].

NFC (angl. Near field communication)

Tai itin trumpo nuotolio belaidis komunikacinis protokolas kurio pagalba galima keisti įvairia informacija tarp *NFC* palaikančių įrenginių. *NFC* dažniausiai naudojamas identifikuoti vartotojus ir suteikti prieigą prie duomenų, atlikti bekontakčius mokėjimus ar perduoti nedidelį kiekį informacijos iš vieno įrenginio į kitą. Protokolas naudoja 13.56 MHz dažnių juostą ir gali duomenis perduoti nuo 106 iki 424 Kbit/s greičiu, esant mažesniai nei 10 centimetrų atstumui tarp dviejų *NFC* įrenginių [19]. Komunikacija šiame protokole gali vykti tik tarp dviejų įrenginių vienu metu. Dažniausiai vienas iš jų būna pasyvusis, o kitas aktyvusis. Komunikacijos metu aktyvusis inicijuoja sąsają ir sugeneruoja radijo bangų lauką, kuris suaktyvina pasyvųjį įrenginį. Pasyvusis įrenginys tuomet padaro atitinkamą moduliaciją tame lauke ir taip perduoda duomenis į aktyvųjį įrenginį [20].

Zigbee

Tai aukšto lygio protokolas sukurtas taip, kad duomenų perdavimas vyktų, kaip įmanoma su mažesnėmis energijos sąnaudomis. *ZigBee* tai junglusis tinklas (angl. *mesh network*) sukurtas pagal *IEEE 802.15.4* standartą. *Zigbee* veikia trijose dažnių juostose 868 MHz, 915MHz ir 2,4 GHz. Šio protokolo greitis yra nuo 20 iki 250 Kbps priklausomai nuo naudojamo dažnio [21]. *ZigBee*

technologija yra paprastesnė ir pigesnė palyginus su kitais belaidžiais komunikacijos būdais, tokiais kaip *Bluetooth* ar *WI-FI*. Kadangi šis protokolas orientuotas į kuo mažesnes energijos sąnaudas, jo veikimo atstumas siekia 10-100 metrų, tačiau dėl naudojamo jungliojo tinklo modelio, įrenginiai bendrame tinkle gali keistis informacija vienas per kitą, taip išplečiant tinklo mastelį. Protokolas naudoja 128 bitų kodavimo raktus ir taip užtikrina saugų duomenų perdavimą [22].

- **Taikomųjų programų lygmuo (angl. *Application layer*)**

AMQP (angl. Advanced Message Queuing Protocol)

AMQP yra atviro standarto protokolas, skirtas žinučių perdavimui tarp taikomųjų programų užtikrinant saugumą, patikimumą ir sąveiką. Šis protokolas pasižymi tuo, jog gali siųsti žinutes tarp skirtingų taikomųjų programų, aplikacijų, platformų, kartu užtikrindamas efektyvų ir garantuotą informacijos srautą. Šis protokolas dažnai naudojamas bankinėse sistemose ir finansų srityje [23]. Protokolo veikimas pagrįstas leidėjo siunčiamomis žinutėmis tarpininkui, kuris veikia kaip pašto dėžutė, čia žinutės suskirstomos į eiles pagal iš anksto aprašytas taisykles. Tuomet tarpininkas arba pristato žinutes prenumeratoriams arba jie patys pagal poreikį gali jas pasiimti iš sudarytų eilių. *AMQP* išskiria tuo, jog suteikia mechanizmą, kuris užtikrina tvarkingą žinučių persiuntimą, pranešimai gavėją pasiekia tokia pat tvarka, kaip ir buvo išsiųsti. Prenumeratoriui gavus pranešimą, šis informuoja tarpininką, o jis, savo ruožtu, pašalina gautą pranešimą iš pranešimų eilės. Susidarius situacijoms, kai tarpininke nerandamas tinkamas maršrutas, pranešimas gali būti grąžintas siuntėjui, pastatytas į specialią eilę arba tiesiog ignoruojamas. Pranešimo siuntėjas pats nustato, kokie veiksmai turi būti vykdomi tokiu atveju [24].

CoAP (angl. Constrained Application Protocol)

Tai *HTTP* protokolu paremtas, specialiai daiktų internetui sukurtas, riboto taikymo protokolas skirtas naudoti su specialiais mazgais ir tinklais, kur yra ribojamas duomenų pralaidumas ir apribotos energinės sąnaudos. Jis skirtas įrenginiams *M2M* (angl. *Machine-to-machine*) sąsajai sukurti, pavyzdžiui, pramonėje ir pastatų automatizavime. Šis protokolas dirba naudojant *UDP* bazę ir yra energiją taupanti *TCP* alternatyva, kuri pasižymi mažesne pridėtine informacija, dėl ko yra sumažinamas duomenų paketo dydis. Panašiai kaip ir *HTTP*, jis naudoja komandas *GET*, *POST*, *PUT* ir *DELETE*, o taip pat yra suderinamas su tokiais formatais kaip *XML* ir *JSON* [25].

DDS (angl. Data Distribution Service)

DDS tai dar vienas komunikacinis protokolas skirtas *M2M* komunikacijai, tačiau kitaip nei *CoAP* ir *MQTT* naudojantis skelbti – prenumeruoti (angl. *publish-subscribe*) metodologiją, kurioje nereikalingas tarpininkas, o daugiaadresinis transliavimas (angl. *multicasting*) užtikrina aukštą protokolo patikimumą. Dėl šių savybių šis protokolas naudojamas realaus laiko komunikacijai tarp įrenginių. *DDS* tinkamas naudoti didelio mastelio tinkluose, kur reikalingi efektyviai perduodami dideli duomenų srautai su mažu vėlavimu. Pagal nutylėjimą *DDS* taip pat naudoja *UDP*, kaip transporto lygio protokolą, tačiau yra suderinamas ir su *TCP* protokolu [26].

MQTT (angl. Message Queue Telemetry Transport)

Tai lengvas, atviro kodo, paprastas žinučių eilės sudarymo protokolas, kuris suprojektuotas taip, kad jį būtų lengva naudoti įvairiose sferose pasitelkiant skelbti – prenumeruoti metodologiją kartu naudojant brokerį. Protokolas pagrįstas klientais ir serveriu. Čia serveris atsakingas už kliento

prašymų gauti ar siųsti duomenis tarpusavyje tvarkymą. *MQTT* pranešimų protokolai gali būti suskirstyti į kategorijas, brokeriu/tarpininku pagrįstas protokolas, skirtas mašinoms *M2M* komunikacijai. Tarpininkas kontroliuoja platinimą informaciją, o klientai atlieka siuntėjo ir gavėjo vaidmenį, priklausomai nuo to, ar duomenis jie gauna ar siunčia [27].

2. *IIoT* platformų principai, aspektai, lūkesčiai

Šiuo laikotarpiu įmonės susiduria su technologijų transformacijos etapu, ypač kai vis garsiau pradėta kalbėti apie *Industry4.0* revoliuciją ir jos svarbą įmonės konkurencingumui. Naujausių technologijų įrenginiai dabar sujungti į vieną bendrą tinklą, kuriame kibernetinės sistemos ir analitinis intelektas kartu veda į pramonės transformaciją gamybos ir verslo valdyje [28].

Didesnė konkurencija, pasaulinių rinkų nestabilumas ir žaliavų kainų didėjimas sukėlė didesnę verslo susidomėjimą skaitmenizacija, siekiant optimizuoti gamybos procesus, padidinti efektyvumą automatizuojant ir tikslingai naudojant duomenis. Šiuo metu rinkoje tai traktuojama ne kaip galimybė, o kaip būtinybė norint išlikti konkurencingais [29].

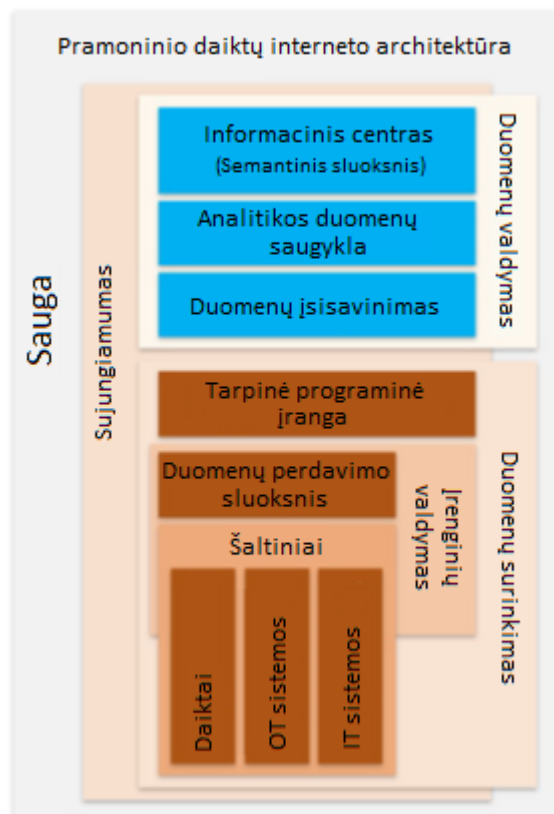
Norint tinkamai žengti skaitmenizacijos keliu tai nėra paprasta vien dėl daugybės *Industry4.0* aspektų – debesų technologijų, didžiųjų duomenų technologijų, analitinių įrankių ir kt. Pramoninis daiktų internetas (*IIoT*) yra pagrindinė technologinė sąvoka apimanti visus šiuos *Industry4.0* aspektus. Daiktų interneto technologijų naudojimas padaro duomenų rinkimo ir kaupimo procesą visiškai kitokiu nei prieš tai, kas lemia didžiulio kiekio duomenų saugojimą, apdorojimą ir pateikimą, kaip įmanoma aiškesniu, efektyvesniu ir lengvesniu būdu. Šiam duomenų kiekiui apdoroti privaloma teikti efektyvias ir galingas informacinių technologijų paslaugas, kurios leistų patenkinti vis augančią paklausą. O kurti šią infrastruktūrą įmonės patalpose dažnai neįmanoma, dėl smarkiai išaugančių investicinių kaštų techninei įrangai. Dėl šios priežasties ypatingai išauga debesų technologijomis paremtų paslaugų patrauklumas. Debesų kompiuterija tai internetu paremta paradigma kuri teikia paslaugas per interneto ryšį naudojant programinius resursus. *McKinsey* [30] nustatė, kad 40 procentų visos *IIoT* kuriamos vertės, kurią galima įsisavinti priklauso nuo to, ar skirtingos *IIoT* sistemos gali veikti kartu. Paprasčiausiai *IIoT* platforma gali būti apibūdinama, kaip pagrindinė infrastruktūra, kuri užtikrina saugų daiktų sujungimą į bendrą sistemą, geba rinkti ir saugoti didžiulius duomenų kiekius, bei sudaro galimybę naudingai ir intelektualiai panaudoti visus surinktus duomenis.

Kadangi *IIoT* technologija labai greit progresuoja ir tobulėja, tinkamo šios technologijos architektūros standarto niekas nesukūrė. Šiuo metu rinkoje yra šimtai skirtingų techninės įrangos gamintojų, komunikacijos protokolų, žemo lygio programavimo kalbų bei vis didėjantis skaičius *IIoT* platformų, paprastai tariant, tai palyginti labai jauna sritis, kuri dar nėra savaime suprantama ir standartizuota.

Taigi, dėl visų šių aspektų kyla klausimas - kaip pasirinkti labiausiai tinkamą *IIoT* platformą? Į šį klausimą pabandė atsakyti mokslininkų grupė sukūrusi kokybinių ir kiekybinių kriterijų rinkinį, leidžiantį lengviau vertinti ir palyginti *IIoT* platformas [31].

2.1. *IIoT* platformų struktūros modelis

Remiantis 2017 metų „International Conference on Computational Science and Computational Intelligence“ publikuotu bendraautorių R. L. de Moura ir L. de L. F. Ceotto pranešimu buvo išgryninta bendroji *IIoT* platformos struktūra su išskirtais sluoksniais, kurie yra atsakingi už tam tikras *IIoT* teikiamas paslaugas. Apibrėžtas platformos modelis iliustruojamas 2.1 paveiksle.



2.1 pav. Pramoninio daiktų interneto struktūros modelis [31]

Duomenų šaltinių grupė (angl. *Sources*) sudaryta iš elementų, iš kurių tiesiogiai galima pasiimti duomenis tai yra – Informacinių technologijų sistemos (angl. *IT Applications*), Valdymo technologijų sistemos (angl. *OT Applications*) ir išmanieji įrenginiai (angl. *Things*). Šiame sluoksnyje išmanieji įrenginiai ir įvairios sąsajos galimybės turėtų sudaryti heterogeninę sistemą.

Duomenų perdavimo sluoksnis (angl. *Edge*) atsakingas už surinktų duomenų apjungimą ir perdavimą sekančiam sluoksniui. Šiame lygmenyje galima taikyti duomenų apdorojimo ir filtravimo procesus, valdyti duomenų srautus, jų saugojimą ir trikdžių šalinimą. Šis lygmuo įgalina keistis duomenimis tarp skirtingų protokolų ir įrenginių.

Tarpinės programinės įrangos sluoksnis (angl. *Fog & Middleware*) čia renkami duomenys iš skirtingų *Edge* sluoksnio įrenginių, taip išvengiant to, kad visi šaltinių lygmens prietaisai būtų sujungti tiesiogiai su debesimi. Šis lygmuo sutvarko duomenų srautus ir šalina perteklinę informaciją.

Įrenginių valdymo lygmuo (angl. *Device management*) kaip matyti iš pavadinimo, šiame sluoksnyje sukuriama galimybė valdyti įvairius prietaisus nuotoliniu būdu, plačiau tariant, yra galimybė identifikuoti, stebėti, konfigūruoti ir valdyti, atlikti diagnostiką ir serviso paslaugas. Kadangi *IIoT* platforma dirba su didžiuliu kiekiu prietaisų ir duomenų, būtina, kad iš čia būtų galima ne tik gauti duomenis, bet ir turėti valdymo prieigą prie „daiktų“.

IIoT modelio sluoksniai priklausantys Duomenų valdymo (angl. *Data Management*) grupei – Duomenų įsisavinimo (angl. *Data Ingest*), Analitikos saugykla (angl. *Analytics Repository*) ir semantinis lygmuo – Informacinis centras (angl. *Information Hub*). *Data Ingest* tai *IIoT* modelio vieta,

kur prasideda didžiulio kiekio duomenų, gaunamų iš skirtingų šaltinių kelionė. Čia duomenys rūšiuojami ir struktūrizuojami, vieni perduodami realiu laiku, kiti saugomi ateičiai, viskas priklauso nuo duomenų tipo ir reikšmės. Duomenų valdymo grupė bendru atveju atsakinga už informacijos įsisavinimą (dažniausiai debesyje), saugojimą ir apdorojimą taip, kad duomenys būtų lengvai suprantami ir panaudojami.

Saugumo (angl. *Security*) lygmuo atsakingas už visos *IIoT* platformos ir su ja susijusių duomenų saugumą, saugų jų perdavimą, vartotojų identifikavimą, duomenų kodavimą ir įrenginių autentifikavimą. Kai tuo tarpu Sujungiamumo (angl. *Connectivity*) sluoksnis suteikia galimybę į vieną tinklą sujungti daugybę skirtingų sistemos elementų. Šiame sluoksnyje svarbu suderinamumas tarp daugybės skirtingų informacijos perdavimo protokolų, tokių kaip *HTTPS*, *MQTT*, *AMQP* ir panašiai. Šis modelio sluoksnis tai vienas labiausiai iššūkių keliančių sluoksnių visame *IIoT* adaptacijos procese.

2.2. *IIoT* platformų vertinimo kriterijai ir reikalavimai joms

Toliau bus nagrinėjami kiekvieno iš anksčiau apibrėžtų sluoksnių techniniai reikalavimai sudarysiantys aiškesnį vaizdą, pagal ką turėtų būti vertinamos *IIoT* platformos. Šis vertinimo modelis bus paremtas dvejomis reikalavimų grupėmis – Bendrieji reikalavimai ir Specifiniai reikalavimai. Pirmasis pogrupis atstovauja tuos kriterijus, kurie yra pritaikomi ne vienam išskirtiniam modelio lygmeniui, tačiau turi reikšmės visame *IIoT* platformos modelyje. O kitas pogrupis skirtas tiems modelio lygmenims, ar jų grupėms, apibūdinti, kurie turi būtent tam sluoksniui ar grupei specifines savybes.

2.2.1. Bendrieji reikalavimai

Bendrujų reikalavimų grupėje apžvelgiami kriterijai kurie nėra būdingi išskirtinai vienam sistemos lygmeniui, tačiau apima bendrus kriterijus visai daiktų interneto platformos struktūrai. Šie kriterijai neapima techninių sistemos savybių, tačiau iškelia klausimus, kaip tos savybės turėtų pasiekti vartotoją, gilinasi į komercines sąlygas ir kaip visa sistema pateikiama vartotojui. Šioje grupėje aprašomos trys pagrindinės sritys – tiekėjo paslaugų tvarumas, palaikymas ir partnerystės struktūra. Šie kriterijai pabrėžia kliento ir tiekėjo tarpusavio politikos svarbą, paslaugų kokybės ir kainos santykį bei kokios klientų aptarnavimo politikos laikosi platformos tiekėjas.

Tiekėjo paslaugų tvarumas (angl. *Provider's Services Capacity*) Pagrindiniai šios grupės aspektai yra šie: Serviso ir galimybių gairės, Naudojimo paprastumas, Tiekėjo patirtis *IIoT* srityje, Efektyvumas ir mastelis, Galimybės pagal regioną/Duomenų centrus.

2.1 lentelė. Teikiamų paslaugų pajėgumai [31]

Aspektas	Paaiškinimas
Paslaugų ir galimybių ateities perspektyvos (angl. <i>Service and Capabilities Roadmap</i>)	Ar platformos tiekėjas pateikia veiklos gaires <i>IIoT</i> sektoriuje? Kokie planai pateikiami ateinančioms metams?
Naudojimo paprastumas (angl. <i>Ease of Evaluation</i>)	Ar pateikiama aiški ir detali dokumentacija apie <i>IIoT</i> platformą? Ar pateikiamas visas paslaugų ir įrankių sąrašas įeinantis į <i>IIoT</i> platformą?

Tiekėjo patirtis <i>IIoT</i> sektoriuje (angl. <i>Vendor's Experience with IIoT</i>)	Kokius projektus <i>IIoT</i> platforma yra įgyvendinusi? Ar turi patirties pramonės šakoje?
Galimybės ir lankstumas (angl. <i>Performance and Scalability</i>)	Kokios kiekvieno <i>IIoT</i> platformos įrankio galimybės ir lankstumas?
Geografinės galimybės (angl. <i>Capabilities by Region/Datacenter</i>)	Kokia geografinė apimtimi teikiamos paslaugos? Kur įkurti duomenų centrai?

Palaikymas (angl. *Supportability*) Ši reikalavimų grupė susideda iš tokių kriterijų - Palaikymo ir priežiūros modelis, Gedimų šalinimo modelis, Geografinis palaikymas, Palaikymo terminas, Palaikymo kalba, Nuotolinis asistavimas, Pagalba vietoje, „Service Desk“ procesai. Šie kriterijai pilnai apibūdina platformos palaikymo infrastruktūrą ir nusako ar ji tvirta.

2.2 lentelė. Platformos techninis palaikymas [31]

Aspektas	Paaiškinimas
Palaikymo ir serviso paslaugos (angl. <i>Support and Maintenance Contract Model</i>)	Koks modelis taikomas servisui? Ar įtraukiami įvairūs patobulinimai?
Paslaugų teikimo sutartys (angl. <i>SLA's</i>)	Trikdžių šalinimo schema, koks laikas deklaruojamas per kurį atliekama gedimo analizė/sprendimas?
Geografinės paslaugų galimybės (angl. <i>Geographies covered by support</i>)	Kokiuose regionuose galimas platformos diegimas ir palaikymas?
Palaikymo terminas (angl. <i>Support Lifetime</i>)	Kiek laiko suteikiamas aptarnavimo laikotarpis?
Palaikomos kalbos (angl. <i>Supported Languages</i>)	Kokios kalbos palaikomos?
Nuotolinė pagalba (angl. <i>Remote Assistance</i>)	Ar teikiamos nuotolinės serviso paslaugos?
Pagalba objekte (angl. <i>On-Site Support</i>)	Ar tiekėjas suteikia specialistą vykdantį priežiūrą vietoje?
Serviso paslaugų procedūros (angl. <i>Service Desk Processes</i>)	Kokia procedūra atliekant trikdžių šalinimą?

Partnerystės struktūra (angl. *Contract and Governance*) Šioje grupėje apibūdinami veiksniai – nemokami bandyminiai paketai, kainos, koku būdu įgyvendinamas *IIoT* projektas, trumpai tariant patrauklumas bendradarbiauti su tiekėju.

2.3 lentelė. Partnerystės struktūra [31]

Aspektas	Paaiškinimas
Nemokamos bandyminės versijos (angl. <i>Free Trial</i>)	Ar įmanoma pasinaudoti nemokamu bandymu? Kokia kokybė?
Kainų politika	Kokia kainų politika taikoma?

(angl. <i>Pricing Policies</i>)	
Pritaikomumas gamyboje (angl. <i>Path to Production</i>)	Kaip <i>IIoT</i> platformos įrankiai pritaikomi tobulinimo, kokybės ir gamybos srityse?
Mokymai (angl. <i>Training</i>)	Ar tiekėjas suteikia mokymus?

2.2.2. Specifiniai reikalavimai

Saugumas (angl. *Security*) tai viena iš svarbiausių sričių privaloma įgyvendinti visose platformos modelio sluoksniuose, kad sistema būtų saugi ir stipri iš visų perspektyvų, nuo duomenų persiuntimo iš daiktų iki apdorotų duomenų analizės analitiniais įrankiais.

2.4 lentelė. Saugumas [31]

Aspektas	Paaiškinimas
Pilnas saugos mechanizmas (angl. <i>End-to-end security mechanisms</i>)	Ar <i>IIoT</i> platforma suteikia saugų duomenų perdavimo kanalą ir leidžia valdyti kiekvieno prijungto įrenginio įgaliojimus? Tai turi užtikrinti autorizacijos kontrolę duomenų mainuose.
Pilnas duomenų kodavimas (angl. <i>End-to-end data encryption</i>)	Ar platforma leidžia keistis užkoduotomis žinutėmis ir turi galimybę jas atkoduoti?
Pasiekiamumas ir autorizacija (angl. <i>Access and authorization control</i>)	Kaip platforma užtikrina įrenginių ir vartotojų pasiekiamumą ir autorizaciją?
Veiklos registravimas (angl. <i>Activity logging for audits</i>)	Ar yra galimybė matyti istorinius duomenis susijusius su prisijungimais ir autentifikacijomis?
Kietoji debesų infrastruktūra (angl. <i>Hardened cloud infrastructure</i>)	Ar platforma atitinka ISO 270001 standartą? ISO 27001 yra saugos standartas aprašantis geriausius saugumo valdymo būdus duomenų centrams ir kitoms aplinkoms.
Duomenų sauga (angl. <i>Data Security</i>)	Ar platformoje yra galimybė aprašyti skirtingus profilius ir pagal juos apriboti prieinamus duomenis?

Įrenginiai ir Sujungiamumas (angl. *Things and Connectivity*) Tai kriterijus apibrėžiantis kiek ir kokie komunikacijos protokolai suderinami su *IIoT* platforma.

2.5 lentelė. Sujungiamumas [31]

Aspektas	Paaiškinimas
Dvikryptė komunikacija, lankstumas (angl. <i>Bi-directional, flexible connectivity</i>)	Ar platforma suteikia abipusę komunikaciją su įrenginiais?
<i>MQTT</i> Protokolas su <i>SSL</i> (angl. <i>Protocols - MQTT with SSL</i>)	Ar platforma suderinama su <i>MQTT</i> protokolu?
<i>HTTPS</i> protokolas per internetines jungtis (angl. <i>Protocols – WebSockets over HTTPS</i>)	Ar galima komunikacija per saityno jungtis naudojant <i>HTTPS</i> ?
<i>AMQP</i> Protokolas (angl. <i>Protocols – AMQP</i>)	Ar platforma suderinama su <i>AMQP</i> protokolu?

REST Protokolas (angl. <i>Protocols – REST</i>)	Ar galimas REST protokolas?
Prieinamumas, mastelis, patikimumas (angl. <i>Availability, scalability, and reliability</i>)	Kaip užtikrinami duomenų srautai labiausiai apkrautuose kanaluose? Kaip užtikrinamas duomenų išsaugojimas ir nepraradimas juos siunčiant?

Įrangos valdymas (angl. *Device Management*)

2.6 lentelė. Įrangos valdymas [31]

Aspektas	Paaiškinimas
Įrangos būsenų valdymas (angl. <i>Device status management</i>)	Ar yra kažkoks įrankis stebėti visų įrenginių būseną? Pavyzdžiui kaip ilgai įrenginys prisijungęs? Ar buvo pertraukimai duomenų siuntime? Ar patogiai pateikiama tokia informacija?
Įrenginių sąrašas (angl. <i>Catalog of Devices / Things</i>)	Ar yra visų sujungtų įrenginių katalogas?
Įrangos parametrizavimas (angl. <i>Parameters of the things</i>)	Ar yra galimybė suvesti pilną įrenginio informaciją? Klase, tipą, modelį ir pan.
Gautų duomenų žurnalas (angl. <i>Log / Search of Received messages</i>)	Ar įmanoma sudaryti visų gautų žinučių sąrašą? Jame ieškoti informacijos?
Gedimų šalinimas (angl. <i>Troubleshooting</i>)	Kaip šalinamos komunikacinės problemos kai duomenys nenusisiusčia į/iš platformą?

Procesų valdymas (angl. *Processing and Action Management*) Labiausiai susijęs su realaus laiko valdymu ir duomenų apdorojimu. Reikalavimai čia keliami *Edge ir Data Ingest* lygmenims.

2.7 lentelė. Procesų valdymas [31]

Aspektas	Paaiškinimas
Veikimas realiu laiku (angl. <i>Real-time actions</i>)	Ar yra įrankiai leidžiantys realiu laiku stebėti įrenginius atlikti tam tikrus veiksmus su jais?
Individualios logikos kūrimas (angl. <i>Custom Logic</i>)	Ar <i>IIoT</i> platforma leidžia apsirašyti savitą logiką kuri būtų vykdoma tam tikrais atvejais? Pavyzdžiui tam tikroje situacijoje siųsti pranešimus, inicijuoti tam tikrus veiksmus.
Žinučių buferis (angl. <i>Messages Buffer</i>)	Ar įmanoma atkurti duomenis gautus sistemos gedimo laikotarpiu? Ar yra galimybė saugoti duomenis kol jie dar neapdoroti?

Integracija ir sąsajos (angl. *Integration and External Interfaces*) Čia aprašomi reikalavimai keliami *Fog/Middleware* sluoksniui.

2.8 lentelė. Integracija ir sąsajos [31]

Aspektas	Paaiškinimas
ESB naudojimas (angl. <i>Use of an Enterprise Service bus</i>)	Ar įmanoma įdiegti įrankius kurie leistų keistis duomenimis su kitomis aplinkomis kartu su <i>IIoT</i> platforma ?

Išmanieji duomenys (angl. *Data Intelligence*) Tai kriterijai padedantys įvertinti, kiek toli pažengusi *IIoT* platforma duomenų apdorojime ir analizėje. Čia įtraukiami *Data Ingest, Analytics Repository* ir *Information Hub* lygmenys. Apžvelgiamos duomenų rinkimo ir analizavimo sistemos, įvairūs analitiniai įrankiai ir duomenų atvaizdavimo sistemos.

2.9 lentelė. Išmanieji duomenys [31]

Aspektas	Paaiškinimas
Duomenų prieinamumas (angl. <i>Data Acquisition</i>)	Ar įmanoma pasiekti duomenų šaltinius išvardintus žemiau tiesiogiai ir naudoti jų kopijas debesies duomenų bazėje? SAP ECC, BW, SAP Hana, Historians, Oracle database, SQL Server database ir nestruktūrinės domenu bazės – Excel, CSV ir pan.
Duomenų valdymas, kaupimas (angl. <i>Data Management / Data Storage</i>)	Kokie <i>ETL</i> įrankiai prieinami? (<i>Extract, transform, load</i>) Ar įmanoma iš anksto planuoti <i>ETL</i> ? Ar <i>IIoT</i> platforma suteikia geras galimybes dirbti net ir tada kai sujungtų prietaisų skaičius ženkliai išauga, ar užtikrinamas duomenų srauto optimizavimas iš prietaisų į duomenų centrus, ar duomenys sėkmingai tvarkomi ir vaizduojami? Ar <i>IIoT</i> geba kopijuoti duomenų bases? Kokie „Big Data“ sprendimai siūlomi? Ar Big Data suteikia paskirstytą valdymą? Ar įmanoma sukurti Semantinį sluoksnį? Kokie įrankiai tam naudojami?
Vizualizacijos (angl. <i>Visualization</i>)	Kokie įrankiai naudojami duomenų atvaizdavimui? Ar įmanoma generuoti aliarmus ir pranešimus? Ar įmanoma naudoti raportus ir duomenis iš kitų analitinių įrankių? Kokie duomenų šaltiniai prieinami sudaryti raportus ir prietaisų skydelį? Ar vizualizacija dirba tiesiogiai apklausinėdama duomenų šaltinius? Ar vizualizacija dirba su iš anksto surinktais duomenimis? Ar vizualizacija leidžia naudoti žemėlapius? Kaip vizualizacija dalinamasi su kitais vartotojais? Ar įmanoma atvaizduoti 3D realius objektus?

3. Aveva Insight ir Siemens MindSphere IIoT platformos

Atsižvelgiant į 2.1 – 2.9 lentelėse iškeltus IIoT platformų kriterijus ir vertinimo aspektus kituose skyriuose bus analizuojamos IIoT platformos ir jų teikiamos galimybės. Šiame skyriuje apžvelgti bendruosius reikalavimus atitinkantys aspektai, o ketvirtame skyriuje iširtos platformų galimybės jas pritaikant realiame gamybiniame procese.

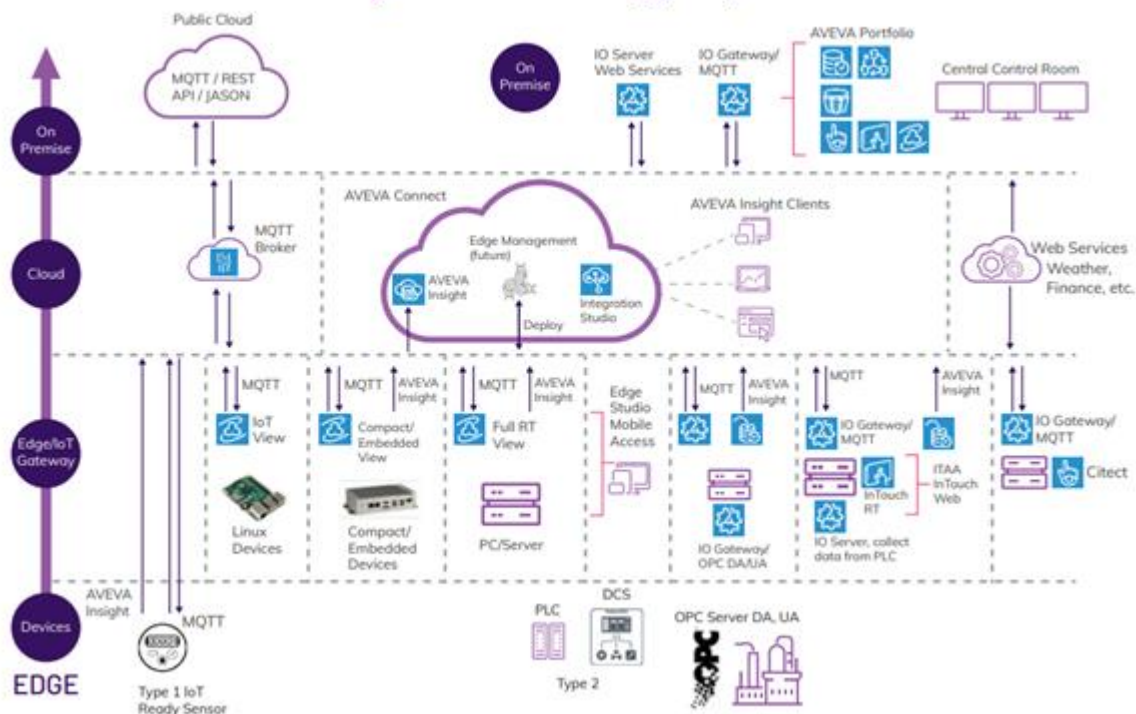
Platesnei IIoT platformų analizei pasirinktos dvi platformos iš populiariausių ir geriausiai vertinamų platformų pasauliniu mastu, kurių galimybių tyrimą būtų galima atlikti su turimais ištekliais. Pasirinkta *Schneider Electric* ir *Wonderware* atstovaujama platforma *Aveva Insight* bei automatikos technologijų lyderio *Siemens* platforma *MindSphere*. Abi šios platformos pasirinktos dėl populiarumo Lietuvos rinkoje ir galimybės plačiau iširti jų funkcionalumą naudojantis turimomis edukacinėmis licencijomis, kurias suteikė universiteto automatikos katedros laboratorijos.

3.1. Aveva Insight platforma

Aveva buvo įkurta 1967 metais, kaip Jungtinės Karalystės valstybinis tyrimų institutas Kembridžo universitete, ir tuo metu koncentravosi į gamybos industrijų 3D modelių kūrimą ir valdymą. 1980 metais *Aveva* atsiskyrė nuo universiteto ir tapo privačia kompanija toliau dirbdama su industriniais projektais. Galiausiai 2018 metais *Schneider Electric* sudarė sutartį su *Aveva* ir ši partnerystė sukūrė išskirtinį verslą orientuotą į įrangos našumo gerinimą, efektyvumą ir sąnaudų kaštų mažinimą [32].

Pramoninio daiktų interneto platforma paremta debesų technologijomis *Aveva Insight* save pristato kaip „Veiksminga įžvalga iš bet kur, bet kada, ir iš bet kokio prietaiso“ sprendimą [33].

Pavyzdinė architektūra - Vienas mazgas su IIoT ir debesų galimybėmis



3.1 pav. Pavyzdinė Aveva Insight IIoT architektūra [34]

Insight platforma pasižymi dideliu dėmesiu klientui, pateikiamas didžiulis kiekis informacijos apie platformą ir jos įrankius, taip pat *Aveva* pasidalina informacija apie ateities tendencijas ir planus

kuriuos tikis įgyvendinti, dažnai rengia internetinius seminarus, kur pristato naujienas ir svarbią informaciją susijusią su platforma. Norint susipažinti su siūlomomis galimybėmis patogiu naudotis *AVEVA Insight Online Help* svetaine, kurioje pateikiama visa reikalinga informacija susijusi su platforma. Šiuo metu deklaruojama, kad ši platforma gali susidoroti su dviem milijonais kintamųjų ir 250000 pasikeitimų per sekundę, o paslaugas teikia US, *EMEA* ir Australijos regionuose. Šiuo metu platforma aptarnauja daugiau nei 8000 sistemų, o vidutinis gamybos efektyvumo pagerinimas siekia net 30%. Kompanija atnešė teigiamus rezultatus daugiau kaip 16000 klientų visame pasaulyje [35]. Šios platformos klientai yra aptarnaujami didžiausios pramoninės programinės įrangos ekosistemos įskaitant 4200 partnerių ir 5700 sertifikuotų kūrėjų. *Aveva* yra įsikūrusi Kembridže UK, su daugiau kaip 4400 darbuotojų aštuoniasdešimtyje būstinių daugiau kaip 40 pasaulio valstybių [36].

Aveva suteikia galimybę realiu laiku 24/7/365 metodu stebėti ir prižiūrėti įrangą su specialiu *AVEVA™ System Monitor* paketu, kuris ne tik leidžia stebėti, tačiau ir indikuoja grėšiančius pavojus ir gedimus, bei apie juos praneša dar prieš jiems nutinkant. „*AVEVA™ Customer FIRST Program*“, tai programa suteikianti visą reikiamą pagalbą remiantis trimis aspektais – nuolatinis programinių paketų aptarnavimas ir tobulinimas, galimybė susisiekti su ekspertais kiekvienu iškilusiu klausimu bei teikiami optimalūs resursai kartu su paslaugomis. Taip pat *Aveva* teikia didžiulį dėmesį kliento sėkmei ir yra iškėlusį „sėkmės faktorius“ kuriais remiantis suteikiamos geriausios paslaugos. *Aveva* turi informacijos bei pagalbos centrą prie kurio prisijungus galima gauti visą reikiamą informaciją iš konsultantų. Nėgana to, *Aveva* sukūrė mobiliąją aplikaciją, kurioje bet kuriuo paros metu galima rasti visas susijusias naujienas, išspręstas problemas su paaiškinimais bei daugiau, kaip 15000 patarimų, straipsnių ir atsakymų į klausimus [37].



3.2 pav. Klientų aptarnavimo modelis [37]

Susidomėjus *Aveva Insight* platforma, kompanija suteikia 45 dienų nemokamą bandomąją versiją, kurios metu galima išsianalizuoti platformos galimybes, ištyrinėti ir susipažinti su vartotojo sąsaja. Per šį bandomąjį laikotarpį galima įvesti iki 1000 kintamųjų (angl. *Tags*) iš *InTouch*, *OPC* serverio, *Wonderware Historian*, *Citect SCADA*, *CSV*, *JSON* failų arba iš kitos aplikacijos, kurią galima užregistruoti, kaip duomenų šaltinį. Taip pat galima sukurti paskyrą kitam vartotojui, kad būtų galima išbandyti skirtingas paskyras *Insight* platformoje ir galiausiai galima analizuoti, dirbti ir dalintis informacija šioje platformoje su komandos nariais. Platformoje gausu įrankių padėsiančių optimizuoti gamybos procesą ir stebėti efektyvumą. Teikiamos įrangos *KPI*, darbo laiko ir prastovų ataskaitos su išsamia analize. Galimas duomenų grupavimas ir atvaizdavimas grafikuose, įvairių aliarmų ir pranešimų siuntimas, galima kaupti istorinius duomenis, naudoti daugelį kitų įrankių pagal darbo pobūdį. Kad būtų lengviau orientuotis platformoje, *Aveva* siūlo šimtus mokymų, tiek virtualiai

tiek ir kliento objekte. Mokymai suskirstyti į tris pagrindines grupes – inžineriniai, gamybiniai ir veiklos [38-40].

3.2. Siemens MindSphere platforma

Siemens įkurta 1847m. Berlyne, žymaus to meto išradėjo ir pramoninko Werner'io von Siemens'o. Per ilgą savo gyvavimo istoriją visuomet save pristatė, kaip inovatyvią ir į priekį žvelgiančią kompaniją. Šiai dienai Siemens dirba apie 372 000 darbuotojų 200 pasaulio valstybių. Kompanija įvardinama, kaip didžiausia Europos pramonės gamybos įmone, orientuota į elektrifikaciją, automatizaciją, ir skaitmenizaciją. Bendrovė gamina įrangą ir tiekia technologijas tokioms sritims, kaip elektros gavyba, geležinkelių transportas, sveikatos priežiūra ar vandens valymas, bei siūlo susijusias paslaugas ir programinę įrangą. O pastebėjus, kad atsiveria nauja pramonės era ir pasauliui judant į priekį Siemens 2017 m. išleido savo IoT platformą MindSphere kurią apibūdina, kaip atvira, debesų technologijomis paremtą skaitmeninės transformacijos platformą [41].




3.3 pav. Siemens MindSphere [42]

Siemens įrodė savo sėkmę derinant techninę ir programinę įrangą įvairiuose automatizavimo sprendimuose gamybos srityje, geležinkelių transporte, eismo valdyme bei decentralizuotose valdymo sistemose. Tai yra būtent tokios kompleksinės sistemos, kurios reikalauja daug stebėsenos ir valdymo įtraukiant tokias sistemas, kurios susideda iš realaus ir skaitmeninio pasaulio objektų generuojančių didžiulius duomenų kiekius. Štai todėl Siemens pradėjo gilintis ir išplėtė daiktų interneto konceptą pritaikomą industrinėse aplinkose. Iš šios perspektyvos Siemens stengiasi savo aparatūrinę ir programinę įrangą bei sistemas palaikyti ketvirtosios pramonės revoliucijos centre. Mindsphere kaip kelis iš pavyzdinių savo projektų pateikia elektrinių autobusų krovimo sistemą Vokietijoje ir Švedijoje, optimizuotą vandentiekio valdymo sistemą Sankt Peterburge integruojantis į seną valdymo sistemą bei išmanieji transformatoriai Smart Grid projekte Vienoje [41].

Kaip ir kitose srityse Siemens turi puikiai išvystytą klientų tarpusavio bendravimo ir pagalbos platformą, kurioje daugiau žinantys padeda mažiau žinantiems ir siūlo įvairius sprendimus bei patarimus. Taip pat Siemens savo ruožtu turi parengęs dokumentaciją ir mokomąją medžiagą, kuria remiantis galima išmokti naudotis platforma, tačiau ne visa informacija yra viešai prieinama, kol nesi Siemens klientas. Kaip deklaruoja bendrovė, norint gauti visą pagalbines informaciją vartotojas turi

prisijungti prie savo sukurtos *MindSphere* paskyros ir tuomet iš ten turės galimybę pasiekti norimą informaciją. Savo ruožtu kaip paslaugų tiekėjas *Siemens* suteikia palaikymą darbo valandomis, tačiau norint gauti palaikymo paslaugas turi būti užpildytas pagalbos prašymo užsakymas, kurio metu gaunamas tam tikras numeris „*Siemens Support Center*“ portale, ir pagal jį sprendžiami vartotojų nusiskundimai. Pagalba teikiama anglų kalba. Tačiau verta pabrėžti, kad iškeliant gedimo užklausa, ji priskiriama tam tikrai kategorijai, pagal kurias bendrovė sudėlioja gedimų šalinimo prioritetus. Kritiniam, pačiam aukščiausiam, lygiui priklauso tokie gedimai kaip visos sistemos lūžis, į tokius gedimus *Siemens* įsipareigoja atsakyti per mažiau kaip 1 darbo valandą, o jei gedimas priskiriamas žemiausiai kategorijai, kompanija atsakys ne vėliau kaip kitą darbo dieną [43].




Kaip ir didelė dalis kitų gamintojų *Siemens* suteikia nemokamą prieigą prie bandomosios *IIoT* platformos versijos kurioje galima susipažinti su vartotojo sąsaja, apžvelgti kai kurias funkcijas, pabandyti mobiliosios programėlės sujungimą su platforma ir duomenų siuntimą iš telefono į platformą. Tačiau, būtina pabrėžti, kad turint bandyminę versiją jokių kitų realių duomenų nemokamai į platformą įsikelti nepavyks. Norint susikurti duomenų kanalą į šią platformą būtina nusipirkti tam tikrus papildinius ir/ar techninę įrangą. Pigiausias pateikiamas variantas *MindConnect IoT Extension* kurio pagalba bus galima įsikelti duomenų iš išorinių įrenginių, tačiau jų perdavimo protokolai ir kiekis bus labai riboti. Kitas siūlomas variantas įsigyti *MindConnect IoT2040* arba *MindConnect Nano* tinklo sietuvus (angl. gateway) kurių kaina siekia atitinkamai apie 250eu ir 1133eu. Šie įrenginiai suteikia tokias galimybes - *IoT2040* - duomenų rinkimas per standartinius protokolus (*Siemens S7, OPC UA*), iki 500Mb vietinis duomenų buferis, iki 30 duomenų taškų per sekundę, iki 5 duomenų siuntėjų gali būti pajungta; *Nano* - duomenų rinkimas per standartinius protokolus (*Siemens S7, OPC UA*), iki 500Mb vietinis duomenų buferis, iki 250 duomenų taškų per sekundę [44].



Asset	Fast and easy connectivity of industrial machines and automation systems to MindSphere	Data collection via standard industrial protocols	Software update management – always up to date	Rugged design for maintenance-free, continuous operation	Comprehensive security concept in accordance with applicable industry standards	Local data buffer	Cycles (data points per second)	Data transfer cycles (seconds)
MindConnect Nano	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	500	250	10
MindConnect IoT2040	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	500	30	10

3.4 pav. *MindConnect Nano* ir *IoT2040* [44]

Norint į *IIoT* platformą įdiegti tam tikrų papildinių su skirtingomis funkcijomis kiekvienas iš jų apmokestintas atskirai. Pavyzdžiui norint naudotis „*Semantic Data Interconnect*“ įrankiu jis mėnesiui atsietų 9723\$. O platformoje norint turėti daugiau įvairių funkcijų galima išsipirkti planą, kurie priklausomai nuo funkcijų kainuoja nuo 344\$ iki 4400\$ [45].

 <p>SIEMENS</p> <p>MindAccess Developer Plan Large</p> <p>Develop your applications to leverage the value of IoT data.</p> <p>USD \$2,117 / month <i>Billed annually</i></p> <p>Learn More ></p>	 <p>SIEMENS</p> <p>MindAccess IoT Value Plan Large</p> <p>Connect your assets and use MindSphere applications to leverage the value of your data.</p> <p>USD \$4,463 / month <i>Billed annually</i></p> <p>Learn More ></p>	 <p>SIEMENS</p> <p>MindAccess Operator Plan Large</p> <p>Host your applications to leverage the value of IoT data.</p> <p>USD \$2,861 / month <i>Billed annually</i></p> <p>Learn More ></p>
--	---	--

3.5 pav. Paslaugų planai [45]

4. IIoT platformų taikymas realiame gamybos procese

Apžvelgus bendrąsias analizuojamų IIoT platformų savybes ir kriterijus, atliktas tiriamasis darbas, išsiaiškinti platformų specifinių reikalavimų technines savybes ir realiame pramoninės gamybos sektoriuje išbandyti daiktų interneto platformas. Šiam tyrimui pasirinkta viena iš „Mondelez Lietuva Production“ gamybinių linijų „Twist pack“. Šios gamybinės linijos galutinis produktas yra į kartonines dėžes supakuoti įvairaus svorio maišeliai su vieno kąsnio konditerijos gaminiais. Šiai užduočiai atlikti naudojami keli pagrindiniai įrenginiai linijoje:

- žaliavų tiekimo sistema;
- produktų skaičiavimo ir svėrimo įrenginiai;
- konditerijos gaminių pakavimo į maišelius įrenginys;
- maišelių pakavimo į kartonines dėžes įrenginys.

Pastarasis įrenginys pasirinktas praktiniam daiktų interneto platformos tyrimui atlikti.

Šis įrengimas skirtas pakuoti produkcijos maišelius į kartonines dėžes pagal atitinkamą maišelių kiekį nurodytą recepte. 2020 metais vykdyto projekto metu buvo atlikti kapitaliniai įrenginio perdarymo darbai. Pilnai pakeista mašinos valdymo sistema iš *Simatic S5* valdiklio bazės į *S7-1200* valdiklį kartu įdiegiant vartotojo sąsają, atnaujinant elektros instaliaciją bei pneumatinę sistemą. 4.1 paveiksle pavaizduota atnaujintos sistemos valdymo pultas.



4.1 pav. Twist pack pakavimo mašinos valdymo skydas

Įrenginio veikimo principas. Iš saldinių pakavimo mašinos *Rowema* transporteriu atvažiuojančius produkto maišelius patikrinti svorio kontrolės įrenginiu (dinaminėmis svarstyklėmis) *Metler Toledo*, tuomet pagal atitinkamą receptą (bendrą maišelių kiekį dėžėje), sugrupuoti maišelius ant grupavimo transporterio ir perkelti nustatytą kiekį maišelių į kartoninės dėžės iškarpą. Pilnai užpildytą iškarpą sulankstyti, ją užklijuoti ir patikrinti bendrą dėžės svorį, taip pat nurodytą produkto recepte. Svorio kontrolę atitikusią dėžę nustumti ant išvežimo transporterio, kur ji pažymima automatinio spausdintuvu *Domino*. Pažymėta dėžė nukeliauja tolimesne produkcijos judėjimo kryptimi. Svorio kontrolės neatitikusios dėžės nustumiamos į broko sukaupti vietą.

Techninei užduočiai atlikti naudojami šie automatikos komponentai:

- valdiklis *Siemens S7-1200*;
- svėrimo modulis *Siemens Siwarex*;
- I/O išplėtimo moduliai *Vipa SLIO*;
- saugos relė *Siemens*;
- automatiniai išjungėjai;
- variklinės šiluminės apsaugos;
- elektromagnetiniai paleidėjai;
- dažnio keitikliai.

Techninei užduočiai atlikti ir įrangos valdymui realizuoti parašyta programa naudojantis *Siemens Tia Portal V14* paketu. Valdiklio programa sudaryta iš 4.2 paveiksle pavaizduotų funkcijų bei duomenų blokų.

Program blocks	WP231PR [FB231]
Add new block	Auto_delay_Start [DB10]
Main [OB1]	Data_HMI [DB2]
Aliarmai [FC8]	Data_Recipe [DB1]
Auto_start_calc [FC5]	Fault [DB6]
Cilindru savipatikra_1IN [FC9]	Iškarpos_formavimas_DB [DB22]
Cilindru savipatikra_2IN [FC7]	Iškarpos_padejimas_DB [DB20]
Iškarpos_formavimas [FC4]	Produktas_I_masina_db [DB21]
Iškarpos_padejimas [FC2]	Recepto_Nr_name [DB19]
Ispėjimai [FC11]	Skaiciavimams [DB4]
Pavaros [FC6]	Sverimas_Isvezimas_DB [DB11]
Produktas_I_masina [FC3]	Warnings [DB47]
Statistika [FC10]	WP231PR_DB [DB8]
Sverimas_Isvezimas [FC1]	WP231PR_DB_T1 [DB7]

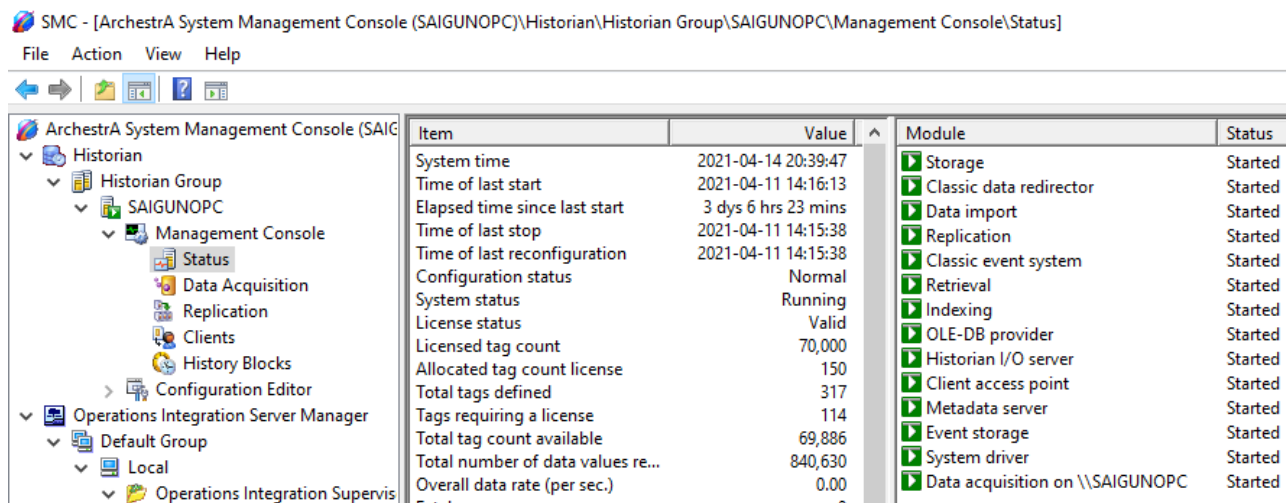
4.2 pav. Pakavimo mašinos programiniai blokai

4.1. Aveva *Insight IIoT* platformos realizacija gamybiniame procese

Praktiniam *Aveva Insight* platformos tyrimui naudojama ši įranga:

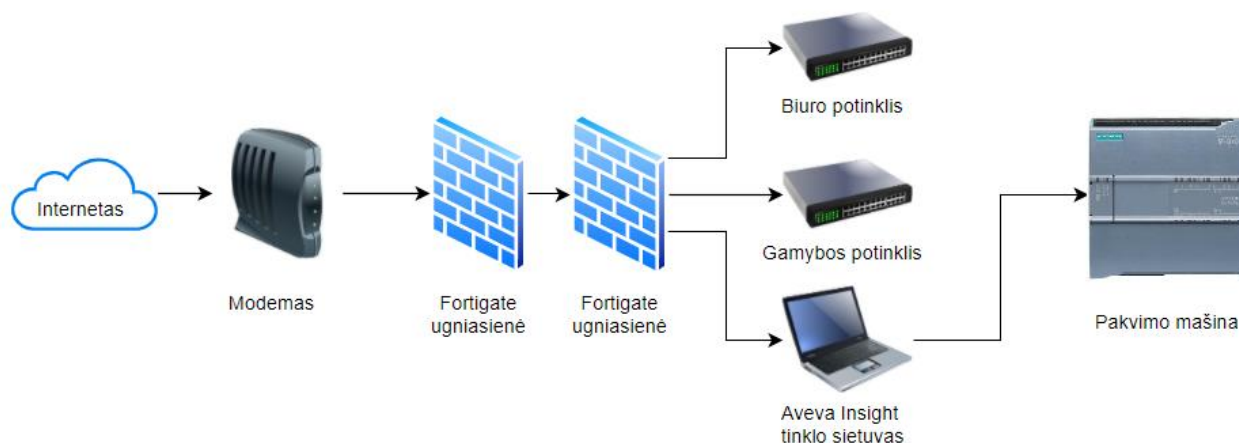
- programuojamas loginis valdiklis *Siemens S7-1200*;
- tinklo sietuvas – *ASUS* nešiojamasis kompiuteris su dvejomis tinklo plokštėmis;
- programinė įranga *Archestra System Management Console (SMC)*;
- programinė įranga *Aveva Historian*.

Programinei įrangai gauti buvo sukurta paskyra <https://softwaresupportsp.aveva.com> svetainėje. Užsiregistravus į šią svetainę suteikiama prieiga prie tokių AVEVA siūlomų produktų kaip programinė įrangą, komunikacinės tvarkyklės, mokomoji medžiaga ar licencijų aktyvavimo įrankiai. Iš šios svetainės buvo parsiūsta SMC bei Historian programinė įranga su reikiama papildiniais (komunikacinių protokolų tvarkyklėmis, dokumentacija, aktyvacijos dokumentais). Įdiegus ir licencijavus programinę įrangą, pradėtas sistemos konfigūravimas naudojantis SMC paketu pateiktu 4.3 paveiksle.



4.3 pav. Archestra System Management Console

Prieš pradėdant praktinį platformos diegimą į gamybos procesą, buvo pasitarta su įmonės tinklų saugos ir informacinių technologijų specialistais, kurie didelį dėmesį atkreipė į saugų ir patikimą platformos naudojimą gamybos procese. Atsižvelgus į IT specialistų rekomendacijas Aveva Insight tinklo sietuvas (angl. gateway) buvo pajungtas į atskirą potinklį, atskiriant šią sistemą nuo įmonės gamybinio ir biuro potinklų. Supaprastinta tinklo pajungimo schema pavaizduota 4.4 paveiksle.



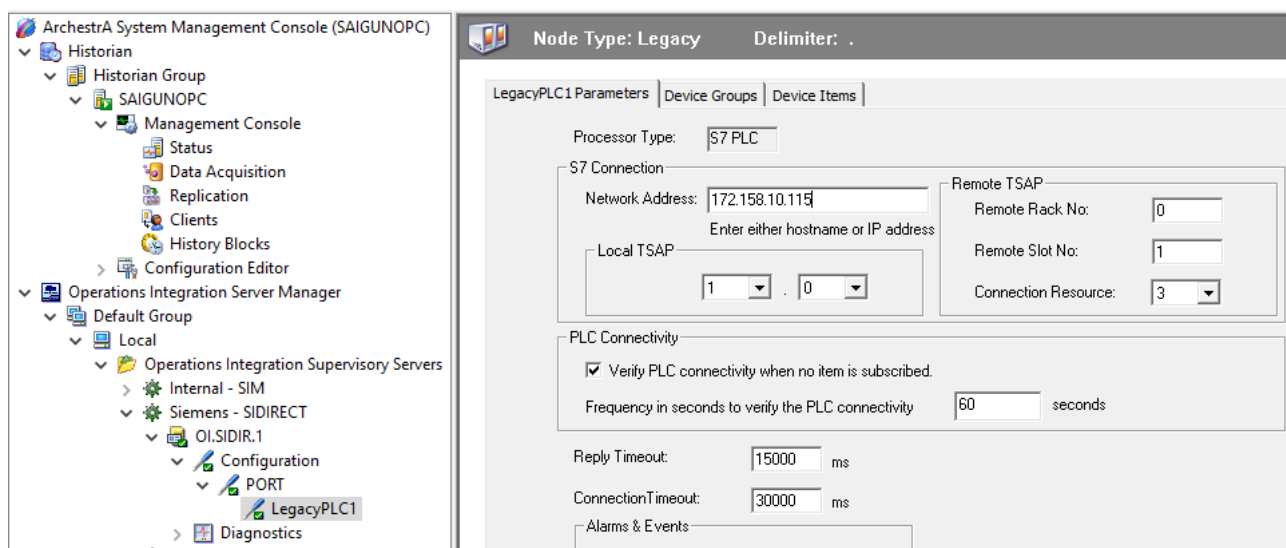
4.4 pav. Supaprastinta tinklo sujungimo schema

Šiuo atveju prieiga prie interneto yra limituota, o ryšys tarp Aveva tinklo sietuvo ir Insight IIoT platformos yra realizuotas per HTTPS naudojant 443 jungtį. Duomenys keliantys į platformą yra užkoduoti naudojant SSL/TLS protokolus ir AES 256 bitų kodavimą su X.509 sertifikatu. Duomenų sauga užtikrinama ne tik perduodant duomenis į debesį, tačiau ir pačiame debesyje. Fizinę saugą

Aveva užtikrina naudodamasi *Microsoft Azure* ir *Amazon AWS* duomenų centrais, kurie abu pirmąja teikiant šias paslaugas. *Microsoft* ir *Amazon* turi įdiegę daugybę saugumo priemonių, kad užtikrintų duomenų ir aplikacijų saugumą ne tik nuo fizinių ir gamtos veiksnių, bet ir kibernetinį saugumą bei privatumą tinklo erdvėje. Šios platformos atitinka aukščiausius saugumo standartus, tokius kaip, ISO 27001/27017/27018 ir *AICPA SOC 2*. Visi saugumui jautrūs duomenys yra koduojami, logiškai atskiriami ir paskirstomi į daugiasluoksnę architektūrą. Taip pat saugos standartai užtikrina, kad duomenys nebūtų pasiekiami neprisijungus. *Aveva Insight* platforma suteikia galimybę sukurti kelias paskyras vartotojams su skirtingomis rolėmis ir atitinkamomis prieigomis prie duomenų platformoje.

Kuomet yra užtikrinta duomenų sauga, lieka įgyvendinti sklandų duomenų perdavimą į internetinę platformą iš gamykloje esančių įrenginių, šiuo atveju *Siemens* valdiklio. Šiai užduočiai atlikti *Aveva Insight* suteikia plačiausias galimybes rinkoje. Ši platforma susijungia su jutikliais, valdikliais, duomenų bazėmis ir kitais informacijos šaltiniais naudodama standartinius protokolus. Platforma suderinama su daugiau nei 300 pramoninio standarto protokolų. Įdiegta daugiau kaip 30 *Aveva* ir *Wonderware* produktų bei įrankių. Platforma suderinama su tokiais protokolais kaip *MQTT*, *AMQP*, *HTTPS*, *REST* ir kitais. Dėl šio didelio funkcionalumo komunikacijos srityje platforma yra labai konkurencinga sujungiamumo aspekto.

Konkrečiu tiriamuoju atveju komunikacijai tarp pakavimo įrengimo ir tinklo sietuvo pasirinkta *SIDirect* komunikacinė tvarkyklė (angl. *communication driver*) skirta būtent *Siemens* valdikliams. *SIDirect* kaip vienas iš papildinių buvo įdiegtas į *SMC* programinį paketą (4.5 paveikslas).



4.5 pav. *SIDirect* konfigūracija

Įdiegus šią tvarkyklę platformoje atsiranda galimybė sukurti virtualų serverį bei sukonfigūruoti dviejų tipų prijungimus prie jo. Pirmasis „Legacy Connection“ skirtas absoliučiojo adresavimo komunikacijai. Sukūrus šį prijungimą sukonfigūruojamas „Legacy“ objektas, kuris palaiko tradicinius *Siemens Simatic* kintamųjų vardus, pavyzdžiui DB1, REAL 0; DB4 INT 2; DB33, X2.5 ir kitus standartinius kintamųjų vardus. Naudojant šį komunikacijos tipą nėra palaikomas simbolinis vardų atpažinimas, tačiau norint dirbti su simboliniais valdiklio kintamųjų vardais galima sukurti antrąjį prijungimo prie serverio tipą „Symbolic Connection“. Sukonfigūravus šį prijungimą komunikacija tarp tinklo sietuvo ir valdiklio vyksta jau ne pagal kintamųjų adresus, o pagal simbolinius jų vardus nurodytus valdiklyje.

Tiriamuoju atveju sukurtas „Legacy“ objektas, nurodytas objekto IP adresas (valdiklio IP adresas) bei kita reikalinga informacija. Toliau konfigūracija tęsiama sukuriant prietaiso komunikacines grupes, kurios skirtos nurodyti koku laiko intervalu bus skanuojami valdiklio duomenys, o užbaigiama į prietaiso kintamųjų skiltį surašius visus norimus valdiklio kintamųjų adresus. 4.6 paveiksle pateikta dalis kintamųjų perkeltų iš *Siemens* valdiklio. Pilnas sąrašas pateiktas pirmame priede.

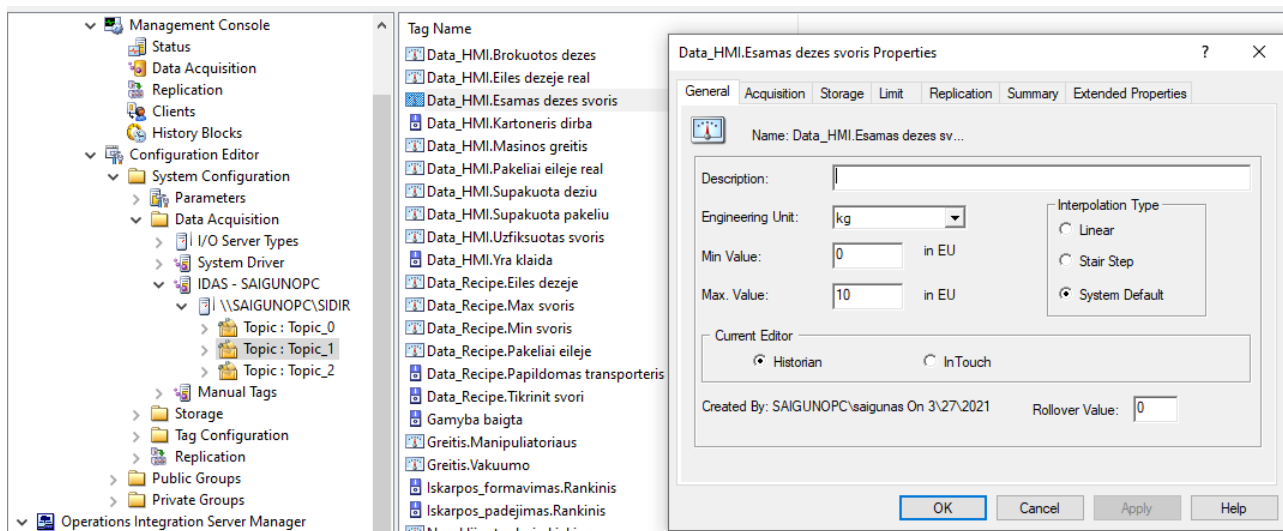
LegacyPLC1 Parameters		Device Groups	Device Items
Name	Update Interval (ms)		
Topic_0	50		
Topic_1	50		
Topic_2	1000		

LegacyPLC1 Parameters		Device Groups	Device Items
Name	Item Reference		
Akis printerio transporterio gale	I7.3		
Antri vartai atidaryti	I3.3		
Avarinis STOP ant OP nuspaustas	I3.5		
Avarinis STOP ant VS nuspaustas	I3.1		
Data_HMI.Brokuotos dezės	DB2,REAL42		
Data_HMI.Eiles dežeje real	DB2,REAL50		
Data_HMI.Esamas dezės svoris	DB2,REAL26		
Data_HMI.Kartoneris dirba	DB2,X2.5		
Data_HMI.Masinos greitis	DB2,REAL54		
Data_HMI.Pakeliai eileje real	DB2,REAL46		
Data_HMI.Supakuota deziu	DB2,REAL38		
Data_HMI.Supakuota pakeliu	DB2,REAL34		
Data_HMI.Uzfixsuotas svoris	DB2,REAL30		

4.6 pav. Pakavimo mašinos komunikacinės grupės ir kintamųjų sąrašas

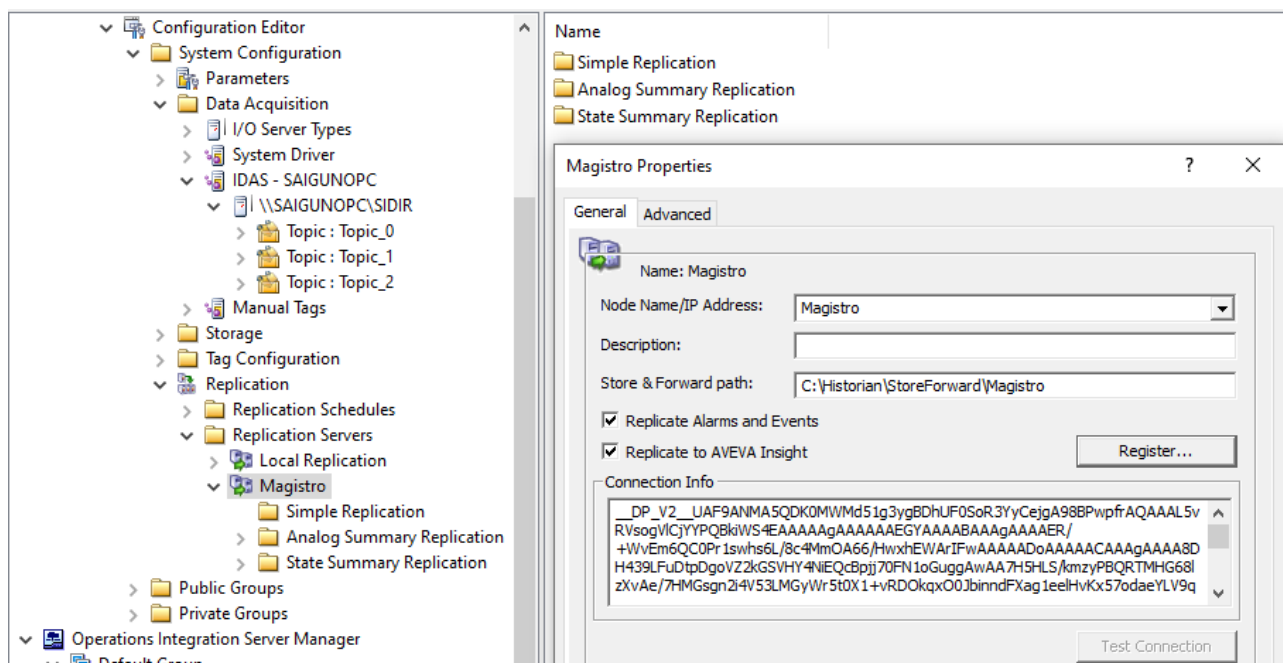
Būtina paminėti, kad kintamuosius galima importuoti ir eksportuoti kaip csv failą, kas labai supaprastina kintamųjų perkėlimo procesą. O, kad būtų maksimaliai sutrumpintas diegimo laikas šioje platformoje yra sukurtas įrankis galintis nuskaityti *PLC* programą ir iš jos automatiškai sugeneruoti aplikacinį serverio šabloną. Šiuo metu įrankis suderinamas su *Rockwell Allen-Bradley Logix* šeimos valdikliais ir *Siemens S7-1500* valdikliais.

Atlikus pilną *SIDirect* serverio konfigūraciją tolesniam darbui su duomenimis naudojamas *Aveva Historian* programinis paketas instaliuotas į *SMC* konsolę. Su *Historian* sukuriamas *IDAS* (angl. *Industrial Data Acquisition Service*) kuris priima duomenis iš *I/O* serverio, šiuo atveju *SIDirect*, ir siunčia juos į *Aveva Historian* saugojimui bei grafiniam atvaizdavimui. Analogiškai *SIDirect* komunikacinėms grupėms sukuriama ir *IDAS* grupės, kurių kiekviena saugo skirtingo tipo duomenis. „Topic_0“ saugo visus fizinius valdiklio įėjimus ir išėjimus, „Topic_1“ saugo visus vidinius proceso kintamuosius, o „Topic_2“ – visus proceso aliarmus aprašytus valdiklyje. Pavyzdinė *IDAS* grupė su aprašytais kintamaisiais ir vieno iš kintamųjų parametrais pavaizduota 4.7 paveiksle. Visos grupės ir kintamųjų sąrašas pateiktas antrame priede. Tyrimo metu iš valdiklio buvo nuskaityti 254 kintamieji. Per visą tyrimo laikotarpį tarp valdiklio ir platformos „Topic_0“ grupėje perduota 1 462 689 reikšmės, „Topic_1“ grupėje – 14 988 549 reikšmės ir „Topic_2“ – 661 517 reikšmių.



4.7 pav. IDAS grupė ir kintamieji

Perkėlus duomenis į *Historian*, tyrime realizuotas duomenų transportavimas į *Aveva Insight* platformą naudojantis duomenų replikacijos serveriu (angl. *data replication server*). Šiame etape visi reikalingi kintamieji iš *IDAS* gali būti perkelti į *Aveva Insight* platformą naudojantis trimis skirtingais replikacijos metodais – paprastoji replikacija, apibendrintoji analoginė ir apibendrintoji būsenos replikacija. Apibendrintosios replikacijos skiriasi tuo, jog duomenis iš *Historian* siunčia tik nustatytu laiko intervalu, o paprastoji replikacija fiksuoja visus duomenų pasikeitimus ir visus juos siunčia į *IIoT* platformą. Tyrime įgyvendintas paprastosios replikacijos metodas pavaizduotas 4.8 paveiksle.



4.8 pav. Duomenų perkėlimas į *Aveva Insight* platformą

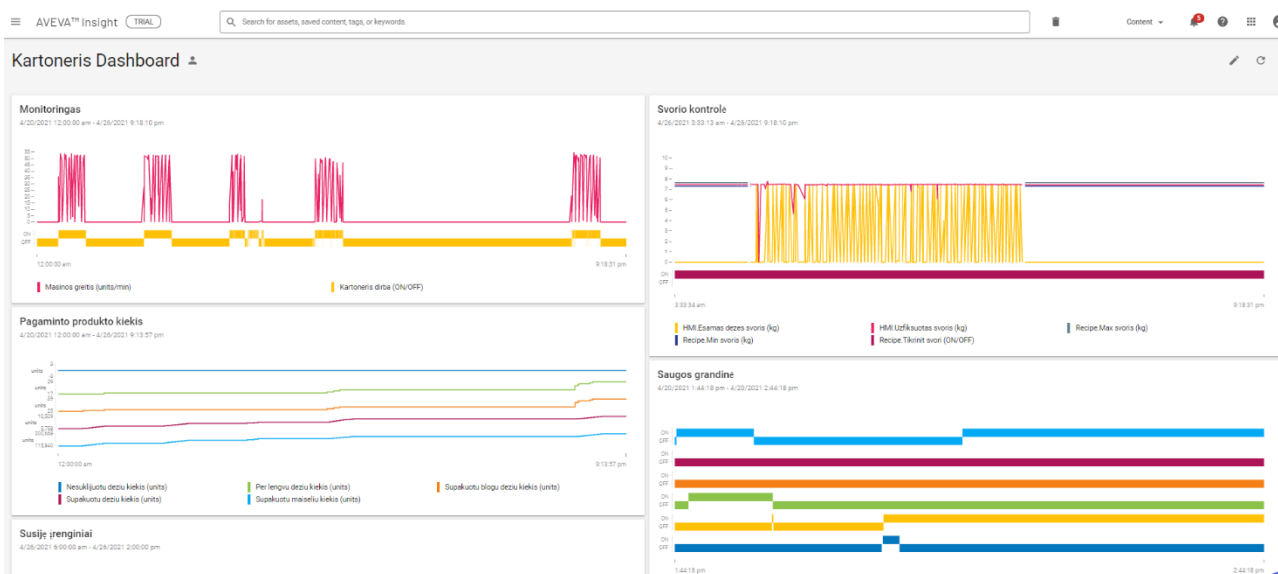
Dirbant su šia *IIoT* platforma buvo išbandytas ir kitas duomenų perdavimo į platformą būdas (4.9 paveikslas). Šiuo atveju nuskaicius duomenis iš valdiklio jie perkeliama ne su *Historian* programiniu paketu, o naudojantis *Excel* darbakyne ir *Aveva Insight Publisher* paketu. Šis duomenų publikavimo

4.11 paveiksle matomas grafikas vaizduoja pakavimo mašinos recepte įvestus du dydžius – minimalų ir maksimalų leidžiamą dėžės svorį bei realų užfiksuotą dėžės svorį. Kaip matyti iš grafiko per pamainą buvo pagaminta viena per sunki dėžė ir viena per lengva dėžė. Visi kiti dėžių svoriai varijuoja apibrėžtose ribose.



4.11 pav. Aveva Insight duomenų grafikas – galutinio produkto svorio kontrolė

Sukūrus keletą aktualių grafikų juos galima suskirstyti į atitinkamus vartotojo skydelius (4.12 paveikslas), kur pagal sukurtą logiką duomenys atvaizduojami vartotojui lengvai suprantama tvarka. Taip pat į šiuos skydelius platforma automatiškai įtraukia pranešimus ir grafikus su įvairiais duomenų nuokrypiais nuo normos bei kitokias verčių variacijas nei įprasta. Šie pranešimai padeda pastebėti proceso sutrikimus ir netolygumus taip juos greičiau aptinkant ir pašalinant.



4.12 pav. Aveva Insight platformoje sukurtas skydelis

Tokiu būdu susikūrus įvairius grafikus ir duomenų lenteles platformoje galima stebėti visus sujungtus įrenginius ir jų teikiamą informaciją. Vietoj to, kad kiekvieną įrenginį ar procesą stebėtume atskirai, platformoje suteikiama galimybė viską matyti vienoje vietoje. *Aveva* kartu su *IIoT* platforma siūlo ir papildomus įrankius padedančius organizuoti, valdyti, stebėti visus sujungtus prietaisus vienoje vietoje, pavyzdžiui vienas iš jų *Aveva Edge Management*. Šis įrankis suteikia galimybę stebėti ir prižiūrėti visus įrenginius iš vieno taško taip taupant laiką ir pinigus jų priežiūrai. Pateikiamas visų įrenginių registras, konfigūracijos moduliai, dislokacija, statusas bei kita aktuali informacija. Šiuo įrankiu galima kurti virtualius dvynius kas iš esmės leidžia modeliuoti įvairius procesus ir rasti geriausius sprendimus gamyboje.

Be anksčiau išvardintų galimybių *Aveva Insight* platformoje yra sukurtas įrangos efektyvumo modelis (4.13 paveikslas), kuriuo naudojantis galima automatiškai skaičiuoti gamybos efektyvumą, sekti pagrindines prastovų priežastis, gedimus ir įrangos būseną. Platformos galimybių tyrime šis modelis buvo panaudotas pakavimo mašinos efektyvumui apskaičiuoti ir stebėti visą gamybos procesą.

AVEVA™ Insight TRIAL

Equipment Efficiency Model

Required Information for Utilization and OEE Tracking

Equipment	Equipment States	OEE Calculation Definitions	Disposition Reasons
Manage the equipment that will be monitored and analyzed. This information is required for Utilization and OEE tracking.	Manage the equipment states that are used to track equipment efficiency. This information is required for Utilization and OEE tracking.	Define the calculation definitions for equipment for which OEE will be calculated. This information is required for OEE tracking.	Define the reasons for why good or waste production counts are entered. This information is required for OEE tracking.
1 ITEMS	4 ITEMS	1 ITEMS	5 ITEMS

Optional Information for Utilization and OEE Tracking

Utilization Reasons	OEE Data Properties	Automated Data Collection	Production Lines
Manage the utilization reasons used to track equipment utilization. They describe why a piece of equipment has changed to a new operating state.	Manage OEE data properties. They provide operating context for utilization and production events.	Specify historian tags to be used to automatically collect utilization events, production events, and OEE data properties from equipment.	Graphically model the physical connections between equipment that represents a production line.
34 ITEMS	3 ITEMS	5 ITEMS	0 ITEMS

4.13 pav. Įrangos efektyvumo stebėjimo modelis

Šiame modelyje būtina sukonfigūruoti ir *Excel* darbaknygės *csv* formatu sukelti visą reikiamą informaciją: įrangą, įrangos būsenas, *OEE* skaičiavimo taisykles, disponavimo priežastis. Taip pat galima sukonfigūruoti ir papildomus duomenis, kurie suteikia daugiau stebėjimo galimybių: naudojimo priežastis, *OEE* duomenų parametrus, automatinius duomenų rinkimo kintamuosius bei produkcijos linijas. Visi tyrime pritaikyti ir sukonfigūruoti įrangos efektyvumo modelio elementai pateikti 3-9 prieduose.

Ši *IIoT* platforma taip pat automatiškai skaičiuoja *OEE* duomenis ir atlieka tų duomenų analizę. Grafiškai atvaizduoja kiek truko sustojimai, kiek vidutiniškai mašina dirba be sustojimų ir koks yra bendras įrenginio našumas. Šios, platformos teikiamos galimybės, suteikia vartotojui naudingos informacijos apie bendrą gamybos procesą ir jo efektyvumą. Taip pat platformoje yra galimybė aprašyti įvairius proceso aliarmus apie kuriuos vartotojui pranešama elektroniniu paštu, pranešimais

mobiliojo telefono aplikacijoje bei pačioje platformoje. Tai suteikia galimybę gauti svarbiausią informaciją apie gamybos procesą.

4.2. Siemens Mindsphere IIoT platformos realizacija gamybiniame procese

Praktiniam Siemens MindSphere IIoT platformos tyrimui naudojama ši įranga:

- programuojamas loginis valdiklis *Siemens S7-1200*;
- tinklo sietuvas – *MindConnect Nano*;
- Kompiuteris su interneto prieiga;

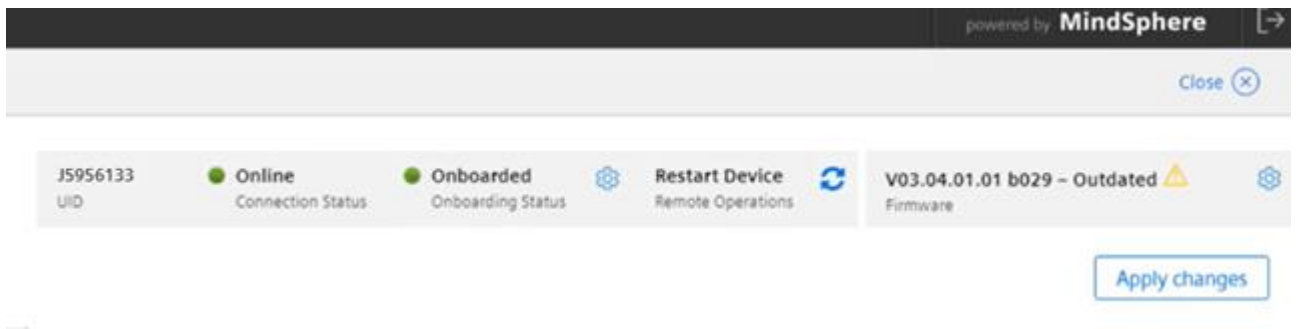
Prisijungus prie <https://mindsphere.io/KTUAutomatika> paskyros buvo pradėti sistemos konfigūravimo darbai. „Asset Manager“ skyriuje sukurtas naujas *MindConnect Nano* tipo virtualus turtas skirtas specialiai *MindConnect Nano* tinklo sietuvui ir IIoT platformai komunikuoti. 4.14 paveiksle pavaizduoti virtualaus turto sukūrimo ir tinklo sietuvo registravimo žingsniai. Atlikus šiuos veiksmus toliau tęsiamas sietuvo konfigūravimas suteikiant jam prieigą prie interneto ir priskiriant IP adresą atitinkantį valdiklio IP adresą potinklį.

The screenshot displays the 'Add asset' form in the MindSphere Asset Manager. The form is titled 'Add asset' and has a 'General' tab selected. The 'Type ID' field contains 'core.mcnano' with a note: 'Selected type of asset cannot be changed'. The 'Name' field is required and contains 'Kartoneris'. The 'Description' field contains 'Pakavimo mašinos duomenys' with a note: '230 characters left'. Below the form are expandable sections for 'Location', 'Variables', and 'Static aspects'. At the bottom, there are 'Save' and 'Cancel' buttons. A red asterisk indicates a required input field.

On the right, there is a 'Create MindConnect' section with a reference image of a Siemens MindConnect Nano device. The image shows the device's label with the following information: 'IP0227E r Box', '5E36001954', 'IPFD53800', 'SUPPORT: 8.0001985', 'Siemens AG, Braubauer Str. 5, DE-90766 Forth, Made in Germany'. The label also includes a QR code and a unique ID: 'J5956133'. A note states: 'The unique ID can be found on your hardware. See image below as reference'. Below the image, the 'Unique ID' field is filled with 'J5956133' and a note states: 'This ID is permanent and can't be changed later!'.

4.14 pav. Virtualaus turto kūrimo ir tinklo sietuvo registravimo žingsniai

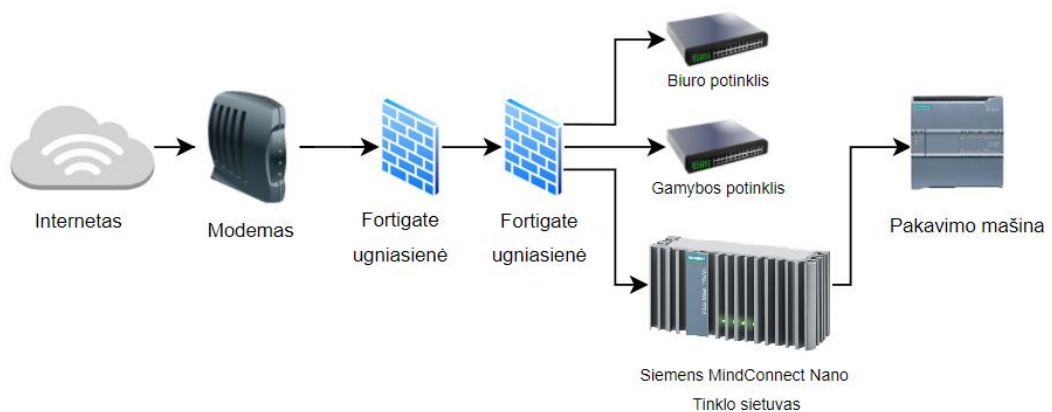
Pilnai sukonfigūravus tinklo sietuvą parsisiunčiamas konfigūracinis failas, kuris turi būti įkeliamas į USB laikmeną, ir perkeliamas į *MindConnect Nano* tinklo sietuvą, kad šis įrenginys susikonfigūruotų pagal anksčiau nustatytus parametrus. Sėkmingai atlikus konfigūracijos darbus ir prijungus tinklo sietuvą prie interneto ryšio platformoje matoma 4.15 paveiksle pavaizduota indikacija.



4.15 pav. Prijungto tinklo sietuvo statusas

Kaip viena iš lyderiaujančių automatikos ir skaitmenizacijos kompanijų *Siemens* supranta didžiulę kibernetinės saugos svarbą šioje srityje. Šioje platformoje esantis daugiasluoksnis saugumo konceptas suteikia apsaugą vartotojų duomenims, programinei įrangai, gamybinėms sistemoms ir bendrai infrastruktūrai. *Mindsphere* laikosi ISO 27001 standarto, kad užtikrintų maksimalų duomenų saugumą savo aplinkoje. Platforma yra sertifikuota pagal IEC 62443-4-1 standartą, kuris aprašo kibernetinio saugumo reikalavimus automatikos ir valdymo sistemų aplinkose. Prisijungimo užtikrinimui naudoja *MFA*, čia naudojami slaptažodžiai turi atitikti tarptautinius pramonės standartus saugumo užtikrinimui. Visa komunikacija nuo prijungto valdiklio iki *IIoT* platformos vyksta per *TLS* v. 1.2. Taip pat naudojamas *X.509* sertifikatas. *Siemens* suteikia duomenų klasifikavimo ir kodavimo galimybes perduodant juos per *HTTPS* ir *TLS* protokolus. Duomenų atsarginių kopijų kūrimas numatytas kiekvieną dieną juos saugant 30 dienų taip suteikiant galimybę neprarasti didelio kiekio svarbių duomenų. O norint stebėti visą veiksmų seką sudaromas duomenų stebėjimo žurnalas, kurį galima audituoti.

Tiriamuoju atveju pakavimo mašinos valdiklis *Siemens S7-1200* prie platformos prijungtas naudojantis anksčiau aptartu tinklo sietuvu *MindConnect Nano*. 4.16 paveiksle pavaizduota supaprastinta realizuota tinklo schema.



4.16 pav. Supaprastintas *MindConnect Nano* pajungimas į įmonės interneto tinklą

Viena iš pagrindinių *MindSphere* platformos sudedamųjų dalių yra sujungiamumo lygmuo, šioje platformoje bendrai vadinamas *MindConnect*. Tai suteikia galimybę sujungti fizinius daiktus, saityno ir įmonės informacinių technologijų sistemas į *IIoT* platformą. *MindConnect* palaiko komunikaciją su debesimi per *HTTPS* ir *MQTT* protokolus, o su fiziniais daiktais komunikuoja per *Siemens S7*,

OPC UA, *AMQP* bei keletu kitų protokolų. Tiriamuoju atveju pritaikytas *Siemens S7* protokolas tarp valdiklio ir tinklo sietuvo, bei *HTTPS* tarp tinklo sietuvo ir *IIoT* platformos. Fizinis daiktų sujungimas galimas tik per *MindConnect Nano* ir *MindConnect IoT2040* prietaisus. Ši Siemens savybė traktuojama kaip trūkumas, nes be papildomos techninės įrangos platformos į gamybos procesą integruoti negalima, o išbandant ją su bandomąja versija galimybės yra labai ribotos.



4.17 pav. Prijungta techninė įranga

Sukonfigūravus ir instaliavus techninę įrangą į gamybos procesą (4.17 paveikslas) išbandytos realios sujungiamumo galimybės *IIoT* platformoje. Sukurtas virtualus duomenų šaltinis „Kartonerio_PLC“, konfigūracijoje priskirtas valdiklio *IP* adresas, pasirinktas protokolas ir prisijungimo būdas. Visa konfigūracija pavaizduota 4.18 paveiksle.

Edit Kartonerio_PLC
 Protocol* 57
 Name* Kartonerio_PLC
 Description Description
 Reading Cycle [?]* 1 m
 IP Address 172.158.10.115
 Connection Type Automatic Manual
 *required input field
 Reading Cycle:
 Duration in seconds (s), minutes(m) or hours (h)
 Accept Cancel

4.18 pav. Sukurtas virtualus duomenų šaltinis

Sukonfigūravus duomenų šaltinį sukurtas bandomasis kintamas „Kartoneris_dirba“ indikuojantis ar pakavimo mašina įjungta. Visi kiti kintamieji importuoti csv formatu į atskirai sukurtus aspektus, o paskui per virtualaus duomenų šaltinio nustatymus susieti su atitinkamais valdiklio adresais. Pavyzdinis kintamasis ir dalis aspekto sukurtų kintamųjų pavaizduoti 4.19 paveiksle, o kintamųjų susiejimas pavaizduotas 4.20 paveiksle.

Add data point
 Name* Kartoneris_dirba
 Description Kartonerio darbo indikacija
 Type* BOOLEAN
 Unit Unit
 Datapoint Address DB2.DBX2.5
 On Data Change
 * required input field
 Accept Cancel

Variables

- Variable names must be unique inside an aspect.
- Once a variable is added to the aspect it cannot be renamed or removed.
- The data type BIG_STRING is only available for a dynamic aspect.

Add variable Import variables Download template Export variables Delete all

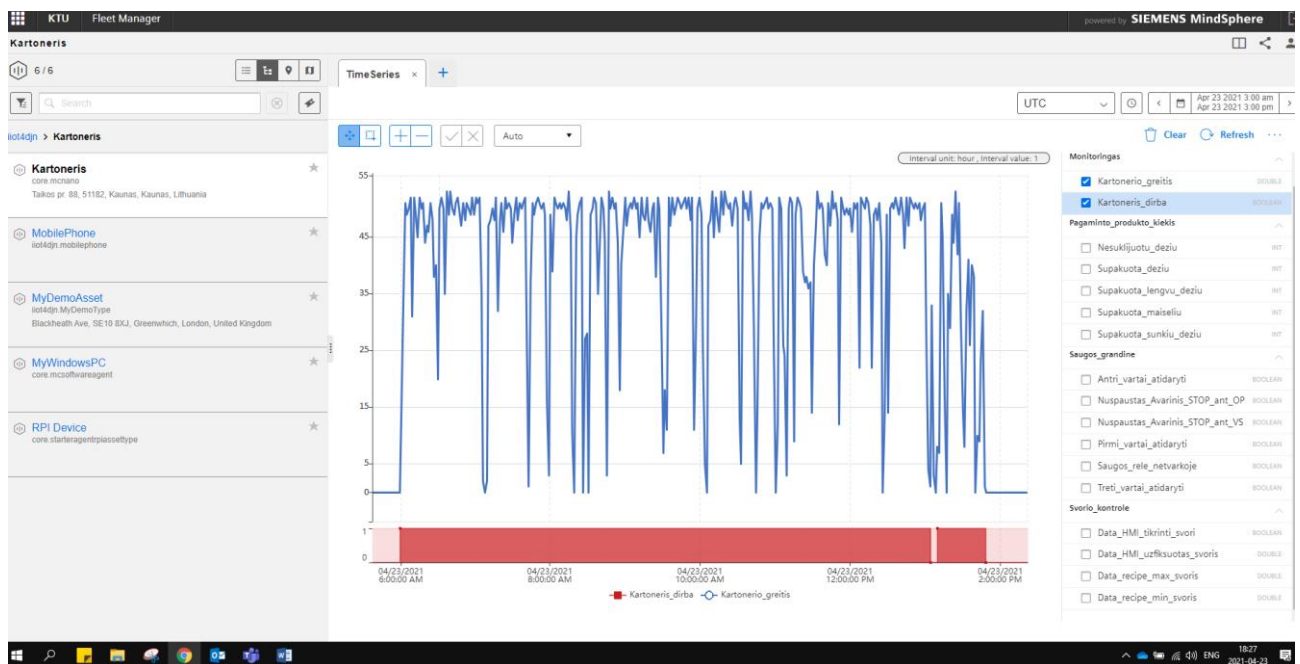
Name	Unit	Data type
Nesuklijuotu_deziu	vnt	INT
Supakuota_deziu	vnt	INT
Supakuota_lengvu_deziu	vnt	INT
Supakuota_maiseliu	vnt	INT
Supakuota_sunkių_deziu	vnt	INT

4.19 pav. Pavyzdinis kintamasis ir aspekto sukurti kintamieji

Configuration		Data mappings
4 Data mappings (0 deprecated, 0 invalid)		
▼ Svorio_kontrolė		4 of 4 Data points linked
Data point	Data mapping	
Data_HMI_Tikrinti_svoris BOOLEAN		Link variable
	Kartoneris > Svorio_kontrolė > Data_HMI_tikrinti_svoris	Unlink variable
Data_HMI_uzfiksutas_svoris kg, DOUBLE		Link variable
	Kartoneris > Svorio_kontrolė > Data_HMI_uzfiksutas_svoris	Unlink variable
Data_recipe_max_svoris kg, DOUBLE		Link variable
	Kartoneris > Svorio_kontrolė > Data_recipe_max_svoris	Unlink variable
Data_recipe_min_svoris kg, DOUBLE		Link variable
	Kartoneris > Svorio_kontrolė > Data_recipe_min_svoris	Unlink variable

4.20 pav. Kintamųjų susiejimo pavyzdys

Sukonfigūravus komunikaciją ir kintamuosius, platformoje toliau iširtos *Siemens MindSphere Fleet Manager* įrankio galimybės. Šis įrankis skirtas surinktų duomenų atvaizdavimui ir stebėjimui *IIoT* platformoje. *Fleet Manager* teikia automatiškai sugeneruotus raportus kurie naudingi kasdieniame naudojime norint gauti apibendrintą informaciją apie įrangos būklę, efektyvumą, *KPI* ir daug kitos informacijos. Tyrimo metu buvo stebima kaip platforma sugeba susidoroti su duomenų srautu, ar nėra duomenų pertraukimų. 4.21 paveiksle atvaizduotas pakavimo mašinos būsenos bei greičio grafikas



4.21 pav. Siemens Fleet Manager sugeneruotas grafikas

Platformoje įsigijus tam skirtus įrankius galima realiu laiku (1ms intervalu) stebėti gamybos procesą, matyti, koks yra *KPI*, *OEE* ir kitą informaciją apie gamybą. Taip pat *Siemens* siūlo „IoT Time Series Service“ kurio pagalba galima susidaryti grafikus norimame laiko intervale ir juos stebėti realiu laiku. Tačiau yra tam tikrų apribojimų, vieno duomenų siuntimo ciklo metu maksimalus duomenų dydis yra 1MB, o maksimalus duomenų perdavimo greitis 100 KB/s, todėl vienu metu stebėti daug skirtingų dydžių nėra įmanoma. *Mindsphere* išsiskiria labai plačiomis programavimo galimybėmis. Ši platforma turi išteklius kuriais naudojantis galima kurti ir programuoti savo aplikacijas, kad surinktus duomenis būtų galima naudoti ir interpretuoti pagal individualius poreikius. *MindConnect API* leidžia programuotojui kurti specifines programėles, kurios keičiasi duomenimis su *IIoT* platforma ir sujungtais prietaisais naudojantis standartizuota *API* sąsaja. Platformoje gausu įvairiausių jau paruoštų *API*, kuriuos galima naudoti arba koreguoti pagal savo poreikius, pavyzdžiui stebėti duomenų srautus, generuoti pranešimus ir panašiai. Platformoje galima programuoti *Java*, *NodeJS*, *Python*, *PHP* ir kitomis kalbomis. Dėl šio standartinio kalbų naudojimo palengvinamas ir atpiginamas individualių programėlių kūrimas.

MindSphere platformoje duomenų analizė gali būti vykdoma skaičiuojant *KPI* ir lyginant senus duomenis su naujais. Anomalijų aptikimas dar viena analitinė galimybė, kur specialiai sukurtas *API* aptinka neįprastus duomenis procese ir apie juos informuoja, taip pat gali iš anksto pranešti apie smulkius pakitimus, kol gamybos procesui nepadaryta žala. Įvykių analizė pateikia tokius duomenis, kaip, pavyzdžiui, pagrindiniai 10 gedimų ar klaidų analizuojamoje sistemoje.

4.3. Aveva Insight ir Siemens MindSphere apibendrinamoji apžvalga

Apžvelgus ir realiame gamybiniame procese išbandžius abi platformas galima jas palyginti ir padaryti išvadas apie jų teikiamas galimybes, panašumus ir skirtumus. Abi platformos paremtos duomenų perdavimo į debesį modeliui ir naudoja *Microsoft Azure* ir *Amazon AWS* duomenų centrus, o *Siemens* dar taip pat naudoja ir *Alibaba Cloud* valdomus duomenų centrus. Duomenų saugai užtikrinti abu tiekėjai didelį dėmesį skiria saugai ir duomenų perdavimui naudoja *SSL/TLS* per *HTTPS* protokolą. Duomenų perdavimo metu visi duomenys yra koduojami, o norint juos pasiekti teik viena tiek kita platforma turi industrinius standartus atitinkančias prisijungimo, autentifikavimo ir autorizavimo priemones. Kalbant apie tiekėjo palaikymo politiką *Aveva* į šią sritį investuoja labai daug ir turi labai išvystytą ir puikiai veikiančią paslaugų tiekimo grandinę, kai tuo metu, *Siemens* tokių gerų galimybių aptarnavimo ir gedimų šalinimo srityje nesuteikia. Kaip ir palaikymas taip ir sujungiamumas yra *Aveva* kompanijos stiprioji pusė. Kol *Siemens* suteikia galimybę komunikuoti per keletą protokolų tokių kaip *S7*, *OPC UA*, *Modbus*, ir keletą kitų, *Aveva* yra suderinama su daugiau nei 300 pramoninio standarto protokolų ir labai smarkiai lenkia *Siemens* šioje srityje. Taip pat, verta pabrėžti, kad norint pilnavertiškai naudotis *MindSphere* platforma, tiek bandomuoju laikotarpiu, tiek išsirinkus ją kaip į gamybą diegiamą sprendimą, būtina įsigyti techninės įrangos – *MindConnect IoT2040* arba *MindConnect Nano* tinklo sietuvus (angl. *gateway*) Surinktų duomenų valdymui ir analizei abu tiekėjai turi savitų sprendimų ir įrankių, tad ši sritis turėtų būti vertinama pagal konkrečius poreikius ir pritaikymo sritį. Įrengimų valdymo bei stebėjimo sistemos pas abi kompanijas yra panašios, siūlomi sujungtų daiktų valdymo įrankiai, atskiro duomenų stebėjimo įrankiai ir pačių įrenginių būsenos ir gamybinio efektyvumo stebėjimas. Šiuo aspektu verta pabrėžti, kad *Aveva* platformoje visos funkcijos pateikiamos paprastai ir suprantamai, nereikia papildomų programavimo žinių norint naudotis įvairiais įrankiais. O *Siemens* platformoje yra platesnis funkcijų pasirinkimas, tačiau joms įgyvendinti reikia programavimo žinių. Kalbant apie pačią paslaugų struktūrą ji yra skirtinga. *Siemens* platforma teikia paslaugas atskirais moduliais ir juos galima užsisakyti atskirai, pagal individualius

poreikius, už kiekvieną įrankį bei vartotoją mokant skirtingą licencijos mokestį, o *Insight* platforma iškart siūlo „viskas viename“ modelį, dėl šios priežasties skiriasi ir kainų politika, *Siemens* ima atskirą mokestį už atskirus įrankius ir funkcijas, o *Insight* platforma už teikiamas paslaugas taiko mokestį atsižvelgiant į kintamųjų skaičių ir vartotojų kiekį.

4.1 lentelė. Apibendrinamasis platformų palyginimas

Teikiamų paslaugų pajėgumai			
Aspektas	Paaiškinimas	<i>Aveva Insight</i>	<i>Siemens MindSphere</i>
Naudojimo paprastumas.	Ar pateikiama aiški ir detali dokumentacija apie <i>IIoT</i> platformą? Ar pateikiamas visas paslaugų ir įrankių sąrašas įeinantis į <i>IIoT</i> platformą?	Pateikiama aiški ir detali informacija kaip atlikti kiekvieną platformos konfigūravimo veiksmą. Sukurta <i>Aveva Insight Online Help</i> svetainė kurioje pateikia visa informacija apie platformą. Priėjimas neribojamas. Pati platforma lengvai naudojama, nereikia specifinių žinių.	Pateikiama detali dokumentacija, vartotojo vadovai, konfigūracijos pavyzdžiai. Platforma reikalauja gilesnių žinių, reikalauja daug įvairių žingsnių net ir paprastiems dalykams atlikti. Naudojimasis nėra itin paprastas.
Tiekėjo patirtis <i>IIoT</i> sektoriuje.	Ar turi patirties pramonės šakoje?	Platforma įdiegta daugiau kaip į 8000 gamybinių sistemų įvairiose pramonės ir gamybos srityse.	Lyderiaujanti platforma Europos rinkoje.
Galimybės ir lankstumas.	Kokios kiekvieno <i>IIoT</i> platformos įrankio galimybės ir lankstumas?	Platforma suteikia <i>OEE</i> skaičiavimo ir analizės galimybes, grafikų braižymą, duomenų pasikeitimo indikaciją, aliarmų pranešimus, gamybos proceso stebėjimą ir kitas funkcijas.	Platforma suteikia įrangos stebėjimo galimybes, <i>OEE</i> , <i>KPI</i> skaičiavimą, individualių programėlių kūrimą.
Geografinės galimybės.	Kur įkurti duomenų centrai?	Platforma turi duomenų centrus Europoje, Amerikoje, Australijoje.	Du duomenų centrai Europoje, vienas Kinijoje.
Platformos techninis palaikymas			
Aspektas	Paaiškinimas	<i>Aveva Insight</i>	<i>Siemens MindSphere</i>
Palaikymo ir serviso paslaugos.	Koks modelis taikomas servisui? Ar įtraukiami įvairūs patobulinimai?	Įkurti klientų aptarnavimo centrai, suteikiama pagalba elektroniniu paštu, telefonu. Turint platformą suteikiama nuotolinė arba kontaktinė inžinieriaus pagalba. Įtraukiami įvairūs patobulinimai, be papildomų mokesčių.	Yra klientų aptarnavimo centras, galimybė registruoti gedimus, platforma automatiškai atnaujinama atsiradus naujinimams.
Geografinės paslaugų galimybės.	Kokiuose regionuose galimas platformos diegimas ir palaikymas?	Galima diegti visame pasaulyje, pasirenkant vieną iš trijų duomenų centrų (Amerika, Europa, Australija).	Plačiausiai aptarnaujama Europa, Azija, pagal duomenų centrus.
Palaikymo terminas.	Kiek laiko suteikiamas aptarnavimo laikotarpis?	Aptarnavimas suteikiamas visą naudojimosi laikotarpį.	Aptarnavimas suteikiamas visą naudojimosi laikotarpį.
Palaikomos kalbos.	-	Anglų.	Anglų.
Nuotolinė pagalba.	-	Taip.	Taip.
Pagalba objekte.	-	Taip.	Taip.

Serviso paslaugų procedūros.	Kokia procedūra atliekant trikdžių šalinimą?	Gedimas registruojamas pagalbos sistemoje arba tiesiogiai pranešama aptarnaujančiam inžinieriui.	Gedimas registruojamas pagalbos sistemoje.
Partnerystės struktūra			
Aspektas	Paaiškinimas	<i>Aveva Insight</i>	<i>Siemens MindSphere</i>
Nemokamos bandyminės versijos.	Ar įmanoma pasinaudoti nemokamu bandymu? Kokia kokybė?	Suteikiama 45 dienų nemokama bandomoji versija su visomis galimybėmis iki 1000 kintamųjų.	Suteikiama nemokama versija, nėra beveik jokių prieinamų galimybių.
Kainų politika.	Kokia kainų politika taikoma?	Kainos priklauso nuo pasirinkto plano, kuriame skiriasi kintamųjų skaičius, vartotojų kiekis ir duomenų greitis bei papildomos funkcijos.	Apmokestinamas kiekvienas papildomas įrankis. Galimi skirtingi vartotojų planai.
Pritaikomumas gamyboje.	Kaip <i>IIoT</i> platformos įrankiai pritaikomi tobulinimo, kokybės ir gamybos srityse?	Stebimi duomenys, braižomi grafikai, skaičiuojamas <i>KPI</i> , <i>OEE</i> , atliekama analizė. Pranešama apie duomenų nuokrypius.	Įrangos stebėjimas, <i>KPI</i> , <i>OEE</i> skaičiavimas, analizė. Virtualių dvynių kūrimas, galimybė modeliuoti procesus.
Mokymai.	Ar tiekėjas suteikia mokymus?	Platforma su gausybe įvairios mokomosios medžiagos, seminarai, patarimai, vartotojo instrukcijos.	Yra įvairūs mokymo paketai už atitinkamą kainą. Be mokymų galima kreiptis į vartotojų forumą, kur klientai padeda vieni kitiems.
Saugumas			
Aspektas	Paaiškinimas	<i>Aveva Insight</i>	<i>Siemens MindSphere</i>
Pilnas saugos mechanizmas.	Ar <i>IIoT</i> platforma suteikia saugų duomenų perdavimą?	<i>HTTPS</i> , <i>REST</i> , <i>API</i> , <i>SSL/TLS</i> saugumo protokolai, <i>X.509</i> kodavimas, <i>ISO 27001/27017/27018</i> ir <i>AICPA SOC 2</i> saugumo standartai. Autorizuojamas ir autentifikuojamas kiekvienas prisijungimas prie platformos.	<i>HTTPS</i> , <i>REST</i> , <i>API</i> , <i>SSL/TLS</i> saugumo protokolai, <i>X.509</i> kodavimas, <i>ISO 27001</i> ir <i>IEC 62443-4-1</i> saugumo standartai. Autorizuojamas ir autentifikuojamas kiekvienas prisijungimas prie platformos.
Pilnas duomenų kodavimas.	-	Duomenų srautai koduojami.	Duomenys koduojami.
Pasiekiamumas ir autorizacija.	Kaip platforma užtikrina įrenginių ir vartotojų pasiekiamumą ir autorizaciją?	Naudojama <i>Aveva Connect</i> platforma, kuri yra paremta <i>OpenID Connect (OIDC)</i> autentifikavimo lygmeniu įgyvendintu <i>OAuth 2.0</i> autorizacijos modelyje.	Naudoja <i>MFA</i> , slaptažodžiai turi atitikti tarptautinius pramonės standartus. Visa komunikacija nuo kliento iki <i>IIoT</i> platformos vyksta per <i>TLS v. 1.2</i>
Veiklos registravimas.	Ar yra galimybė matyti istorinius duomenis susijusius su prisijungimais ir autentifikacijomis?	Rodomas prisijungusių vartotojų skaičius, kada buvo prisijungta ir koku vardu.	Rodomas vartotojų sąrašas, paskutinis prisijungimo laikas.
Kietoji debesų infrastruktūra.	Ar platforma atitinka <i>ISO 270001</i> standartą?	Atitinka.	Atitinka
Duomenų sauga.	Ar platformoje yra galimybė aprašyti skirtingus profilius?	Aprašomi administratoriai ir paprasti vartotojai. Kiekvienas kintamasis gali būti priskiriamas tam tikram vartotojui.	Aprašomi administratoriai ir paprasti vartotojai. Reguluojamas kintamųjų prieinamumas.

Sujungiamumas			
Aspektas	Paaiškinimas	Aveva Insight	Siemens MindSphere
Dvikryptė komunikacija, lankstumas.	Ar platforma suteikia abipusę komunikaciją su įrenginiais?	Naudojantis papildomais įrankiais galima įgyvendinti dvikryptę komunikaciją.	Su papildomais įrankiais galima.
<i>MQTT</i> protokolas su <i>SSL</i> .	-	Taip.	Taip.
HTTPS protokolas per internetines jungtis.	-	Taip, naudojamas HTTPS per 443 jungtį.	Taip.
AMQP protokolas.	-	Taip.	Taip.
REST protokolas.	-	Taip.	Taip.
Įrangos valdymas			
Aspektas	Paaiškinimas	Aveva Insight	Siemens MindSphere
Įrangos būsenų valdymas.	-	Yra įvairūs įrangos stebėjimo būdai, grafikai, lentelės. Skaičiuojamas būsenų pasikeitimų dažnis ar kiek laiko būsena nepakitusi.	Stebima įrangos būsena, prisijungimo laikas, aliarmai, klaidos ir kita aktuali informacija.
Įrenginių sąrašas.	Ar yra visų sujungtų įrenginių katalogas?	Taip, įrenginiai skirstomi pagal lokacijas.	Taip, pateikiamas įrangos sąrašas, duomenų aspektų sąrašas ir kintamieji pagal juos.
Įrangos parametrizavimas.	Ar yra galimybė suvesti pilną įrenginio informaciją? Klasę, tipą, modelį ir pan.	Taip, yra galimybė prie įrenginio rašyti komentarus ir pastabas.	Taip, galima suvesti visą informaciją nuo tipo iki serijinio numerio.
Gautų duomenų žurnalas.	Ar įmanoma sudaryti visų gautų žinučių sąrašą? Jame ieškoti informacijos?	Grafiškai duomenis galima stebėti pasirinktu laiko intervalu nuo 1 valandos iki 30 dienų.	Grafiškai galima stebėti istorinius duomenis iki kelerių metų naudojantis <i>Fleet Manager</i> įrankiu.
Procesų valdymas			
Aspektas	Paaiškinimas	Aveva Insight	Siemens MindSphere
Veikimas realiu laiku.	Ar yra įrankiai leidžiantys realiu laiku stebėti įrenginius atlikti tam tikrus veiksmus su jais?	Naudojantis nemokama versija duomenys atnaujinami kas 1 minutę, o įsigijus <i>Enterprise</i> licenciją galimas 2500000 kintamųjų pasikeitimas per 1 sekundę.	Duomenys renkami realiu laiku, bet į platformą perduodami paketais nustatytu laiko intervalu.
Individualios logikos kūrimas.	Ar <i>IIoT</i> platforma leidžia apsirašyti savitą logiką kuri būtų vykdoma tam tikrais atvejais?	Yra galimybė kurti aliarmus ir pranešimus pagal aprašytą logiką.	Galima kurti aliarmus, programuoti naujas programėles, labai plačios funkcijos susijusios su programavimu platformos viduje
Žinučių buferis.	Ar įmanoma atkurti duomenis gautus sistemos gedimo laikotarpiu? Ar yra galimybė saugoti duomenis kol jie dar neapdoroti?	Naudojantis <i>Historian</i> surinkti duomenys gali būti perduoti vėl atsiradus interneto ryšiui.	Naudojantis <i>MindConnect</i> tinklo sietuvais, buferis galimas iki 500 MB.

Integracija ir išorinės sąsajos			
Aspektas	Paaiškinimas	Aveva Insight	Siemens MindSphere
ESB naudojimas.	Ar įmanoma įdiegti įrankius kurie leistų keistis duomenimis su kitomis aplinkomis kartu su <i>IIoT</i> platforma ?	Taip, per įvairius protokolus galima komunikuoti su įvairiausiomis verslo platformomis.	Galima naudojant standartinius protokolus ir duomenų bazes.
Išmanieji duomenys			
Aspektas	Paaiškinimas	Aveva Insight	Siemens MindSphere
Duomenų prieinamumas.	Kokie galimi duomenų šaltiniai?	Galima naudoti daugiau kaip 300 pramoninių protokolų, SAP duomenų bazes, <i>SQL</i> duomenų bazes, <i>Historian</i> duomenų serverius, perkelti duomenis per Excel, <i>CSV</i> , <i>JSON</i> formatus.	Naudojami keli pagrindiniai pramoniniai protokolai, <i>SQL</i> duomenų bazės, <i>CSV</i> ir <i>JSON</i> failai.
Duomenų valdymas, kaupimas.	Ar <i>IIoT</i> platforma suteikia geras galimybes dirbti kai sujungtų prietaisų skaičius didelis, ar užtikrinamas duomenų srauto optimizavimas iš prietaisų į duomenų centrus, ar duomenys sėkmingai tvarkomi ir vaizduojami?	Duomenys įkeliami ir skirstomi pagal sukurtus įrenginius, duomenų šaltinius. Galima priskirti geografines lokacijas ar suskirstyti įrenginius hierarchine tvarka pagal liniją. Taip surūšiuotą įrangą duomenys lengvai atskiriami ir valdomi.	Duomenys keliami kuriant atskirus aspektus, kintamuosius, kriterijus. Duomenų įkėlimas ir atvaizdavimas labai laikui reiklus procesas. Nėra patogaus ir paprasto būdo. Tačiau viską sukėlus duomenys logiškai atskiriami lengvai.
Vizualizacijos.	Kokie įrankiai naudojami duomenų atvaizdavimui? Ar įmanoma generuoti aliarmus ir pranešimus? Ar įmanoma naudoti raportus ir duomenis iš kitų analitinių įrankių?	Naudojami tradiciniai daiktų interneto platformų įrankiai, grafikų braižymas, grafinis būsenų atvaizdavimas, parametų lentelių sudarymas, iš sudarytų atskirų grafikų galima sudėlioti valdymo skydelius, galima duomenis atvaizduoti ant žemėlapių, pagal geografines koordinatas.	Naudojami tradiciniai įrankiai, laiko grafikai, būsenos sekimas ir vaizdavimas grafikuose, <i>OEE</i> grafikai ir kitos įvairios funkcijos priklausomai nuo turimų įrankių.

Išvados

1. Atlikus literatūros analizę apie daiktų interneto technologijas, galima teigti, jog daiktų internetas - tai neatsiejama būsimąjo pasaulinio interneto dalis, kuri pasižymi dinamišku pasaulinio interneto tinklo infrastruktūros modeliu, atitinkanti standartizuotus ir tarpusavyje suderinamus komunikacijos protokolus, mokanti pati save konfigūruoti, o tos infrastruktūros viduje fiziniai ir programiniai objektai sudaro heterogeninę sistemą, kuri dėl esančių technologijų geba komunikuoti tarpusavyje neįsikišant žmogui.
2. Išryškinant esminius literatūroje pabrėžiamus *IoT* ir *IIoT* skirtumus galima pabrėžti tai, kad bendru atveju *IoT* taikomi žemesni standartai, čia netaikomi griežti reikalavimai priežiūrai, atsparumui ir tikslumui, o jo paskirtis koncentruojasi į vartotojų poreikių tenkinimą. Kai tuo tarpu *IIoT* sistemoms industrinė aplinka kelia griežčiausius saugumo reikalavimus, reikalaujamas didelis tikslumas ir patikimumas kartu suteikiant ir didelę platformos funkcionalumą, integruojant į senas bei naujas gamybinės sistemas.
3. Aptarti ir pristatyti dažniausiai naudojami specifiniai daiktų interneto protokolai (*BLE*, *NFC*, *Zigbee*, *AMQP*, *CoAP*, *MQTT*) daugelis jų paremti *TCP/IP* protokolais arba veikia šių protokolų pagalba. Apžvelgus protokolus galima daryti išvadą, kad pagrindiniai daiktų interneto protokolai yra *TCP/IP* ir *MQTT* nes būtent per juos vyksta pagrindiniai duomenų mainai tarp daiktų interneto daiktų ir vartotojų platformos.
4. Pagal pramoninių daiktų interneto platformų funkcionalumo vertinimo kriterijus, apibrėžti pagrindiniai reikalavimai joms: sauga, sujungiamumas, įrangos ir procesų valdymas, išmanieji duomenys, integracija ir partnerystės struktūra. Visi reikalavimai sudaryti iš smulkesnių aspektų apžvelgtų ir išanalizuotų tiriamajame darbe.
5. Atlikus *Aveva Insight* teorinę funkcionalumo analizę, galima teigti, jog ši platforma pilnai atitinka visus iškeltus reikalavimus, pasižymi itin paprasta integracija į gamybinį procesą, turi itin dideles sujungiamumo galimybes (daugiau kaip 200 skirtingų protokolų), yra labai paprastai naudojama ir suteikia visas tradicines *IIoT* platformos funkcijas duomenų rinkimui, atvaizdavimui, analizei, *OEE* ir *KPI* skaičiavimui, aliarmų kūrimui bei daug kitų.
6. Praktiškai pritaikius *Aveva Insight* platformą gamybos procese, *SIDirect* pagalba buvo nuskaityti 254 valdiklio kintamieji. Per visą tyrimo laikotarpį tarp valdiklio ir *SMC* perduota daugiau kaip 17 milijonų reikšmių, duomenis nuskaitant 50 ms ir 1 sekundės intervalais. Į *Aveva Insight* platformos debesį apibendrinti duomenys replikuoti vienos minutės intervalu. Platformoje sukurti 15 skirtingų grafikų kurių pagalba pavyko rasti dvi spragas gamybos procese, o jas išsprendus pagreitinti procesą maždaug 6 %.
7. Išanalizavus bei praktiškai pritaikius *Siemens MindSphere* platformą gamybinėje linijoje, paaiškėjo, kad ši platforma pasižymi itin plačiomis vidinėmis programavimo galimybėmis, plačia papildomų įrankių ir funkcijų aibe, tačiau didelis platformos funkcionalumas yra pateiktas per sudėtingą vartotojo sąsają, kas apsunkina darbą su pačia platforma ir sunkina sklandžią platformos integraciją į gamybos procesą.
8. Pritaikant abi platformas realiame gamybiniam procese *Aveva Insight* integracija buvo paprastesnė ir lengvesnė dėl galimybės duomenis iš valdiklio pasiimti be papildomos aparatūrinės įrangos. Šios sistemos sujungiamumo techninės savybės ženkliai pralenkia *Siemens* platformą, kurią integruojant būtina instaliuoti papildomą aparatūrinę įrangą (*MindConnect* tinklo sietuvą) ir ją atskirai konfigūruoti.

Literatūros sąrašas

1. I.E. Sisinni, A. Saifullah, S. Han, U. Jennehag and M. Gidlund, "Industrial Internet of Things: Challenges, Opportunities, and Directions," (2018) [žiūrėta 2020-10-03]. Prieiga per internetą: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8401919>
2. Paula Sanchez, „The importance of VR, AR, MX in the Industry 4.0“ (2020) [žiūrėta 2021-04-08]. Prieiga per internetą: <https://www.innoarea.com/en/por-que-es-importante-el-papel-de-la-vr-la-ar-y-la-mr-en-la-industria-4-0/>
3. J. C. Talwana and H. J. Hua, "Smart World of Internet of Things (IoT) and Its Security Concerns" 2016 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings), Chengdu. (2016) [žiūrėta 2020-06-02]. Prieiga per internetą <https://ieeexplore.ieee.org/document/7917092>.
4. Khan, Rehman, ir kiti, „Industrial Internet of Things: Recent Advances, Enabling Technologies, and Open Challenges“ (2019). [žiūrėta 2021-04-02] Prieiga per internetą: 10.1016/j.compeleceng.2019.106522
5. Statista Research Department „Number of Internet of Things (IoT) connected devices worldwide from 2019 to 2030“ (2020) [žiūrėta 2021-03-30]. Prieiga per internetą: <https://www.statista.com/statistics/1183457/iot-connected-devices-worldwide/>
6. Knud Lasse Lueth, „The 25 best IoT Platforms 2019 – based on customer reviews” (2019) [žiūrėta 2020-06-04]. Prieiga per internetą: <https://iot-analytics.com/the-25-best-iot-platforms-2019/>
7. S. Ried, L. Lemmermann, “INTERNET OF THINGS (IoT) VENDOR & SERVICE PROVIDER COMPARISON” (2018) [žiūrėta 2021-03-31] Prieiga per internetą: https://www.reply.com/Documents/Report_CVU_IoT_licensed_for_Reply.pdf
8. Ian Hughes, Senior Analyst, Internet of Things [žiūrėta 2020-06-03] Prieiga per internetą: <https://451research.com/analyst-team/analyst/Ian+Hughes>
9. Ingrid Lunden. “Amazon Launches AWS IoT – A Platform For Building, Managing And Analyzing The Internet Of Things” [žiūrėta 2021-03-30]. Prieiga per internetą: <https://techcrunch.com/2015/10/08/amazon-announces-aws-iot-a-platform-for-building-managing-and-analyzing-the-internet-of-things/>
10. Oficialus Amazon internetinis puslapis. [žiūrėta 2021-03-30]. Prieiga per internetą: <https://aws.amazon.com/iot/>
11. Lisa Kosan, „Top 10 IIoT Platforms“ (2019). [žiūrėta 2020-06-04]. Prieiga per internetą: <https://www.iiotworldtoday.com/2019/08/07/top-10-iiot-platforms/>
12. Oficialus IBM internetinis puslapis. [žiūrėta 2020-06-04]. Prieiga per internetą: <https://www.ibm.com/cloud/watson-iiot-platform>
13. Oficialus Microsoft Azure internetinis puslapis. [žiūrėta 2021-03-30]. Prieiga per internetą: <https://azure.microsoft.com/en-us/blog/topics/internet-of-things/>
14. M.A. J. Jamali, B. Bahrami, A. Heidari ir kt. „Towards the Internet of Things. Architectures, Security, and Applications“(2019) [žiūrėta 2020-06-04]. Prieiga per internetą: <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-030-18468-1>
15. K. Chopra, K. Gupta and A. Lambora, "Future Internet: The Internet of Things-A Literature Review," 2019 International Conference on Machine Learning, Big Data, Cloud and Parallel Computing (COMITCon), Faridabad, India, 2019, pp. 135-139. [žiūrėta 2020-06-04] Prieiga per internetą : <https://ieeexplore.ieee.org/document/8862269>

16. R. Savukynas, V. Marcinkevičius, „Daiktų interneto objektų identifikavimo metodų palyginimas“ (2017) [žiūrėta 2020-06-04]. Prieiga per internetą: <https://epublications.vu.lt/object/elaba:24706633/index.html>
17. Internetinis šaltinis. „IoT technologies and protocols“. [žiūrėta 2021-04-02] Prieiga per internetą : <https://azure.microsoft.com/en-us/overview/internet-of-things-iot/iot-technology-protocols/>
18. Internetinis šaltinis. Bluetooth Radio Versions. [žiūrėta 2021-04-02] Prieiga per internetą: <https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/radio-versions/>
19. Near Field Communication (NFC) Technology and Measurements [žiūrėta 2021-04-02] Prieiga per internetą: https://www.rohde-schwarz.com/fi/file/1MA182_5E_NFC_WHITE_PAPER.pdf
20. SMARTPHONE TECHNOLOGY AND APPLICATIONS DRIVING NEAR FIELD COMMUNICATIONS (NFC) [žiūrėta 2021-04-02] Prieiga per internetą: https://eu.industrial.panasonic.com/sites/default/pidseu/files/downloads/files/panasonic_industry_nfc_whitepaper.pdf
21. S. Dimitrios, Wolf, M. Claire, „Internet-of-Things (IoT) Systems. Architectures, Algorithms, Methodologies“ (2018) [žiūrėta 2020-06-04] Prieiga per internetą : <https://www.springer.com/gp/book/9783319697147>
22. Shahin Farahani, „ZigBee Wireless Networks and Transceivers“ (2008) [žiūrėta 2021-04-02] Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-8393-7.X0001-5>
23. AMQP 1.0 support in Service Bus. [žiūrėta 2021-04-02] Prieiga per internetą: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/service-bus-messaging/service-bus-amqp-overview>
24. Paulius Leleika, “IoT tinklų sietuvo architektūra” (2017). [žiūrėta 2021-04-02] Prieiga per internetą: <https://epublications.vu.lt/object/elaba:23166111/MAIN>
25. Internetinis šaltinis „RFC 7252 Constrained Application Protocol” [žiūrėta 2021-04-02] Prieiga per internetą: <http://coap.technology/>
26. Internetinis šaltinis. „DDS Protocol Architecture basics | DDS Protocol in IoT“ ” [žiūrėta 2021-04-02] Prieiga per internetą: <https://www.rfwireless-world.com/Terminology/DDS-protocol-architecture.html>
27. Internetinis šaltinis. [žiūrėta 2021-04-10]. Prieiga per internetą: <http://www.steves-internet-guide.com/mqtt/>
28. Lee, J.; Kao, H. Yang, S. Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment. Product Service Systems. (2014) [žiūrėta 2020-10-10]. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827114000857>
29. Almada-Lobo, F. The industry 4.0 revolution and future of manufacturing execution systems (MES). Journal of Innovation Management. (2015) [žiūrėta 2020-10-10]. Prieiga per internetą: https://journalsojs3.fe.up.pt/index.php/jim/article/view/2183-0606_003.004_0003
30. McKinsey, report: Unlocking the potential of the Internet of Things. (2015) [žiūrėta 2020-10-10]. Prieiga per internetą: <https://espas.secure.europarl.europa.eu/orbis/document/unlocking-potential-internet-things>
31. Moura, Ralf & De Landa Farias Ceotto, Luciana & Gonzalez, Alexandre & Toledo, Ricardo. Industrial Internet of Things (IIoT) Platforms: An Evaluation Model. (2019) [žiūrėta 2020-10-03]. Prieiga per internetą: <https://www.researchgate.net/publication/331374696>
32. Internetinis šaltinis. [žiūrėta 2020-10-03]. Prieiga per internetą: <https://industrial-software.com/community/news/you-know-wonderware-what-is-aveva/>

33. Internetinis šaltinis. [žiūrėta 2020-10-03]. Prieiga per internetą: <https://www.aveva.com/en/products/insight/>
34. Internetinis šaltinis (2020) [žiūrėta 2020-11-15]. Prieiga per internetą: <https://insource.solutions/wp-content/uploads/2020/AVEVAM-MC-Edge-to-Enterprise0919.pdf>
35. Internetinis šaltinis (2020) [žiūrėta 2020-11-15]. Prieiga per internetą: https://www.Aveva.com/en/products/Insight/?utm_source=monitor-and-control/industrial-information-management/Insight&utm_medium=301&utm_campaign=hubspot
36. Internetinis šaltinis (2019) [žiūrėta 2020-10-15]. Prieiga per internetą: [https://sw.Aveva.com/hubfs/2019%20AWC%20NA%20Presentations%20Day%202/MC-01%20-20Single%20version%20of%20truth%20in%20operations%20with%20IIoT%20Edge-to-Enterprise%20Monitoring%20and%20Control%20\(1\).pdf](https://sw.Aveva.com/hubfs/2019%20AWC%20NA%20Presentations%20Day%202/MC-01%20-20Single%20version%20of%20truth%20in%20operations%20with%20IIoT%20Edge-to-Enterprise%20Monitoring%20and%20Control%20(1).pdf)
37. Internetinis šaltinis (2020) [žiūrėta 2020-11-11]. Prieiga per internetą: <https://www.Aveva.com/en/support/customer-first/>
38. Internetinis šaltinis (2020) [žiūrėta 2020-11-19]. Prieiga per internetą: <https://www.Aveva.com/en/products/communication-drivers/>
39. Internetinis šaltinis (2020) [žiūrėta 2020-11-11]. Prieiga per internetą: <https://www.Aveva.com/content/dam/Aveva/documents/legal/service-documents/AVEVA%20Insight%20on%20AVEVA%20Connect%20v1.0.pdf>
40. Internetinis šaltinis (2020) [žiūrėta 2020-11-19]. Prieiga per internetą: <https://www.aveva.com/en/solutions/aveva-connect/edge-management/>
41. Internetinis šaltinis (2020) [žiūrėta 2020-12-05]. Prieiga per internetą: <https://new.siemens.com/global/en/company/about/history.html>
42. Internetinis šaltinis (2020) [žiūrėta 2020-12-05]. Prieiga per internetą: https://www.plm.automation.siemens.com/media/global/en/Siemens-MindSphere-Whitepaper-69993_tcm27-29087.pdf
43. Internetinis šaltinis (2020) [žiūrėta 2020-12-05]. Prieiga per internetą: https://siemens.mindsphere.io/content/dam/mindsphere/terms/pdf/MindSphere_SupplementalTerms_v1.24.pdf
44. Internetinis šaltinis (2020) [žiūrėta 2020-12-06]. Prieiga per internetą: <https://www.dex.siemens.com/mindsphere/MindConnect>
45. Internetinis šaltinis (2020) [žiūrėta 2020-12-06]. Prieiga per internetą: <https://www.dex.siemens.com/mindsphere/MindAccess>

Priedai

1 priedas. *SIDirect* kintamųjų sąrašas

"Vardas", "Adresas"

"Akis printerio transporterio gale", "I7.3"
"Antri vartai atidaryti", "I3.3"
"Avarinis STOP ant OP nuspaustas", "I3.5"
"Avarinis STOP ant VS nuspaustas", "I3.1"
"Data_HMI.Brokuotos dezes", "DB2,REAL42"
"Data_HMI.Eiles dezeje real", "DB2,REAL50"
"Data_HMI.Esamas dezes svoris", "DB2,REAL26"
"Data_HMI.Kartoneris dirba", "DB2,X2.5"
"Data_HMI.Masinos greitis", "DB2,REAL54"
"Data_HMI.Pakeliai eileje real", "DB2,REAL46"
"Data_HMI.Supakuota deziu", "DB2,REAL38"
"Data_HMI.Supakuota pakeliu", "DB2,REAL34"
"Data_HMI.Uzfiksuotas svoris", "DB2,REAL30"
"Data_HMI.Yra klaida", "DB2,X2.1"
"Data_Recipe.Eiles dezeje", "DB1,REAL12"
"Data_Recipe.Max svoris", "DB1,REAL4"
"Data_Recipe.Min svoris", "DB1,REAL0"
"Data_Recipe.Pakeliai eileje", "DB1,REAL8"
"Data_Recipe.Papildomas transporteris", "DB1,X44.1"
"Data_Recipe.Tikrinit svori", "DB1,X44.0"
"Deze nustumimo i broka vietoje", "I7.2"
"Deze nuvertimo vietoje", "I7.1"
"Deze sverimo vietoje", "I7.0"
"Dinamines svarstyklės ready", "I7.5"
"Dirzelinis transporteris dirba", "I0.3"
"Domino ready", "I7.7"
"Fault.Antri vartai atidaryti", "DB6,X1.3"
"Fault.Avarinis STOP ant pultelio nuspaustas", "DB6,X4.4"
"Fault.Deze nenusiverte link printerio", "DB6,X3.3"
"Fault.Deze nesuklijuota", "DB6,X3.1"
"Fault.Deze pastrigo ant svarstykliu", "DB6,X3.2"
"Fault.Deziu sangruda ant printerio transporterio", "DB6,X3.5"
"Fault.Dinamines svarstyklės nepasiruosusios", "DB6,X3.7"
"Fault.Dirzelinio transporterio gedimas", "DB6,X0.3"
"Fault.Grupavimo transporterio gedimas", "DB6,X0.2"
"Fault.Iskarpos nepaima vakuumas", "DB6,X2.3"
"Fault.Klijai sumazinta temperatura", "DB6,X4.3"
"Fault.Kliju aparatas nepasiruoses", "DB6,X4.0"
"Fault.Liftai nepasiruose", "DB6,X3.6"
"Fault.Manipulatoriaus DK gedimas", "DB6,X0.5"
"Fault.Manipulatorius sustojo ne vietoje", "DB6,X2.6"
"Fault.Nera suspausto oro", "DB6,X1.6"
"Fault.Nesivaldo dangcio prispaudejo cilindras", "DB6,X3.0"
"Fault.Nesivaldo iskarpu paemimo cilindras", "DB6,X2.2"
"Fault.Nesivaldo maiseliu paemimo cilindras", "DB6,X2.1"
"Fault.Nuspaustas Avarinis STOP ant OP", "DB6,X1.5"
"Fault.Nuspaustas Avarinis STOP ant VS", "DB6,X1.1"
"Fault.Papildomo transporterio gedimas", "DB6,X0.4"
"Fault.Per daug maiseliu paemime", "DB6,X2.0"
"Fault.Pirmi vartai atidaryti", "DB6,X1.2"
"Fault.Printerio transporterio DK gedimas", "DB6,X0.6"
"Fault.Printeris nepasiruoses", "DB6,X4.1"
"Fault.Sangruda ties barjeru", "DB6,X1.7"
"Fault.Saugos rele netvarkoje", "DB6,X1.0"

"Fault.Transporterio uz svarstykliu gedimas","DB6,X0.1"
"Fault.Treti vartai atidaryti","DB6,X1.4"
"Fault.Uzmaitinimo transporterio gedimas","DB6,X0.0"
"Fault.Vakuumo turbinos DK gedimas","DB6,X0.7"
"Gamyba baigta","DB70,X40.2"
"Grandines fiksavimo cilindras","Q2.1"
"Greitis.Manipulatoriaus","DB70,REAL0"
"Greitis.Vakuumo","DB70,REAL8"
"Grupavimo barjeras","Q3.5"
"Grupavimo transporteris dirba","I0.2"
"Iskarpa klijavimo pozicijoje","I6.4"
"Iskarpa padeta","I8.6"
"Iskarpa pakavimo vietoje","I6.3"
"Iskarpos_formavimas.Rankinis","DB22,X6.6"
"Iskarpos_padejimas.Rankinis","DB20,X0.5"
"Iskarpu paemimo cilindras","Q2.2"
"Leidimas Rowemai","Q1.1"
"Liftai ready","I7.4"
"Maiseliu paemimo cilindras","Q3.3"
"Manipulatoriaus DK ready","I1.0"
"Nesuklijuotu deziu kiekis","DB70,REAL28"
"Nesulankstytos dezes kontrole","I6.6"
"Nordson ready","I7.6"
"Nukreipti i broka","Q3.7"
"Nukreipti link printerio","Q4.0"
"Nustumti blogo svorio deze","Q4.1"
"Nuversti gero svorio deze","Q4.2"
"Pakelti svarstykles","Q3.6"
"Papildomas transporteris dirba","I0.4"
"Per lengvu deziu kiekis","DB70,REAL32"
"Per sunkiu deziu kiekis","DB70,REAL36"
"Pirmi vartai atidaryti","I3.2"
"Printerio transporterio DK ready","I1.1"
"Produktas_I_masina.Deze pilna","DB21,X1.3"
"Produktas_I_masina.Eile padeta","DB21,X1.2"
"Produktas_I_masina.Maiseliu skaiciaus signalas","DB21,X0.0"
"Run dirzelinis transporteris","Q0.3"
"Run grupavimo transporteris","Q0.2"
"Run manipulatorius","Q0.5"
"Run papildomas transporteris","Q0.4"
"Run printerio transporteris","Q0.6"
"Run transporteris uz svarstykliu","Q0.1"
"Run uzmaitinimo transporteris","Q0.0"
"Run vakuumo turbina","Q0.7"
"Rusies keitimas","DB70,X40.3"
"Saugos grandine OK","I3.0"
"Supakuotu blogu deziu kiekis","DB70,REAL24"
"Supakuotu deziu kiekis","DB70,REAL16"
"Supakuotu maiseliu kiekis","DB70,REAL20"
"Suspaustas oras OK","I4.0"
"Suspausto oro ivadas","Q2.0"
"Transporteris uz svarstykliu dirba","I0.1"
"Treti vartai atidaryti","I3.4"
"Uzmaitinimo transporteris dirba","I0.0"
"Vakuumas iskarpai","Q2.4"
"Vakuumas iskarpai yra","I6.1"
"Vakuumo sklende maiseliams","Q3.2"
"Vakuumo turbinos DK ready","I1.2"

2 priedas. IDAS SIDIR grupės ir jų kintamųjų sąrašai

Topic_0 grupė

Tag Name
Akis printerio transporterio gale
Antri vartai atidaryti
Avarinis STOP ant OP nuspaustas
Avarinis STOP ant VS nuspaustas
Deze nustumimo i broka vietoje
Deze nuvertimo vietoje
Deze sverimo vietoje
Dinamines svarstyklės ready
Dirzelinis transporteris dirba
Domino ready
Grandinės fiksavimo cilindras
Grupavimo barjeras
Grupavimo transporteris dirba
Iskarpa klijavimo pozicijoje
Iskarpa padeta
Iskarpa pakavimo vietoje
Iskarpu paemimo cilindras
Leidimas Rowemai
Liftai ready
Maiseliu paemimo cilindras
Manipulatoriaus DK ready
Nesulankstytos dezes kontrole
Nordson ready
Nukreipti i broka
Nukreipti link printerio
Nustumti blogo svorio deze
Nuversti gero svorio deze
Pakelti svarstyklės
Papildomas transporteris dirba
Pirmi vartai atidaryti
Printerio transporterio DK ready
Run dirzelinis transporteris
Run grupavimo transporteris
Run manipulatorius
Run papildomas transporteris
Run printerio transporteris
Run transporteris uz svarstykliu
Run uzmaitinimo transporteris
Run vakuomo turbina
Saugos grandine OK
Suspaustas oras OK
Suspausto oro ivadas
Transporteris uz svarstykliu dirba
Treti vartai atidaryti
Uzmaitinimo transporteris dirba
Vakuumas iskarpai
Vakuumas iskarpai yra
Vakuomo sklende maiseliams
Vakuomo turbinos DK ready

Topic_1 grupė

Tag Name

Data_HMI.Brokuotos dezes
Data_HMI.Eiles dezeje real
Data_HMI.Esamas dezes svoris
Data_HMI.Kartoneris dirba
Data_HMI.Masinos greitis
Data_HMI.Pakeliai eileje real
Data_HMI.Supakuota deziu
Data_HMI.Supakuota pakeliu
Data_HMI.Uzfiksuotas svoris
Data_HMI.Yra klaida
Data_Recipe.Eiles dezeje
Data_Recipe.Max svoris
Data_Recipe.Min svoris
Data_Recipe.Pakeliai eileje
Data_Recipe.Papildomas transporteris
Data_Recipe.Tikrinit svori
Gamyba baigta
Greitis.Manipulatoriaus
Greitis.Vakuumo
Iskarpos_formavimas.Rankinis
Iskarpos_padejimas.Rankinis
Nesuklijuotu deziu kiekis
Per lengvu deziu kiekis
Per sunkiu deziu kiekis
Produktas_I_masina.Deze pilna
Produktas_I_masina.Eile padeta
Produktas_I_masina.Maiseliu skaiciaus signalas
Rusies keitimas
Supakuotu blogu deziu kiekis
Supakuotu deziu kiekis
Supakuotu maiseliu kiekis

Topic_2 grupė

Tag Name

Fault.Antri vartai atidaryti
Fault.Avarinis STOP ant pultelio nuspaustas
Fault.Deze nenusistume link broko
Fault.Deze nenusiverte link printerio
Fault.Deze nesuklijuota
Fault.Deze pastrigo ant svarstykliu
Fault.Deziu sangruda ant printerio transporterio
Fault.Dinamines svarstykles nepasiruosusios
Fault.Dirzelinio transporterio gedimas
Fault.Grupavimo transporterio gedimas
Fault.Iskarpos nepaima vakuumas
Fault.Klijai sumazinta temperatura
Fault.Kliju aparatas nepasiruoses
Fault.Liftai nepasiruose
Fault.Manipulatoriaus DK gedimas
Fault.Manipulatorius sustojo ne vietoje
Fault.Nera suspausto oro
Fault.Nesivaldo dangcio prispaudejo cilindras
Fault.Nesivaldo iskarpu paemimo cilindras
Fault.Nesivaldo maiseliu paemimo cilindras
Fault.Nuspaustas Avarinis STOP ant OP

Fault.Nuspaustas Avarinis STOP ant VS
 Fault.Papildomo transporterio gedimas
 Fault.Per daug maiseliu paemime
 Fault.Pirmi vartai atidaryti
 Fault.Printerio transporterio DK gedimas
 Fault.Printeris nepasiruoses
 Fault.Sangruda ties barjeru
 Fault.Saugos rele netvarkoje
 Fault.Transporterio uz svarstykliu gedimas
 Fault.Treti vartai atidaryti
 Fault.Truksta iskarpu
 Fault.Uzmaitinimo transporterio gedimas
 Fault.Vakuumo turbinos DK gedimas

3 priedas. OEE modelio „Equipment State“

	A	B	C	D	E
1	Name	Description	StateType	Color	
2	RUNNING	Running State	Runtime	Green	
3	UNPLANNED DT	Unplanned Downtime State	Downtime	Red	
4	PLANNED DT	Planned Downtime State	Idle	Yellow	
5	NO DEMAND	No production scheduled	Idle	Blue	
6					
7					
8					
9					

4 priedas. OEE modelis „OEE Calculation Definitions“

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Namespace	Name	DefaultRate	DefaultRate.UOM	DefaultRate.Time	TargetAvailability	TargetQuality	TargetPerformance	TargetOEE	StartUtilizationReason	CompleteUtilizationReason
2	Kaunas plant	Kartoneris	50	pakeliai	units/minute	95	95	95	85	Running	No Demand
3											
4											

5 priedas. OEE modelis „Disposition Reason“

	A	B	C	D
1	Name	Description	AutomationValue	DispositionType
2	Good Production	Good production	10	GOOD
3	Rework Production	Rework production	11	WASTE
4	Underweight Product	Product underweight	12	WASTE
5	Overweight Product	Product overweight	13	WASTE
6	Waste Production	Waste production	14	WASTE
7				

6 priedas. OEE modelis „Utilization Reason Groups“

	A	B	C
1	GroupName	Description	ParentGroupName
2	Running	Running Group	
3	Planned Stoppages	Planned Stoppages Group	
4	Unplanned Stoppages	Unplanned Stoppages Group	
5	Changeover	Changeover Group	Planned Stoppages
6	Process Failure	Process Failure Group	Unplanned Stoppages
7	Equipment Failure	Equipment Group	Unplanned Stoppages
8	Not Occupied	No sheduled production	
9			

7 priedas. OEE modelis „Generic Utilization Reason“

	A	B	C	D	E
1	Name	Description	AutomationValue	EquipmentState	ReasonGroupAssignment
2	Running	Kartoneris dirba		1 RUNNING	Running
3	No Demand	Produkcija nevyksta		2 PLANNED DT	Not Occupied
4	Changeover	Rusies keitimas		3 PLANNED DT	Changeover
5	E Stop	Emergency Stop		101 UNPLANNED DT	Process Failure
6	E Stop1	Emergency Stop		102 UNPLANNED DT	Process Failure
7	E Stop2	Emergency Stop		103 UNPLANNED DT	Process Failure
8	E Stop3	Emergency Stop		104 UNPLANNED DT	Process Failure
9	E Stop4	Emergency Stop		105 UNPLANNED DT	Process Failure
10	E Stop5	Emergency Stop		106 UNPLANNED DT	Process Failure
11	Deze pastrigo uz svarstykliu	Deze pastrigo uz svarstykliu		107 UNPLANNED DT	Process Failure
12	Deze pastrigo ant svarstykliu	Deze pastrigo ant svarstykliu		108 UNPLANNED DT	Process Failure
13	Deze pastrigo isejime	Deze pastrigo isejime		109 UNPLANNED DT	Process Failure
14	Svarstyklės Not OK	Dinaminės svarstyklės neveikia		110 UNPLANNED DT	Equipment Failure
15	Dirzelinio transporterio gedimas	Pavaros gedimas		111 UNPLANNED DT	Equipment Failure
16	Grupavimo transporterio gedimas	Pavaros gedimas		112 UNPLANNED DT	Equipment Failure
17	Vakuumas nepaima iskarpos	Vakuumas nepaima iskarpos		113 UNPLANNED DT	Process Failure
18	Kliju aparatas NOK	Kliju aparatas neveikia		114 UNPLANNED DT	Equipment Failure
19	Liftai NOK	Liftai neveikia		115 UNPLANNED DT	Equipment Failure
20	Manipulatoriaus pavaros gedimas	Pavaros gedimas		116 UNPLANNED DT	Equipment Failure
21	Manipulatorius sustojo ne vietoje	Manipulatorius sustojo ne vietoje		117 UNPLANNED DT	Process Failure
22	Nera suspausto oro	Nera suspausto oro		118 UNPLANNED DT	Equipment Failure
23	Neveikia dangcio cilindras	Neveikia dangcio cilindras		119 UNPLANNED DT	Equipment Failure
24	Neveikia iskarpu cilindras	Neveikia iskarpu cilindras		120 UNPLANNED DT	Equipment Failure
25	Neveikia maiseliu cilindras	Neveikia maiseliu cilindras		121 UNPLANNED DT	Equipment Failure
26	Papildomo transporterio gedimas	Pavaros gedimas		122 UNPLANNED DT	Equipment Failure
27	Per daug produkto paemime	Per daug produkto paemime		123 UNPLANNED DT	Process Failure
28	Isvezimo transporterio gedimas	Pavaros gedimas		124 UNPLANNED DT	Equipment Failure
29	Printeris NOK	Printeris neveikia		125 UNPLANNED DT	Equipment Failure
30	Sangruda iejime	Per daug produkto iejime		126 UNPLANNED DT	Process Failure
31	Greito transporterio gedimas	Pavaros gedimas		127 UNPLANNED DT	Equipment Failure
32	Uzmaitinimo transporterio gedimas	Pavaros gedimas		128 UNPLANNED DT	Equipment Failure
33	Vakuumo turbinos gedimas	Pavaros gedimas		129 UNPLANNED DT	Equipment Failure
34	Equipment Failure			130 UNPLANNED DT	Equipment Failure
35	Process Failure			131 UNPLANNED DT	Process Failure
36					

8 priedas. OEE modelis „Automated Data Collection. Utilization Reason Tags“

	A	B	C	D
1	Namespace	Name	UtilizationReasonTagReference	DefaultUtilizationReason
2	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Data_HMI.Kartoneris dirba	Running
3	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Gamyba baigta	No Demand
4	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Rusies keitimas	Changeover
5	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Antri vartai atidaryti	E Stop2
6	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Deze nenusiverte link printerio	Deze pastrigo uz svarstykliu
7	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Deze pastrigo ant svarstykliu	Deze pastrigo ant svarstykliu
8	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Deziu sangruda ant printerio transporterio	Deze pastrigo isejime
9	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Dinamines svarstyklės nepasiruosios	Svarstyklės Not OK
10	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Dirzelinio transporterio gedimas	Dirzelinio transporterio gedimas
11	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Grupavimo transporterio gedimas	Grupavimo transporterio gedimas
12	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Iskarpos nepaima vakuumas	Vakuumas nepaima iskarpos
13	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Kliju aparatas nepasiruoses	Kliju aparatas NOK
14	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Liftai nepasiruose	Liftai NOK
15	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Manipulatoriaus DK gedimas	Manipulatoriaus pavaros gedimas
16	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Manipulatorius sustojo ne vietoje	Manipulatorius sustojo ne vietoje
17	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Nera suspausto oro	Nera suspausto oro
18	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Nesivaldo dangcio prispaudejo cilindras	Neveikia dangcio cilindras
19	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Nesivaldo iskarpu paemimo cilindras	Neveikia iskarpu cilindras
20	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Nesivaldo maiseliu paemimo cilindras	Neveikia maiseliu cilindras
21	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Nuspaustas Avarinis STOP ant OP	E Stop4
22	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Nuspaustas Avarinis STOP ant VS	E Stop5
23	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Papildomo transporterio gedimas	Papildomo transporterio gedimas
24	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Per daug maiseliu paemime	Per daug produkto paemime
25	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Pirmi vartai atidaryti	E Stop1
26	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Printerio transporterio DK gedimas	Isvezimo transporterio gedimas
27	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Printeris nepasiruoses	Printeris NOK
28	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Sangruda ties barjeru	Sangruda iejime
29	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Saugos rele netvarkoje	E Stop
30	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Transporterio uz svarstykliu gedimas	Greito transporterio gedimas
31	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Treti vartai atidaryti	E Stop3
32	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Uzmaitinimo transporterio gedimas	Uzmaitinimo transporterio gedimas
33	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Fault.Vakuumo turbinos DK gedimas	Vakuumo turbinos gedimas
34	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Data_HMI.Yra klaida	Process Failure

9 priedas. OEE modelis „Automated Data Collection. Production Counter Tags“

	A	B	C	D
1	Namespace	Name	TagReference	DispositionReason
2	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Supakuotu deziu kiekis	Good Production
3	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Supakuotu maiseliu kiekis	Good Production
4	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Per lengvu deziu kiekis	Underweight Product
5	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Per sunkiu deziu kiekis	Overweight Product
6	Kaunas plant	Kartoneris	Kartoneris.Nesuklijuotu deziu kiekis	Rework Production
7				