



Kauno technologijos universitetas

Statybos ir architektūros fakultetas

Reglamentuojamų statybos produktų sąrašo ir klasifikuojamų medžiagų tipų sąsajų tyrimas

Magistro baigiamasis projektas

Bronislovas Keseriauskis

Projekto autorius

Doc. Arūnas Aleksandras Navickas

Vadovas

Kaunas, 2024



Kauno technologijos universitetas

Statybos ir architektūros fakultetas

Reglamentuojamų statybos produktų sąrašo ir klasifikuojamų medžiagų tipų sąsajų tyrimas

Magistro baigiamasis projektas

Statybos valdymas (6211EX007)

Bronislovas Keseriauskis

Projekto autorius

Doc. Arūnas Aleksandras Navickas

Vadovas

Prof. Mindaugas Daukšys

Recenzentas

Kaunas, 2024



Kauno technologijos universitetas

Statybos ir architektūros fakultetas

Bronislovas Keseriauskis

Reglamentuojamų statybos produktų sąrašo ir klasifikuojamų medžiagų tipų sąsajų tyrimas

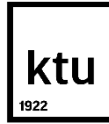
Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

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

Bronislovas Keseriauskis

Patvirtinta elektroniniu būdu



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS**

Magistro baigiamojo projekto užduotis

Studijų programa: 6211EX007 STATYBOS VALDYMAS

Baigiamojo projekto tematika (lietuvių k.):
STATYBOS PRODUKTŲ SĄSAJŲ SU KLASIFIKUOJAMŲ MEDŽIAGŲ TIPU TYRIMAS

Baigiamojo projekto tema patvirtinta dekanų potvarkiu Nr.: 2023 m. lapkričio 30 d. Nr.V-25-09-28

(lietuvių k.): REGLAMENTUOJAMŲ STATYBOS PRODUKTŲ SĄRAŠO IR KLASIFIKUOJAMŲ MEDŽIAGŲ TIPŲ SĄSAJŲ TYRIMAS

(anglų k.): INVESTIGATION OF THE INTERLINKAGES BETWEEN THE LIST OF REGULATED CONSTRUCTION PRODUCTS AND THE TYPES OF CLASSIFIED MATERIALS

Pradiniai duomenys darbui:

**Reglamentuojamų statybos produktų sąrašas;
Nacionalinio statybos informacijos klasifikatoriaus (NSIK) statybinių medžiagų ontologija.**

Baigiamojo projekto dalys:	Atlikti
Įvadas	x
Literatūros apžvalga	x
Metodologija	x
Eksperimentiniai tyrimai	<input type="checkbox"/>
Analitiniai tyrimai	x
Skaitiniai tyrimai	<input type="checkbox"/>
Ekonominė dalis	<input type="checkbox"/>
Išvados	x

Kita informacija (pagal poreikį):

Vadovas: Doc. dr. Arūnas Aleksandras Navickas

(indėlis 100 %)

*pareigos, vardas, pavardė
Patvirtinta elektroniniu būdu*

(Studentas: Bronislovas Keseriauskis

*vardas, pavardė
Patvirtinta elektroniniu būdu*

Keseriauskis, Bronislovas. Reglamentuojamų statybos produktų sąrašo ir klasifikuojamų medžiagų tipų sąsajų tyrimas. Magistro studijų baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Arūnas Aleksandras Navickas; Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas.

Studijų krypčių grupė: inžinerijos mokslai, statybos inžinerija (E05).

Reikšminiai žodžiai: ontologija, sąryšiai, algoritmas.

Kaunas, 2024. 58 p.

Santrauka

Magistro baigiamajame projekte nagrinėjami galimi sąryšiai tarp reglamentuojamų statybos produktų sąrašo ir nacionalinio informacinio statybos klasifikatoriaus (toliau NSIK) statybinių medžiagų ontologijos „<P> Statybinės medžiagos“. Atlikus literatūros analizę nustatyta, kad medžiagų klasifikavimas ir sąsajos tarp produktų yra ganėtinai siauros, apsiriboja panašiomis fizinėmis, cheminėmis ar panaudojimo savybėmis, tačiau nebuvo rasta sąryšių tarp plataus skirtingų statybos produktų spektro. Šiame darbe atliekamas analitinis tyrimas. Sudarytas medžiagiškumo sąsajų paieškos algoritmas, tinkamas įvairiems statybos produktams, nepriklausomai nuo jų funkcinės paskirties. Atsižvelgiant į statybos produkto medžiagiškumo nustatymo poreikį, statybos produkto medžiagiškumą pavadinime bei statybos produkto medžiagiškumo aprašymą esmines statybos produkto charakteristikas apibrėžiančiame standarte, pasirenkami skirtingi paieškos algoritmo keliai. Kiekvienu atveju algoritmo naudojimas sėka ta pačia žingsnių seką, ir priklausomai nuo turimos ar rastos informacijos, pritaikomos skirtingos algoritmo dalys. Siūlomas algoritmas buvo išbandytas su atsitiktine tvarka parinktais reglamentuojamų statybos produktų sąrašo elementais iš skirtingų produktų grupių, pradedant nuo aiškaus medžiagiškumo produktų, pvz., „statybinės kalkės“ ir baigiant kompleksiškais produktais, pvz. „gaisro signalizatoriai“. Pritaikius algoritmą buvo nustatytos keturios sąryšių kategorijos: tiesioginis sąryšis su viena NSIK medžiaga, sąryšis su keliomis NSIK medžiagomis, medžiagiškumo sąryšio nerasta, bei medžiagiškumo sąryšio nerasta, tačiau eksploatacines statybos produkto savybes apibrėžiančiame standarte akcentuojama, jog medžiagiškumo pakeitimas daro įtaką statybos produkto savybės. Sąryšiai su NSIK „<P> Statybinės medžiagos“ klasifikatoriaus elementais rasti įvairiose jo dalyse: su 1 lygio klase, su 2 lygio klase, su terminu, su apibrėžimu ir su sinonimais. Sinonimų skilties papildymas galėtų būti vienas iš būdų praplėsti galimų sąryšių su reglamentuojamais statybos produktais kiekį.

Darbo apimtis – 50 p. teksto be priedų, 24 paveikslėlių, 5 lentelių ir 49 literatūros šaltiniai.

Keseriauskis, Bronislovas. Investigation of the Interlinkages Between the List of Regulated Construction Products and the Types of Classified Materials. Master's Final Degree / supervisor assoc. prof. dr. Arūnas Aleksandras Navickas; Faculty of Civil Engineering and Architecture, Kaunas University of Technology.

Study field group: Engineering Sciences, civil engineering (E05).

Keywords: ontology, interlinkages, algorithm.

Kaunas, 2024. 58 pages.

Summary

The Master's thesis project explores the possible interlinkages between the Regulated List of Construction Products and the Building Materials Ontology, '<P> Building Materials' of the National Construction Information Classification (NCIC). The literature analysis found that the classification of materials and the interlinkages between products are rather narrow, limited to similar physical, chemical or application properties. Still no linkages were found between a wide range of different construction products. An analytical study is carried out in this work. An algorithm for the search of interfaces between material properties has been developed, which is suitable for a wide range of building products, irrespective of their functional use. Different paths of the search algorithm are chosen, depending on the need to identify the materiality of the construction product, the materiality of the construction product in the name and the description of the materiality of the construction product in the standard defining the essential characteristics of the construction product. In each case, the use of the algorithm follows the same sequence of steps and different parts of the algorithm are being applied depending on the information available or found. The proposed algorithm has been tested on a randomly selected list of regulated construction products from different product groups, ranging from products with a clear materiality, e.g. ,building lime', to complex products, e.g. ,fire alarms'. The algorithm identified four categories of relationships: direct relationship with one NCIC material, relationship with several NCIC materials, no material relationship found, and no material relationship found, but the standard defining the performance of a construction product emphasises that a change in material affects the performance of the construction product. Relationships with the elements of the NCIC classification '<P> Building Materials' were found in different parts of the classification: with the level 1 class, with the level 2 class, with the term, with the definition and with synonyms. The addition of a synonyms section could be one way of expanding the number of possible relationships with regulated construction products.

Thesis is comprised of: 50 p. of text without appendixes, 24 pictures, 5 tables, 49 bibliographical entries.

Turinys

Lentelių sąrašas	8
Paveikslų sąrašas	9
Santrumpų ir terminų sąrašas	10
Įvadas.....	11
1. Literatūros apžvalga	13
1.1. Medžiagų klasifikavimas BIM projektuose.....	13
1.2. Medžiagų ontologijų statybos etapams poreikis ir sudarymas	18
1.3. Tikslaus medžiagiškumo svarba pastato gyvavimo ciklams	21
1.4. Literatūros apžvalgos išvados.....	25
2. Tyrimų metodologija.....	26
2.1. Tyrimo metodikos aprašymas.....	26
2.2. Sąryšių paieškos metodologijos principai	27
2.3. Sąryšių paieškos algoritmas	28
3. Tyrimas ir rezultatai	32
3.1. Pirmasis pavyzdys – 2.6 statybinės kalkės	32
3.1.1. Pradiniai duomenys	32
3.1.2. Sąryšio paieška vadovaujantis algoritmu	32
3.1.3. Paieškos rezultatai NSIK medžiagų klasifikatoriuje	34
3.1.4. Paieškos išvados	35
3.2. Antrasis pavyzdys – 18.54 buitinės vonios	35
3.2.1. Pradiniai duomenys	35
3.2.2. Sąryšio paieška vadovaujantis algoritmu	36
3.2.3. Medžiagiškumo paieška standarte	37
3.2.4. Paieškos rezultatai NSIK medžiagų klasifikatoriuje	38
3.2.5. Paieškos rezultatai – „polimeras“	38
3.2.6. Paieškos rezultatai – „plastikas“	41
3.2.7. Paieškos rezultatai – „ketus“	42
3.2.8. Paieškos rezultatai – „pienas“	42
3.3. Trečiasis pavyzdys – 8.1 langai (išskyrus atsparius ugniai ir sandarius dūmams) buitinės vonios	43
3.3.1. Pradiniai duomenys	43
3.3.2. Sąryšio paieška vadovaujantis algoritmu	44
3.3.3. Medžiagiškumo paieška standarte	46
3.3.4. Paieškos išvados	46
3.4. Penktas pavyzdys – slėgio skirtumo sistemų komplektai.....	47
3.4.1. Pradiniai duomenys	47
3.5. Tolimesnė sąryšių paieška.....	47
4. Algoritmo bandymo rezultatai ir diskusija.....	48
5. Išvados	49
Literatūros sąrašas	50
Priedai.....	56

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Reglamentuojamųjų statybos produktų sąrašo „2.6 Statybinės kalkės“ duomenys [47]..	32
2 lentelė. Reglamentuojamųjų statybos produktų sąrašo „18.54 buitinės vonios“ duomenys [47] ..	35
3 lentelė. Reglamentuojamųjų statybos produktų sąrašo „8.1 langai (išskyrus atsparius ugniai ir sandarius dūmams)“ duomenys [47]	44
4 lentelė. Reglamentuojamųjų statybos produktų sąrašo „26.4 slėgio skirtumo sistemų komplektai“ duomenys [47]	47
5 lentelė. Sąryšių paieškos algoritmo bandymo rezultatai	57

Paveikslų sąrašas

1 pav. Medžiagų klasifikavimas [10]	14
2 pav. Medžiagų duomenų bazės ir semantinė internetinė platforma [13]	14
3 pav. BIM modelio sąsaja su internetine duomenų baze [14]	15
4 pav. Medžiagų informacijos ontologijos duomenų struktūra [16]	16
5 pav. Medžiagų parinkimo algoritmo architektūra [17]	17
6 pav. Duomenų mainų eiga [17]	18
7 pav. Statybos produktų parametrų aprašymo schema [22]	20
8 pav. Siūlomos medžiagų duomenų bazės struktūra [33]	22
9 pav. Lauko sienos vidinio sluoksnio medžiagiškumo parinkimas [33]	23
10 pav. Galimo sumažinti CO ₂ išsiskyrimo palyginimas pastato statybos produktams [40]	24
11 pav. NSIK medžiagų sąryšis su reglamentuojamų statybos produktų sąrašu	27
12 pav. Sąryšių paieškos algoritmas	28
13 pav. NSIK medžiagų klasifikatorius	30
14 pav. Sąryšių paieškos algoritmas „2.6 Statybinės kalkės“ analizei	33
15 pav. Paieškos rezultatai pagal raktažodį „kalkė“	34
16 pav. Sąryšių paieškos algoritmas „18.54 buitinės vonios“ analizei	36
17 pav. Medžiagų paieškos rezultatai standarte LST EN 14516:2015+A1:2019 buitinės vonios [48]	37
18 pav. Paieškos rezultatai pagal raktažodį „polimer“	38
19 pav. Paieškos rezultatai pagal raktažodį „plastik“	41
20 pav. Paieškos rezultatai pagal raktažodį „ket“	42
21 pav. Paieškos rezultatai pagal raktažodį „plien“	42
22 pav. Sąryšių paieškos algoritmas „8.1 langai (išskyrus atsparius ugniai ir sandarius dūmams)“ analizei	45
23 pav. Medžiagų paieškos rezultatai standarte LST EN 14351-1:2006+A2:2016 Langai ir durys. Gaminio standartas, eksploatacinės charakteristikos. 1 dalis. Langai ir išorinių įeinamųjų durų sąrankos [49]	46
24 pav. Dalyvio sertifikatas	56

Santrumpų ir terminų sąrašas

Santrumpos:

Doc. – docentas;

Lekt. – lektorius;

Prof. – profesorius.

Mlrd. – milijardai

Pvz. – pavyzdžiui;

Vnt. – vienetai;

Žr. – žiūrėti.

Terminai:

NSIK – nacionalinis informacinis statybos klasifikatorius

BIM – statinio informacinis modeliavimas (angl. *building information modelling*)

IFC – informacijos mainams skirtas failas (angl. *industry foundation classes*)

Įvadas

Pasaulyje žmonių populiacijos augimas vis spartėja. Pasak Jungtinių Tautų, 2022 lapkričio 15 d. peržengta 8 milijardų [1] gyventojų kartelė. Žmonių prieaugis per pastaruosius 12 metų (2010-2022) buvo +1 milijardas, t. y. +14% [1]. Prognozuojama, jog 2037 metais populiacija pasieks 9 milijardų žmonių ribą [1]. Sparčiai didėjant gyventojų populiacijai, vis aktualiau tampa kuo efektyviau statyti ir eksploatuoti statinius maksimaliai taupant žmogiškuosius, materialius ir gamtinius išteklius. Europos Sąjunga šį tikslą siekia įgyvendinti viso regiono mastu. Dėl šios priežasties Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija yra numačiusi statybos sektoriaus skaitmenizavimo spartinimą pagal Europos Sąjungos finansuojamą projektą „Priemonių, skirtų viešojo sektoriaus statinių gyvavimo ciklo procesų efektyvumui didinti, taikant statinio informacinį modeliavimą, sukūrimas. Nr. 10.1.1-ESFA-V-912-01-0029“ [2]. Šio LR aplinkos ministerijos vykdomo projekto tikslas – „didinti viešojo sektoriaus statinių statybos planavimui, projektavimui, statybai, eksploatavimui, valdymui skiriamų išteklių naudojimo efektyvumą, taikant statinio informacinio modeliavimo (angl. *Building Information Modelling*, toliau – BIM) priemones“ [3].

Siekiant įgyvendinti projektą, viena iš aktualių dalių yra projektavimo stadijoje tinkamas elementų medžiagiškumo pagal nacionalinį statybinių medžiagų klasifikatorių priskyrimas. Tačiau šiuo metu nėra nustatytos aiškios metodikos, apibrėžiančios nacionalinio statybinių medžiagų klasifikatoriaus sąsajų sudarymo su LR aplinkos ministro patvirtintu reglamentuotu statybos produktų sąrašu [4]. Suradus tinkamą sąryšių priskyrimo metodiką ar modelį, tai gali ženkliai prisidėti prie pastatų statybos ir eksploatavimo visą statinio gyvavimo ciklą efektyvumo.

Sudarius priskyrimo metodiką, statybos darbų vykdymo metu BIM modelyje būtų pateikiamos aiškios konkrečios Lietuvos Respublikos teritorijoje reglamentuotos medžiagos, kurias privalu naudoti ir nekiltų dviprasmybių ar interpretacijų dėl medžiagų tinkamumo. Šiuo metu vyrauja tendencija, jog reikalavimai medžiagoms yra pateikiami ne modelyje, o techninėse specifikacijose, kurios dažnai yra sudaromos atskirai nuo projekto informacinio modelio. Taip pat gana dažnai medžiagų specifikacijos parengiamos nesiejant jų su reglamentuotų statybos produktų sąrašu, o pasitelkiant reikalavimus medžiagoms iš prieš tai buvusio panašaus projekto, netikrinant ar reikalavimai koreliuoja su darniaisiais standartais, todėl praktikoje pasitaiko, jog yra nurodoma pavyzdžiui ne pagal Europos Sąjungoje pripažįstamus standartus, o pagal ASTM, GOST ar kitą standartą.

Šio projekto tikslas – nustatyti ir išanalizuoti ryšių galimybes tarp reglamentuojamų statybos produktų ir siūlomo Nacionalinio statybinių medžiagų klasifikatoriaus.

Magistro baigiamajam projektui keliami uždaviniai:

1. atlikti mokslinių straipsnių analizę, surandant statybinių medžiagų klasifikavimo ir jų tarpusavio sąryšių nustatymo metodų trūkumus.
2. Sudaryti ir aprašyti metodiką, skirtą potencialių NSIK sąsajų su reglamentuojamų statybos produktų sąrašu suradimui.
3. pasiūlyti ir paruošti aktualių terminų sąsajų algoritmą tarp NSIK ontologijos ir reglamentuojamų statybos produktų sąrašo.
4. išbandyti sąsajų algoritmą, pateikiant bandymo rezultatus ir įvertinant sukurto algoritmo tinkamumą.

Projekto naujumas: sudarius reglamentuotų statybos produktų sąrašo ir NSIK medžiagų sąsajų nustatymo metodiką, gauti rezultatai gali būti panaudojami projektavimo, statybos ir eksploatavimo procesų automatizavimui sumažinant rankinio darbo kiekį. Visiems statybos proceso dalyviams statinio konstrukcijų medžiagiškumas būtų vienareikšmiškai aiškus ir suprantamas.

Šis tyrimas aktualus Lietuvos statybos sektoriaus modernizacijai, o tyrimo problema dar neturi konkretaus sprendinio dėl sąryšio tarp NSIK ir reglamentuotų statybos produktų. Įgyvendinus iškeltus tikslus, būtų sukurta praktiškai pritaikoma metodika sąryšių paieškai ir priskyrimui, o gauti rezultatai galėtų būti panaudojami projektavimo metu kiekvienam elementui priskiriant NSIK medžiagiškumą, susietą su reglamentuotų statybos produktų sąrašu, pastato eksploatacijos metu, esant poreikiui atlikti remonto darbus, iš statybos rangovo gautame pastato informaciniame modelyje būtų nurodytas konkretus medžiagiškumas pagal reglamentuojamą sąrašą. Todėl eksploataciją atliekančiam fiziniam ar juridiniam asmeniui būtų galima greitai identifikuoti reikiamas medžiagas bei jų technines specifikacijas, esmines charakteristikas pagal naudojimo paskirtį, bandymo metodus apibrėžiančius standartus bei eksploatacinių savybių pastovumo vertinimo ir tikrinimo sistemą. Turint tokią informaciją, už pastato eksploataciją atsakingas asmuo viso pastato gyvavimo ciklo metu galės greitai, efektyviai, bei kokybiškai vykdyti pastato priežiūrą ir remontą.

Šis tyrimas 2023 m. lapkričio 24 d. buvo publikuotas studentų mokslinėje konferencijoje „Smart built environment“. Pristatymo pavadinimas „*A Study of the Interlinkages between List of Regulated Construction Products and the Types of Classified Materials*“. Dalyvio sertifikatas pateikiamas **24 pav.** Dalyvio sertifikatas esančiame priede Nr.1

1. Literatūros apžvalga

1.1. Medžiagų klasifikavimas BIM projektuose

Statinio informacinio modeliavimo idėja buvo iškelta praėjusio amžiaus devintojo dešimtmečio pabaigoje kaip naujas sprendinys statybos proceso ir pastatų eksploatavimo racionalizavimui, kuris padėtų visiems projekto dalyviams efektyviai keistis aktualia informacija [5].

2016 metais Vokietijoje pirmą kartą buvo paminėtas naujas terminas – Statyba 4.0 (*angl. construction 4.0*) Tai technologinė revoliucija, sukūrusi galimybes įmonėms padidinti konkurencingumą gerinant jų darbo kokybę, užtikrinant projektų įvykdymą sutartu laiku, bei naujas paslaugas užsakovams tek pramonėje tiek ir statyboje [6].

Statinių informacinis modeliavimas, geriau žinomas BIM akronimu, tampa vis labiau neatsiejama visų statinio gyvavimo ciklą dalimi. BIM modelyje pateikiama ne tik geometrinės statinio elementų charakteristikos, bet ir kiti statinio statybai ir eksploatacijai būtini parametrai. Kadangi tokie modeliai apima daugybę skirtingos informacijos ir parametrų sferų, prie modelio, viso gyvavimo ciklo metu, darbuojasi nemažai skirtingų profesijų ir kompetencijų žmonių. Todėl bendros modelio ontologijos yra aktualios norint efektyviai ir vienareikšmiškai perduoti informaciją tarp visų projekto dalyvių bei pastatą eksploatuojančių asmenų. Duomenų trūkumas (apribojimas) įtakoja projekto eigą, atliekamų darbų dubliavimąsi bei didina statybos kaštus [7].

Dėl informacijos kompleksiskumo bei taikymo nacionaliniu ir tarptautiniu lygiu bei duomenų persidengimo skirtingose statinio gyvavimo ciklo etapuose, atsiranda kompleksiški ryšiai tarp elementų, jų techninių specifikacijų, medžiagiškumo ir kitų parametrų [8]. Dažnai pasitaiko, jog statybai tinkančioms medžiagoms keliami reikalavimai pagal skirtingus normatyvinius dokumentus, standartus, pavyzdžiui dėl geometrijos, dydžio, mechaninių savybių [9].

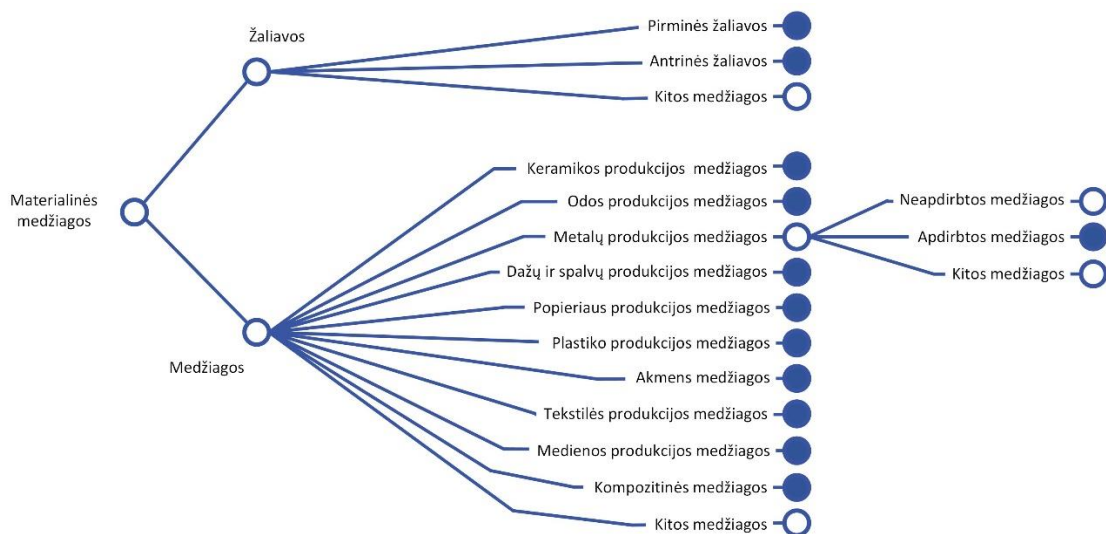
Šiuo metu egzistuoja keletas medžiagų klasifikacijų. Tačiau jos yra sudaromos ir specifiskai pritaikomos tik konkrečiai panaudojimo sričiai. Nors klasifikatoriai tam tikrose srityse sutampa, tačiau nėra bendros visiems suprantamos metodikos, apimančios visas medžiagas ir tinkančias platesniam pritaikymui [10]. Paprastesnis medžiagų klasifikavimas, pavyzdžiui medžio principas (žr. **1 pav.** Medžiagų klasifikavimas [10]), gali apimti skirstymą tik pagal vieną ar kelis aspektus, tačiau neatvaizduoja ir neapibrėžia kompleksinių sąryšių tarp medžiagų ar produktų.

Taip pat pasitaiko ir sritys, kuriose be išmatuojamų parametrų, prisideda ir žiniomis ir patirtimi pagrįsti klasifikavimo kriterijai, kuomet sistemos sudarytojas remiasi savo patirtimi ir pažymi sąryšius, kurie nėra lengvai apibrėžiami naudojant ontologiją [11].

Panašią problemą iškelia ir straipsnio „IFC grafikas, skirtas palengvinti prieigą prie pastato informacijos ir užklausą“ (*angl. IFC-graph for facilitating building information access an query*) autoriai. Jie teigia, jog dabartinės technologijos, tokios kaip esamos sąryšių duomenų bazės susiduria su problema efektyviai valdyti visus elementų ryšius, susijusius su medžiagiškumu. Tyrimo autoriai teigia, jog galima sukurti efektyviau veikiančius duomenų mainus IFC formato failuose, pasitelkiant papildomus laukus, tokius kaip medžiagiškumo savybės [12].

Dažniausiai naudojama medžiagų klasifikacija sudaryta vadovaujantis tarptautinės standartizacijos organizacijos (toliau ISO) normomis. Pasak standarto, pagrindinės medžiagos skirstomos į keramines, stiklo, popieriaus, plastiko ir t. t. Kitos medžiagų kategorijos – kompozitinės medžiagos

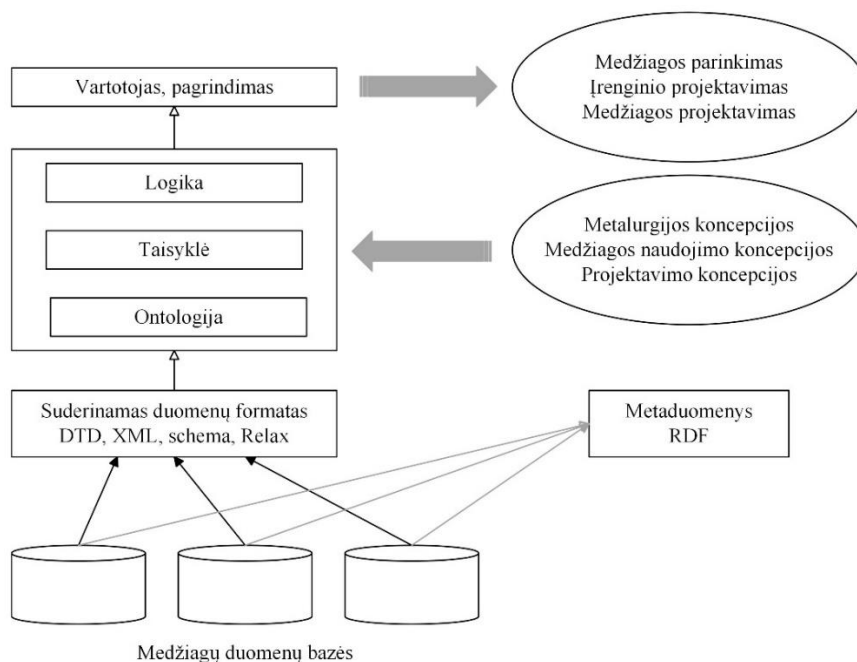
ir žaliavos (neapdirbtos medžiagos). Žaliavos skirstomos į pirminio ir antrinio panaudojimo. Detalesnis medžiagų klasifikavimas pateikiamas **1 pav.** [10].



1 pav. Medžiagų klasifikavimas [10]

Šis medžiagų klasifikavimas pagal ISO standartą yra atliekamas vadovaujantis chemine medžiagų ar žaliavų sudėtimi, skirstant į panašias savybes turinčias grupes. Tačiau šis klasifikavimas neapibrėžia kitų medžiagų savybių, parametrų, bei panaudojimo statybos produktuose. Todėl tokio tipo sąryšiai yra labiau patogūs ekonominiu požiūriu, o ne industriniu.

Straipsnyje „Į dizainą orientuotos medžiagų atrankos žiniatinklio ontologijos apibrėžimas“ (angl. *Definition of a web ontology for design-oriented material selection*) autoriai nagrinėja medžiagų ontologijų sudarymą bei sąryšių ir parametrų atvaizdavimą. Straipsnyje nagrinėjamos internetinės platformos panaudojimo galimybės [13]. Tipinė medžiagų duomenų bazės ir semantinės internetinės platformos sąryšio schema pateikiama **2 pav.**



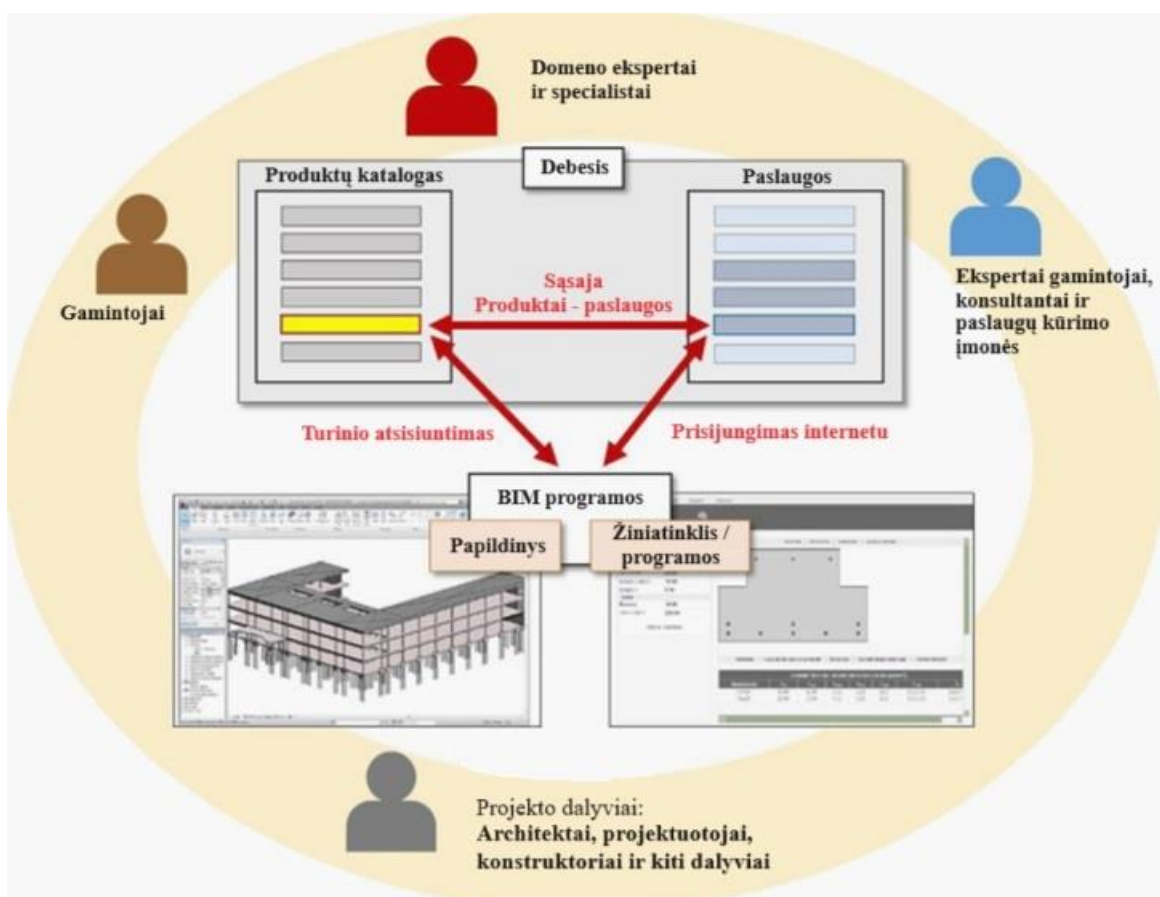
2 pav. Medžiagų duomenų bazės ir semantinė internetinė platforma [13]

Straipsnyje „Pastatų komponentų katalogų jungimas su BIM modeliais naudojant semantines technologijas: taikymas surenkamojo betono komponentuose“ (angl. *Connecting building component catalogues with BIM models using semantic technologies: an application for precast concrete components*) plėtojama idėja dėl BIM modelio ir semantinių internetinių bazių sąryšių kūrimo. Autoriai nagrinėja galimybę modelį susieti su išorinėmis nuorodomis į statybos produktų parametrus. Tokiu būdu būtų galima plėtoti vieną duomenų bazę ir joje kaupti ir kategorizuoti statybos produktų parametrus ir ryšius ne kiekviename pastato BIM modelyje, tačiau vieningoje visiems prieinamoje sistemoje [14]. Autorių idėjos struktūra pavaizduota **3 pav.** Šią sistemą straipsnio autoriai apibrėžia ne kaip vieną vienetą, tačiau kaip daugybę tarpusavyje įvairiais lanksčiais sąryšiais susietų duomenų bazių, nuolat besikeičiančių sistemų visumą [14].

Autoriai tikisi, kad BIM modelio ir internetinės platformos sąryšių sukūrimas duotų dvi naudas:

1. Gauti vienodą statybos produktų aprašymą bet kuriame projekte;
2. Tiekti paslaugas, kurių pagalba statybos produktų duomenys būtų pasiekiami galutiniam vartotojui, dirbančiam su BIM modeliu.

Iš to išplaukia, kad informaciją apie medžiagiškumą su realiomis medžiagomis turi tiek projektuotojai, tiek statytojas, tiek pastatą eksploatuojantys asmenys [14].



3 pav. BIM modelio sąsaja su internetine duomenų baze [14]

Būta įvairių bandymų kurti tiek atviras tiek uždaras sistemas ar įrankius, ar teikti siūlymus, kurių tikslas apjungti medžiagas su jų parametrais ir sukurti tam tikrą medžiagų ryšių algoritmą, kuris būtų tinkamas panaudoti BIM modelių kūrimo metu.

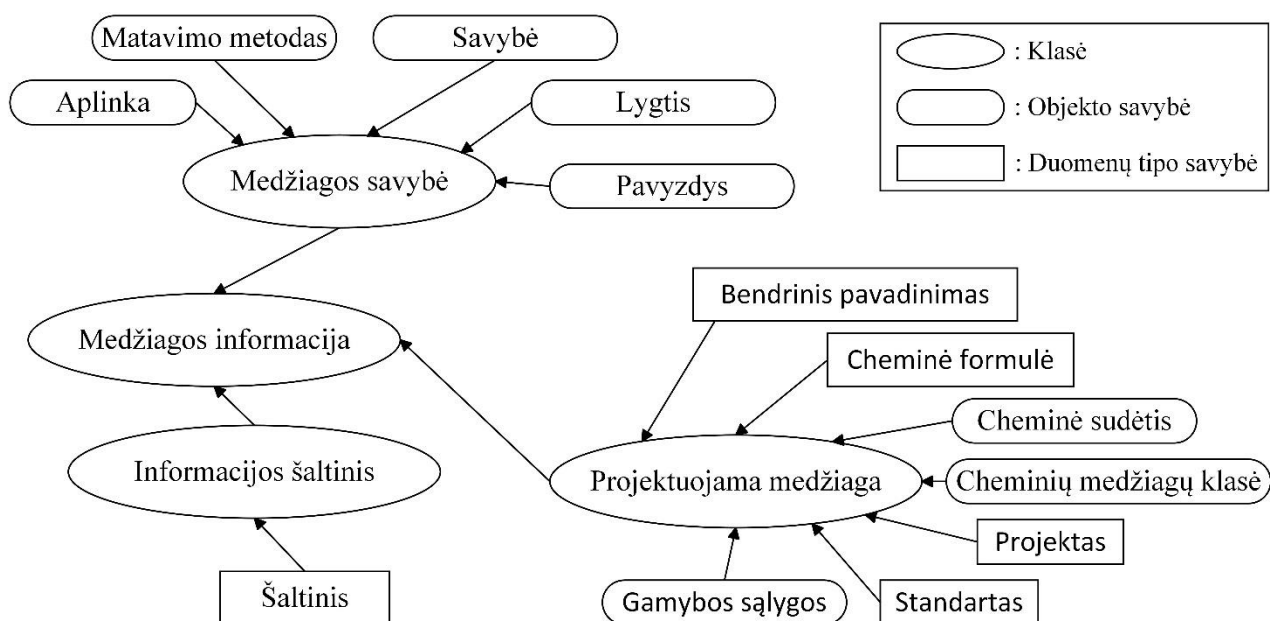
Esamų įrankių analizę atliko straipsnio „Skaitmeniniai įrankiai medžiagoms parinkti kuriant gaminius“ (angl. *Digital tools for material selection in product design*) autoriai. Jie analizę atliko keldami tokius klausimus kaip: „Kokie įrankiai egzistuoja? Kaip jie veikia? Kokius parametrus nustato pasirinkimuose? Kokią informaciją pateikia kaip rezultatus?“ [15].

Straipsnio autoriai atrado virš 300 įvairių medžiagų klasifikatorių ir ontologijų įrankių įvairiose panaudojimo srityse ir iš jų pasirinko 87 nagrinėti bei lyginti galimybes. Atlikę palyginimą, autoriai visus įrankius sugrupavo į tris segmentus:

1. bendrosios duomenų bazės;
2. medžiagų ar produktų gamintojų duomenų bazės;
3. programinė įranga.

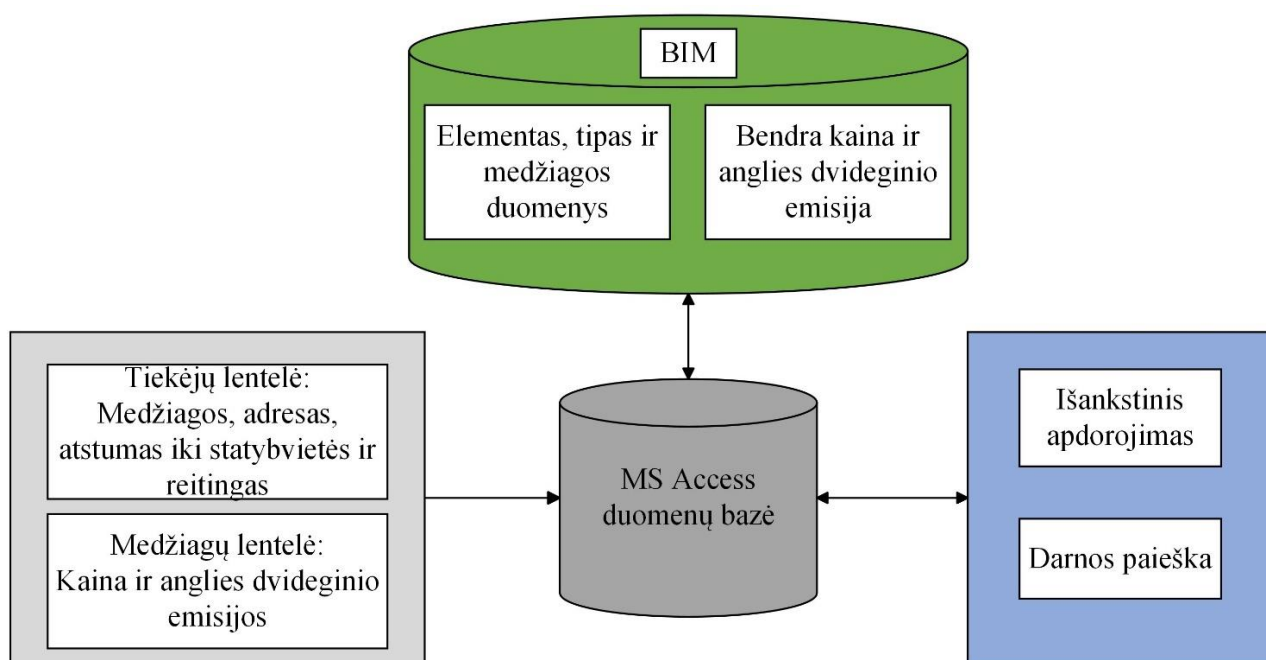
Detaliau nagrinėti buvo pasirinktos tik dvi grupės, nes medžiagų gamintojų duomenų bazės labai siauros ir specifinės [15]. Apžvelgiant likusias dvi grupes, populiariausi parametrai medžiagų paieškai buvo pavadinimas, medžiagos klasė ar poklasė, įvairūs raktažodžiai bei medžiagiškumo parametrai (pvz., fizinės, mechaninės ir t. t.) [15].

Vieną tokių apjungimo būdų (sistemą) siūlo straipsnio „Medžiagų ontologija: keitimosi informacija ir žiniomis apie medžiagas infrastruktūra“ (angl. *Materials ontology: an infrastructure for exchanging materials information and knowledge*) autoriai. Jie pabrėžia, jog esama ganėtinai daug informacijos apie medžiagas, tačiau ji yra pasklidusi įvairiuose formatuose, konceptuose ir yra sudėtinga surasti ir apdoroti reikiamą informaciją. Autorius siūlo apjungti visą informaciją į OWL (angl. *OWL - Web Ontology Language*). Šioje sistemoje medžiagiškumas būtų apibrėžiamas sąryšiais bei parametrais. Taip pat sistemos pagalba būtų standartizuotas parametru aprašymas ir viskas apjungta į ontologijas. Sukūrus tokią sąryšių platformą būtų gana paprasta ją susieti su įvairiomis programomis ar duomenų bazėmis, taip priskiriant jungiamiems produktams konkretų medžiagiškumą [16]. Autorius siūlo koncepciją kuri apjungia medžiagų parametru ontologijas pagal matavimo metodus, gamybos procesą, žaliavas, cheminę sudėtį, aplinkosaugą ir kitus parametrus [16]. Principinė šios ontologijos schema pavaizduota **4 pav.**



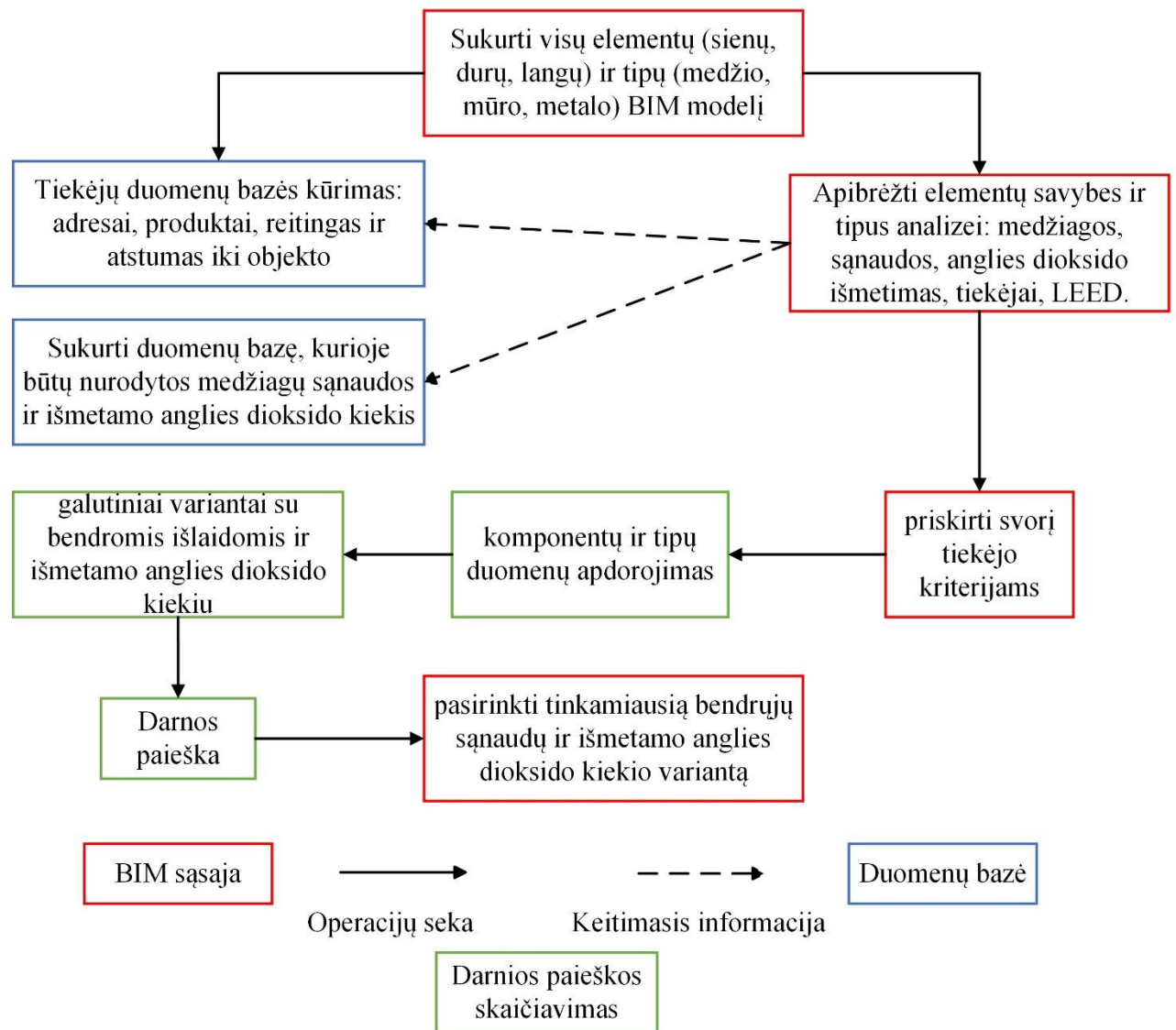
4 pav. Medžiagų informacijos ontologijos duomenų struktūra [16]

Abiola Akanmu ir kiti tyrėjai straipsnyje „BIM pagrįsta sprendimų palaikymo sistema, skirta medžiagoms parinkti pagal tiekėjų reitingą“ (angl. *BIM-Based decision support system for material selection based on supplier rating*) plėtoja medžiagų parinkimo algoritmą (įrankį) BIM modelyje. Šis algoritmas apibūdinamas kaip sprendimų priėmimo pagalbos sistema. Šis algoritmas vertina turimų medžiagų parametrus, lygina pagal skirtingus kriterijus ir pasiūlo tinkamiausias medžiagas arbastatybos produktus ar jų kombinacijas. Įrankio tikslas – pasiūlyti ekonominiu ir darnumo atžvilgiu geriausią variantą. Sistemą sudaro sąsajos tarp BIM modelio, Microsoft Access duomenų bazės ir modifikuoto harmoninio paieškos algoritmo [17]. Šios sistemos architektūra pateikta **5 pav.**



5 pav. Medžiagų parinkimo algoritmo architektūra [17]

Šios sistemos duomenų mainų tarp skirtingų programų eiga vaizduojama **6 pav.** Straipsnio autoriai aptaria medžiagiškumo priskyrimą „Revit“ modelyje įterpiant papildomus atributus ir juose nurodant norimus parametrus ar medžiagos koduotę, reiškiančią konkrečią medžiagą. Viena iš galimų algoritmo funkcijų – surasti medžiagų tiekėjus pasirinktu atstumu nuo objekto, remiantis medžiagiškumo informacija ir prie jos priskirto gamintojo adresu [17]. Autoriai šiuo bandymu parodo, kad konkrečių medžiagiškumo arba statybos produktų priskyrimas statybos elementams yra svarbus aspektas siekiant darnaus ir tvaraus statybos proceso bei pastato eksploataavimo. O tam, kad tai vyktų sklandžiai, yra svarbus BIM modelio elementų susiejimas sąryšiais su konkrečiais statybos produktais ar medžiagomis, esančiais kitose duomenų bazėse, kurios yra susietos su pagrindine.



6 pav. Duomenų mainų eiga [17]

1.2. Medžiagų ontologijų statybos etapams poreikis ir sudarymas

Vieną tokių ontologijų nagrinėja straipsnio „Ontologija pagrįsta žinių sistema inžinerinėms medžiagoms parinkti“ (angl. *An ontology - based knowledge framework for engineering material selection*) autoriai. Šiame straipsnyje analizuojama idėja sukurti atviro tipo žiniomis (pvz., ekspertų žinios, žinynai, išnagrinėtos atvejų analizės ir t. t.) pagrįstą statybos medžiagų ir produktų klasifikacijos struktūrą [18].

Straipsnio autoriai nagrinėja medžiagų ontologijų sudarymo galimybes trimis principais: skirstant pagal medžiagos cheminę sudėtį (pvz., nerūdijantis plienas, legiruotas plienas ir t. t.), pagal medžiagos fizines savybes (pvz., elastinga medžiaga, plastiška medžiaga, šilumą izoliuojanti medžiaga ir t. t.) bei pagal medžiagos gamybos ir apdorojimą (liejama, lenkiama, frezuojama ir t. t.). Kiekvienas medžiagų pasirinkimo variantas yra arba atskiras, pagal konkrečią kategoriją, arba šių kategorijų kombinacija, susaistyta tarpusavio ryšiais, kurie daro įtaką norimos medžiagos pasirinkimui [18]. Straipsnio autoriai medžiagų ontologijos kūrimui panaudojo du modulius. Pirmasis – Stanfordo universiteto vystomas „Protege 4.3 editor“, skirtas žinių ir informacijos talpinimui bei ryšių tarp medžiagų kūrimui. Antrasis modulis, sukurtas pačių autorių, skirtas medžiagų pasirinkimui

projektavimo stadijoje pagal į anksčiau minėtą sistemą suvestus medžiagų parametrus ir sukurtus sąryšius [18].

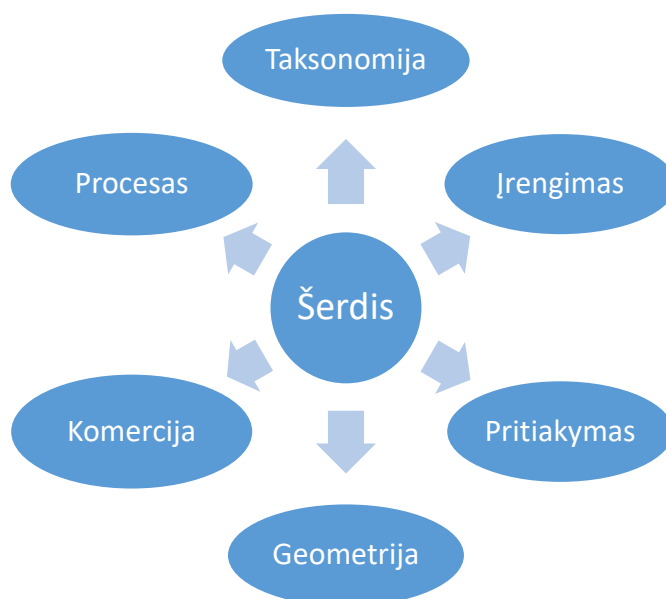
Straipsnio „Europietiškas projektas medžiagų informatikos srityje: Ontologijos ir virtualios platformos“ (angl. *The European Project in The Materials Informatics Domain: Ontologies and Virtual Platforms*) [19] autoriai nagrinėja Europos Sąjungos vykdomą projektą dėl bendros medžiagų ontologijų, bei sąryšių jų naudojimui sudarymo visos Europos mastu. Projektas pavadintas „Virtuali medžiagų prekyvietė“ (angl. *The Virtual Materials Marketplace*). Autoriai nagrinėja galimybes ir potencialias naudas tiek vartotojams, tiek gamintojams. Straipsnyje nagrinėjama virtuali „prekyvietė“, kurioje medžiagos ir paslaugos yra susietos su standartais ir ontologijomis, o prie jų duomenų bazės turi prieigą tiek medžiagų ar produktų gamintojai, tiek jų vartotojai. Sistemoje naudojamos kelios skirtingos ontologijos, vienos jų naudoja semantinius žodynus, kitos medžiagų fizines savybes, o viena svarbesnių ontologijų yra „Modeliavimo, modeliavimo ir optimizavimo ontologija (OSMO)“ (angl. *The ontology for Simulation, Modeling, and Optimization (OSMO)*), kurios tikslas sujungti visas likusias ontologijas į vieną kompleksiską ir sudėtingą sistemą [19].

Straipsnyje „BIM ir ontologija pagrįstas pastatų sąnaudų vertinimo metodas „ (angl. *BIM and ontology-based approach for building cost estimation*) autoriai nagrinėja ontologiniais principais paremtas elementų paieškos ir grupavimo statybos darbų kainos apskaičiavimui galimybes. Apdorojama informacija – elementų kiekiai bei pavadinimai ir grubus mežiagiškumas, kurie toliau jungiami su darbų įkainiais. Tiek pačiame straipsnyje, tiek išvadose autoriai pristato, jog toks informacijos apdorojimas yra efektyvesnis, tačiau turi vieną didelį trūkumą – elementų pavadinimai nėra susieti su konkrečiomis tą elementą sudarančiomis medžiagomis. Todėl nors ir kainos nustatymo dalis yra automatizuota, ji reikalauja žmogaus įsikišimo ir ganėtinai ilgo rankinio darbo „Excel“ programoje ar kitoje duomenų bazėje, siekiant susieti pastato elementus su konkrečiomis medžiagomis ir jų parametrais ir taip įvertinti statybos kainą. Taigi, straipsnyje aprašoma problema, kuri nagrinėjama šiame tyrime [20]. Analogiškai tą pačią problemą, tik šilumos mainų skaičiavimo aspektu, kelia straipsnio „Pastato energinės analizės (BEA) modelio BIM IFC informacijos atvaizdavimas su rankiniu būdu papildyta medžiagų informacija“ (angl. *BIM IFC information mapping of building energy analysis (BEA) model ith manually extended material information*) autoriai. Suvedus ar priskyvus medžiagas rankiniu būdu, didėja klaidų tikimybė tiek įvedimo momentu, tiek šiluminių mainų skaičiavime. Todėl autoriai pabrėžia konkrečių medžiagų ar statybos produktų parametrų priskyrimą prie medžiagų atributinių duomenų ir tokią informaciją turinčių elementų parinkimą projektavimo metu. Jų nuomone, toks sprendimas supaprastina ir paefektyvina darbą bei maksimaliai sumažina perskaiciavimo poreikio tikimybę [21].

Panašią į prieš tai minėto straipsnio idėją vysto ir „Produkto ontologijos kūrimas: Pagrindinė susietųjų statybos produktų duomenų ontologija „ (angl. *Building product ontology: Core ontology for Linked Building Product Data*) autoriai. Jie teigia, jog nors ir informacijos skaitmenizavimas praplėtė galimybes, tačiau skaitmeninės medžiagų ar produktų informacijos paskirstymas bei automatizavimas vis dar yra opi problema. Egzistuojančios schemas, tokios kaip IFC ar vokiškasis VDI 3805 remiasi nelanksčiu, šablonais paremtu algoritmu. Tai nepalaiko naujų, daugiafunkcinių kompozitinių medžiagų ar statybos produktų parametrų apibūdinimų [22].

Šio straipsnio autoriai siūlo sąryšiais paremtą statinio statybos produktų parametrų aprašymą ir siūlo statybos produktų ontologijas, kaip potencialų koncepcijos pagrindą. Siekiant įrodyti sąryšiais paremtą statybos produktų medžiagiškumo naudą, autoriai pritaikė šią koncepciją inovatyviems

daugiafunkciniams statybos produktams, kurie negali būti apibūdinami iki šiol taikomais būdais [22]. Sąryšiais paremta statybos produktų aprašymo koncepcinė schema pateikiama **7 pav.** Statybos produktų parametru aprašymo schema [22]



7 pav. Statybos produktų parametru aprašymo schema [22]

Straipsnyje „Semantinis duomenų modelis, skirtas statybinių medžiagų duomenims atvaizduoti AEC bendrose darbo eigose,, (angl. *A Semantic data model to represent building material data in AEC collaborative workflows*) autoriai akcentuoja pastato modelio elementų medžiagiškumo svarbą nuo pat projektavimo pradžios. Straipsnyje teikiamas siūlymas dėl skaitmeninės modulinės statybinių medžiagų ontologijos (angl. *The Digital Construction Building Material DICBM*). Ontologijos siūlymas paremtas sukurta parodomąja duomenų ir ryšių baze statybos produktams. Siūlomas ontologijos variantas yra skaitmeninis, modulinis ir, pasak autorių, efektyviai atvaizduoja medžiagiškumo duomenis. Straipsnyje aptariamos medžiagiškumo priskyrimo pastato elementams galimybės bei lygiai. Kompozitiniams gaminiams sudaryta galimybė priskirti kelių tipų medžiagas. Tekste aprašomos pagrindinės logikos ir algoritmai, dėl medžiagų su parametrais priskyrimo prie statinio elementų ir konstrukcijų ir galimas projekto tęstinumas plečiant ir pritaikant platesnei statybos sričiai [23].

Straipsnio „Paskirstytų informacijos šaltinių integravimas statybos sąnaudų apskaičiavimui naudojant semantinio žiniatinklio ir semantinio žiniatinklio paslaugų technologijas“ (angl. *Integrating distributed sources of information for construction cost estimating using Semantic Web and Semantic Web Service technologies*) autoriai taip pat kelia klausimą dėl tinkamos informacijos perdavimo visiems statybos dalyviams. Straipsnyje pažvelgiama iš projekto biudžeto (sąmatos) sudarymo perspektyvos. Straipsnyje nagrinėjama idėja modelio medžiagiškumui su konkrečiomis medžiagomis. Šiai užduočiai spręsti jie panaudojo semantines interneto paslaugas, kuriose patalpinamos medžiagų duomenų bazės. Straipsnio autoriai atliko eksperimentą, kuomet 5 sąmatininkai rankiniu būdu inventorizuoja trijų aukštų pastato keturiasdešimties gelžbetoninių konstrukcijų kiekius ir jiems sudaro sąmatas su aktualia informacija. Eksperimento metu nustatyta,

kad 40 g/b elementų medžiagų kainos nustatymą naudojantis duomenų baze, sąmatiniškai vidutiniškai atlikdavo 7 min. ir 52 sekundėmis greičiau, nei tai atlikdami rankiniu būdu [24].

Kadangi šiuolaikiniai BIM modeliai turi daugybę elementų su skirtingomis medžiagomis, tai šis mokslinis straipsnis aptaria, kad esant konkrečioms sąryšiams tarp pastato elementų ir konkretaus medžiagiškumo, galima sutaupyti gana nemažą darbo valandų skaičių apdorojant informaciją projekto metu.

Straipsnyje „Ontologija paremtas atvaizdavimas ir pagrindimas vertinant pastatų statybos kaštus Kinijoje“ (angl. *Ontology-Based Representation and Reasoning in Building Construction Cost Estimation in China*) autoriai aptaria ontologijų svarbą vertinant statinio biudžeto sudarymą. Straipsnyje nagrinėjamas modelis, kuris susideda iš trijų pagrindinių komponentų: modelio koncepto ontologija, elemento ontologija ir statybos sąlygų ontologija. Elemento ontologijai priskiriamas ir jų medžiagiškumas, susietas su konkrečiais medžiagų parametrais bei gamintojais. Ši ontologijų sistema veikia kompleksiskai, pagal užduodamas sąlygas parinkdama tinkamą konkretų medžiagiškumą [25].

1.3. Tikslaus medžiagiškumo svarba pastato gyvavimo ciklams

Statybos pramonė yra atsakinga už 32 % [26] pasaulio žaliavų (natūralių resursų) suvartojimo ir vien tik Europos Sąjungoje kasmet sugeneruojama apie 850 mln. tonų [27] statybinių atliekų. Statyboje gana dažnai taikomas linijinės ekonomikos modelis, kuomet žaliavos ar statybos produktai yra panaudojami vieną kartą. Kaip atsakas į tai pradėta vystyti žiedinė ekonomika, skatinanti antrinių žaliavų ir statybos produktų panaudojimą statinio gyvavimo ciklo pabaigoje [26]. Tačiau dažnu atveju trūksta detalios informacijos apie statinio elementų medžiagiškumą. Tai nagrinėjama straipsnyje „Pakartotinis statybinių elementų naudojimas architektūros praktikoje prieš Europos reglamentavimo kontekstą: nesuderinamumai ir galimi patobulinimai (angl. *Reuse of building elements in the architectural practice and the European regulatory context: Inconsistencies and possible improvements*) autoriai. Pasak jų, medžiagų išgavimą antriniam panaudojimui sulėtina medžiagiškumo gausa ir nenuspėjamumas, neturint konkrečios informacijos ir parametrų [27].

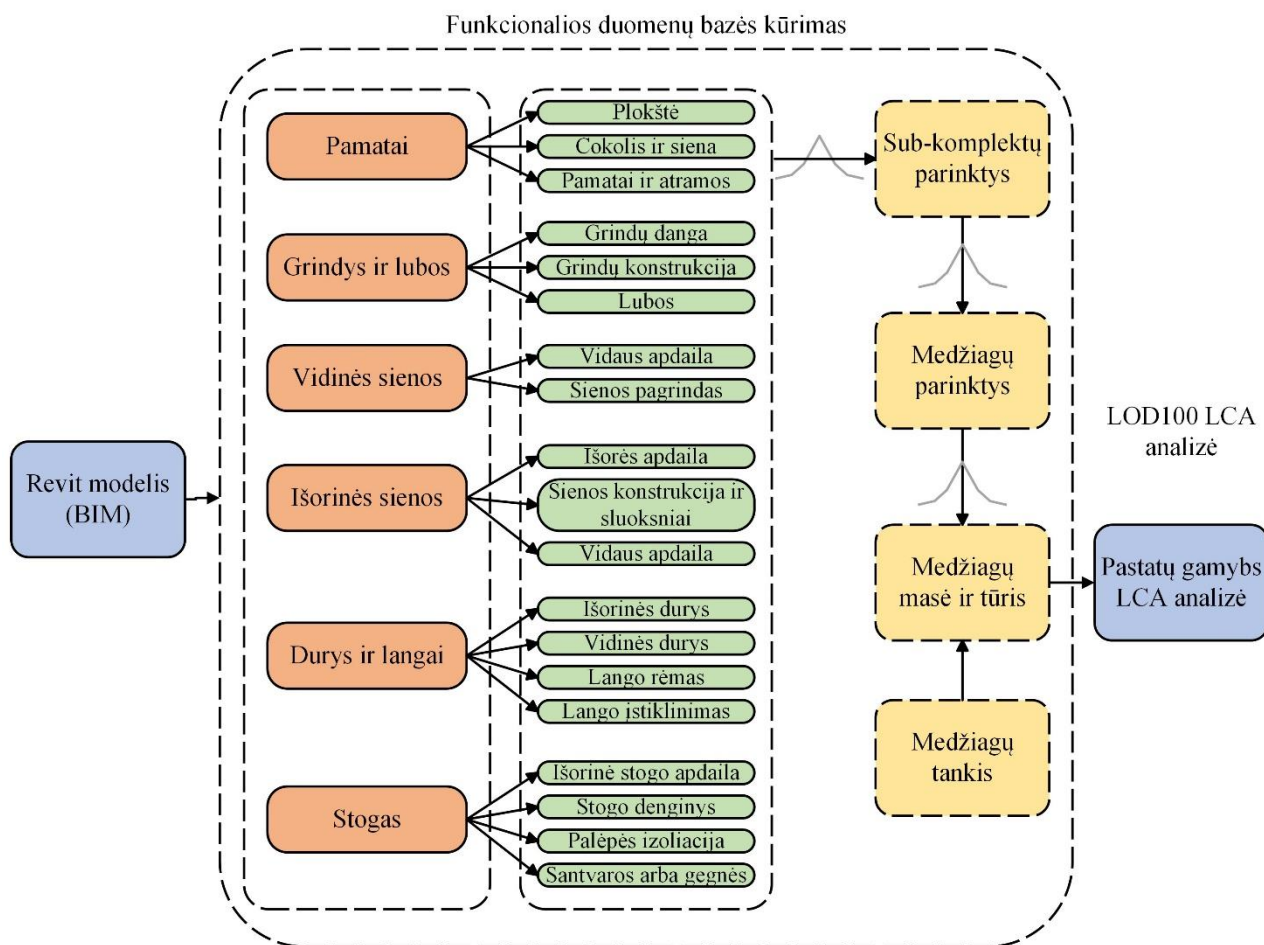
Pastato įrengimui panaudotų statybos produktų tikslaus medžiagiškumo ir medžiagų parametrų žinojimas ir greitas informacijos pasiekiamumas yra aktualus ir per visą pastato eksploatavimo laikotarpį, pradedant dėl CO₂ pėdsako statybos metu, baigiant griovimo darbais [28]. Tinkamų savybių antrą kartą panaudojamų medžiagų parinkimas yra kritinis elementas projektavimo procese [29, 30, 31].

Taip pat konkretaus medžiagiškumo priskyrimas ir jo semantika yra aktualu renovacijos projektams, ypač istorinių pastatų renovacijos darbams. Sudarant renovuojamo pastato modelį, dažniausiai lidaro technologijos pagalba, projekto autoriams du svarbiausi kriterijai – geometrija ir medžiagiškumas. Skenavimo rezultatas būna pastato geometrija, o tolimesniam darbui aktualu priskirti tinkamą medžiagiškumą. Istorinių pastatų renovacijai naudojamos tik tiems darbams skirtos sertifikuotos medžiagos [32].

Toliau apibendrinami straipsniai, kurie nagrinėja tikslaus medžiagiškumo informacijos poreikį bei svarbą statinio gyvavimo ciklui.

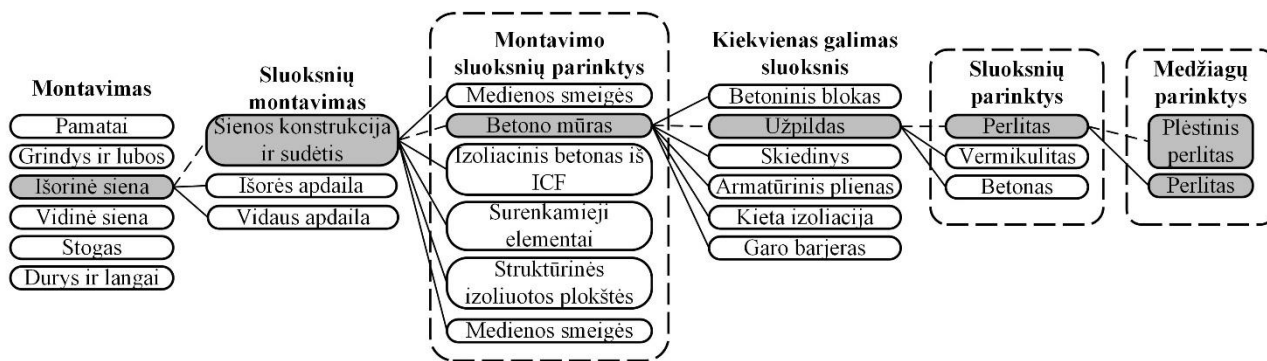
Rezaei ir kiti autoriai [33] kelia problemą, jog ankstyvojoje projektavimo stadijoje, kuomet projektavimo detalumas siekia LOD 100, pastato modeliuose naudojamų elementų aprašymuose

dominuoja geometriniai generiniai parametrai be informacijos apie sluoksnius ir jų medžiagiškumą, todėl negalima tinkamai atlikti statinio gyvavimo ciklo analizės. Todėl jie kelia idėją dėl funkcionalios realių medžiagų duomenų bazės, skirtos „Revit“ programa dirbantiems projektuotojams [33]. **8 pav.** pateikiama siūlomos duomenų bazės struktūra.



8 pav. Siūlomos medžiagų duomenų bazės struktūra [33]

Duomenų bazę būtent „Revit“ programai jie pasirinko dėl jos plataus naudojimo statybos sektoriuje, tačiau akcentuoja, jog metodologiją galima pritaikyti ir kitoms BIM programoms. Autoriai pateikia siūlomos duomenų bazės pavyzdį lauko sienos vieno iš sluoksnių konkretaus medžiagiškumo parinkimui. Pavyzdys pateikiamas **9 pav.** [33]. Medžiagiškumas yra aktualus ir duomenų mainams tarp BIM ir FEM programinių įrangų. Eksportuojant modelį iš BIM programos, perkeliama ir konkrečios medžiagų savybės, todėl ankstyvojoje stadijoje priskyrus konkretų medžiagiškumą, sutaupomas kitų projekto dalyvių darbo laikas [34]. Dažni medžiagiškumo informacijos mainai tarp skirtingų programų gali turėti žymų pozityvų poveikį tiek projektavimo darbų eigai, tiek galutiniam rezultatui ir jo terminams [35].



9 pav. Lauko sienos vidinio sluoksnio medžiagiškumo parinkimas [33]

Straipsnyje „Viso gyvavimo ciklo nulinio grynojo anglies dioksido kiekio pastatų rėmimo sistemos kūrimas integruojant pastato informacinį modeliavimą ir skaitmeninius dvynius“ (angl. *Development of a Framework to Support Whole-Life-Cycle Net-Zero-Carbon Buildings through Integration of Building Information Modelling and Digital Twins*) autoriai nagrinėja nulinės CO₂ emisijos pastatų statybą, kai nulinė emisija yra visą pastato gyvavimo ciklą. Straipsnyje nagrinėjama informacijos svarba kiekviename projekto vykdymo etape pradedant projektavimo stadija, kuomet pastatui turi būti numatoma naudoti mažą CO₂ pėdsaką turinčias medžiagas, arba antrinio panaudojimo (perdirbtas) medžiagas taip užtikrinant minimalų šiltnamio efektą sukeliančių dujų išsiskyrimą. Šiame etape labai svarbu turėti pakankamai informacijos apie medžiagas, kadangi šioje stadijoje priimti sprendimai dėl medžiagiškumo turi didžiulę įtaką pastato nulinei anglies dvideginio emisijai, bei pastato statytojams ir eksploatuotojams visą statinio gyvavimo ciklą [36]. Tokias pačias išvadas dėl tikslios ir detalios pastato elementų medžiagiškumo informacijos, kuri yra aktuali statinių statybos ir griovimo metu, pateikia Xu, Shi, Xie ir Zhao[37].

Apie ankstyvos informacijos svarbą diskutuoja ir Kumanayake su Luo [38]. Jie teigia, jog ankstyvas konkrečių medžiagų priskyrimas gali sumažinti potencialius CO₂ išskiriamus kiekius ne tik dėl statybos produktų gamybos ir montavimo, tačiau ir dėl pastato, kaip galutinio gaminio energetinio efektyvumo gyvavimo laikotarpiu. Įtraukiant ir ekonominį parametą į ankstyvo projektavimo stadiją, gaunamas labiau subalansuotas priartėjimas prie darbaus statinio. Straipsnio autoriai suprogramavo ir analizuoja įrankį, skirtą ankstyvam medžiagiškumo priskyrimui ir gauto pastato darnumo vertinimui remiantis daugiakriterijiniu metodu. Įrankis naudoja duomenų bazę, į kurią priskiriamos konkrečios medžiagos ar statybos produktai ir vertina jų panaudojamumą pastate bei skaičiuoja „pastato darnumo indeksą“ [38].

Apie ankstyvo konkrečių medžiagų priskyrimo ekonomiškumą ir darnumą vertinant pastatų gyvavimo ciklo analizę, bei jų pranašumus ir silpnybes detalčiau nagrinėjama straipsnyje „Statinio informacinio modeliavimo ir gyvavimo ciklo vertinimų integravimo mišrių metodų apžvalga“ (angl. *Mixed method review for integrating building information modeling and life-cycle assessments*). Autoriai nustatė 21 pranašumą ir 7 trūkumus. Nustatyti pranašumai suskirstyti į keturias kategorijas:

1. sprendimų priėmimas;
2. medžiagų parinkimas;
3. darnumo vertinimas;
4. susidarančių atliekų mažinimas.

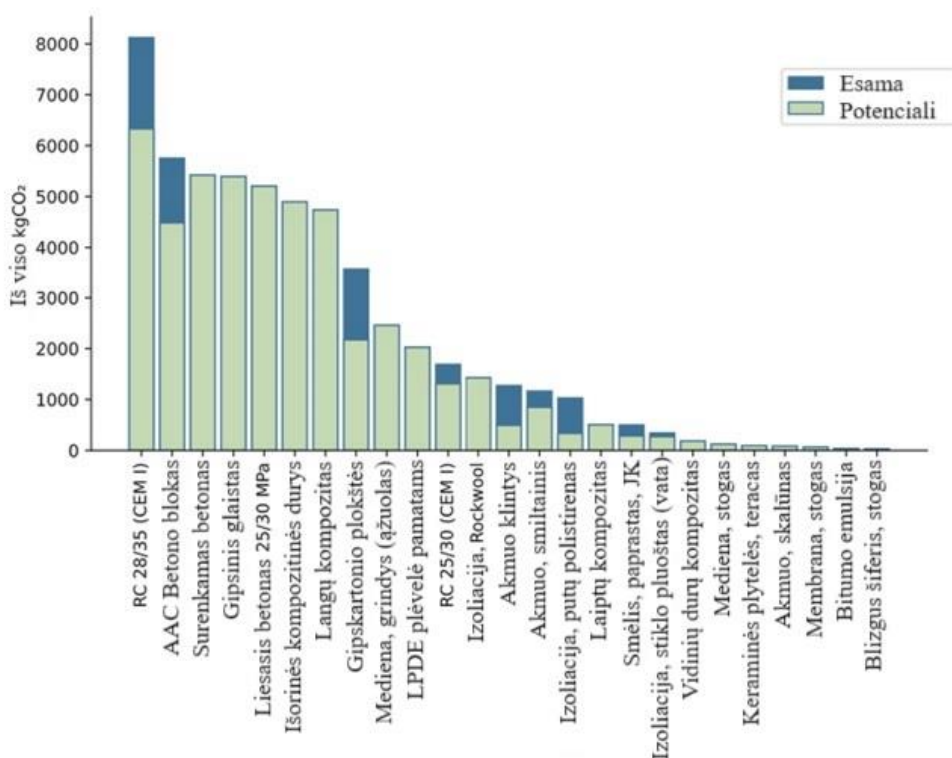
Trūkumus autoriai suskirstė į dvi kategorijas – standartizavimą ir duomenų apdorojimą. Pranašumų ir trūkumų prioritetizavimui buvo panaudotas Delphi metodas. Kaip didžiausius neigiamus veiksmus

autoriai išskiria duomenų suvedimo, perkėlimo, ir apdorojimo veiksmus, kurie yra kompleksiški ir imlūs darbui [39].

Šią temą plečia ir straipsnio „IFC pagrįsta anglies dioksido lyginamoji analizė, skirta ankstyvajai projekto analizei“ (angl. *IFC-Based embodied carbon benchmarking for early design analysis*) autoriai. Jie teigia, jog norint maksimaliai sumažinti statybos proceso metu išskiriamą CO₂ kiekį, jau ankstyvojoje projektavimo stadijoje yra labai svarbu susieti modelį su realiomis medžiagomis ir prognozuoti tiek statybos darbų, tiek eksploatacijos įtaką anglies dvideginio išskyrimui į aplinką. Priskiriant konkrečias medžiagas, iš karto būtų galima atlikti pastato anglies dvideginio pėdsako skaičiavimus, ir dar ankstyvojoje stadijoje vertinti įvairias alternatyvas taip siekiant kiek įmanoma daugiau sumažinti šiltnamio efektą sukuriančių dujų išsiskyrimą [40].

Kaip pavyzdį straipsnio autoriai pasitelkė privataus dvejų aukštų gyvenamojo namo projektavimą ankstyvoje stadijoje ir statinio elementams priskyrė konkrečius statybos produktus, bei įrankio „Pycab“ pagalba vertino jų gamybai ir montavimui sugeneruojamo CO₂ kiekio išsiskyrimą. Po to atliko variantinius skaičiavimus, parinkdami analogiškas medžiagas ir taip ieškodami optimaliausio, mažiausiai CO₂ išskiriančio statybos produktų derinio [40]. Lyginamoji šio derinio analizė pateikiama **10 pav.**

Statybinių medžiagų „įkūnyta“ anglis



10 pav. Galimo sumažinti CO₂ išsiskyrimo palyginimas pastato statybos produktams [40]

Straipsnyje „Automatizuotas ekologiškų statybinių medžiagų informacijos valdymas naudojant žiniatinklio naršymą ir ontologiją“ (angl. *Automated management of green building material information using web crawling and ontology*) autoriai aptaria pastatų darnumo sertifikavimą ir kylančias problemas dėl medžiagiškumo:

- pastato medžiagiškumo įvertinimas sudėtingas dėl informacijos apribojimų ir turimų duomenų kokybės;

- pakartotinis darbas dėl to, kad svarbi informacija atkurama skirtinguose projekto etapuose vietoje perkėlimo į sekantį etapą;
- Medžiagų informacijos valdymas, kuris reikalauja nuolatinio atnaujinimo yra nepakankamas. [41]

Straipsnio autoriai siūlo automatizuotą sistemą, paremtą ontologijomis, skirtą efektyviam medžiagiškumo nustatymui ir priskyrimui. Apie medžiagų sąryšių, duomenų ir ontologijų kiekį bei automatizavimo naudą kalbama ir straipsnyje „Semantiškai pagrįstas žinių atvaizdavimo modelis, skirtas medžiagų inžinerijos taikymui“ (angl. *A semantic-driven knowledge representation model for the materials engineering application*) [42].

Planuojant statinio statybos metu susidarysiančių atliekų analizę, taip pat yra aktualus konkrečių statybai naudojamų produktų medžiagiškumas. Straipsnio „Interneto duomenų technologijų taikymas statybinių medžiagų informaciniam modeliavimui analizuojant statybines atliekas“ (angl. *The application of web data technologies in building materials information modelling for construction waste analytics*) autoriai akcentuoja, jog norint atlikti analizę, labai svarbu turėti labai detalią medžiagiškumą bei tai, jog ši informacija dažniausiai yra išskaidyta per kelis skirtingus duomenų šaltinius. Šis duomenų pasiskirstymas lemia neefektyvų informacijos valdymą, bei kelia informacijos patikimumo klausimą, ar visa aktuali informacija apie medžiagiškumą yra turima. Straipsnio autoriai informacijos valdymui siūlo naudoti ontologijomis paremtą medžiagų apibūdinimo karkasą ir interneto ontologijų kalbą OWL bei pasitelkti „Protege“ programą, įgyvendinant siūlomą sąryšių architektūrą [43]. To paties principo (OWL) internetinės sistemos panaudojimo galimybes medžiagiškumo informacijai apžvelgia ir Abanta, Oti ir Tah [44] bei Pauwels ir Terkaj [45]. Pastarajame straipsnyje nagrinėjama sąryšio galimybė tarp IFC failo parametrų ir internetinių duomenų bazių su atributine informacija.

1.4. Literatūros apžvalgos išvados

Atlikus literatūros šaltinių analizę, galima apibendrinti šias išvadas:

1. Iš peržvelgtų mokslinių straipsnių daroma išvada, jog yra kelios metodikos, kurios apjungia medžiagas į ontologijas. Tačiau tai daroma labai specifiniam (siauram) segmentui, kai medžiagiškumas ir panaudojimo sritys yra panašios chemine sudėtimi ar atliekama funkcija. Medžiagos grupuojamos pagal standartus (ISO, DIN, ASTM, GOST ir t. t.), pagal fizines ir chemines savybes, pagal specifikuotą panaudos sritį, kombinuoti sąryšiai pagal medžiagų savybes, jas apjungiant su sukauptomis žiniomis, pagal medžiagų ir produktų apdorojimo būdus, pagal galutinius gaminius arba pagal gamintojų gaminamų produktų duomenų bazines.
2. Vis labiau einama prie nulinės CO₂ emisijos pastatų. Todėl konkretaus medžiagiškumo ar statybos produktų, pagal darniuosius standartus, priskyrimas projektavimo stadijoje tampa kaip niekad aktualus ir gali įtakoti projekto vykdymą.
3. Literatūros apžvalgoje aptartus straipsnius jungia labai panaši mintis – trūksta sąryšio tarp modeliuose naudojamų medžiagiškumų ir realių statybinių medžiagų su jų parametrais. Kol kas tai sprendžiama sukuriant šiuos sąryšius rankiniu būdu.
4. Nemažai straipsnių nagrinėja BIM modelio sąryšius su internetinėmis platformomis, kuriose būtų laikoma medžiagiškumo informacija.

2. Tyrimų metodologija

2.1. Tyrimo metodikos aprašymas

Pasirinkta metodika – analitinis tyrimas. Atliekant literatūros analizę, dalies mokslinių straipsnių išvadose teigiama, kad projektavimo ir statybos etapuose trūksta statybos produktų medžiagiškumo, bei automatizuoto priskyrimo.

Taip pat mokslinių straipsnių autoriai akcentuoja, jog esamos klasifikavimo ir sąryšių metodikos ir įrankiai turi apribojimus – apima tik siaurus segmentus. Dauguma esamų įrankių sąryšių sudarymui yra paremti įvairiomis medžiagų savybėmis (fizinėmis, cheminėmis, mechaninėmis) [15] bei be išmatuojamų parametrų, prisideda ir žiniomis ir patirtimi pagrįsti klasifikavimo kriterijai, kuomet sistemos ar įrankio kūrėjas remiasi savo patirtimi ir pažymi sąryšius, kurie nėra lengvai apibrėžiami naudojant ontologiją [11].

Straipsnio „Automatizuotas ekologiškų statybinių medžiagų informacijos valdymas naudojant žiniatinklio naršymą ir ontologiją“ (angl. *Automated management of green building material information using web crawling and ontology*) autoriai siūlo automatizuotą sistemą, paremtą ontologijomis, skirtą efektyviam medžiagiškumo nustatymui ir priskyrimui [41]. Apie medžiagų sąryšių, duomenų ir ontologijų kiekį bei automatizavimo naudą teigia ir Cheng, Hu bei Li [42].

Esamų įrankių analizę atliko straipsnio „Skaitmeniniai įrankiai medžiagoms parinkti kuriant gaminius“ (angl. *Digital tools for material selection in product design*) autoriai. Jie atrado virš 300 įvairių medžiagų klasifikatorių ir ontologijų įrankių įvairiose panaudojimo srityse ir iš jų pasirinko 87 nagrinėti bei lyginti galimybes. Atlikę palyginimą, autoriai visus įrankius sugrupavo į tris segmentus: 1. Bendrosios duomenų bazės. 2. Medžiagų ar produktų gamintojų duomenų bazės. 3. Programinė įranga. Detaliau nagrinėti buvo pasirinktos tik dvi grupės, nes medžiagų gamintojų duomenų bazės labai siauros ir specifinės [15]. Apžvelgiant likusias dvi grupes, populiariausi parametrai medžiagų paieškai buvo pavadinimas, medžiagos klasė ar subklasė, įvairūs raktažodžiai, bei medžiagiškumo parametrai (pvz., fizinės, mechaninės ir t. t.) [15].

Vieną tokių apjungimo būdų (sistemą) siūlo straipsnio „Medžiagų ontologija: keitimosi informacija ir žiniomis apie medžiagas infrastruktūra“ (angl. *Materials ontology: an infrastructure for exchanging materials information and knowledge*) autoriai. Jie pabrėžia, jog esama ganėtinai daug informacijos apie medžiagas, tačiau ji yra pasklidusi įvairiuose formatuose, konceptuose ir yra sudėtinga surasti ir apdoroti reikiamą informaciją. Autorius siūlo apjungti visą informaciją, kad medžiagiškumas būtų apibrėžiamas sąryšiais bei parametrais. Taip pat sistemos pagalba būtų standartizuotas parametrų aprašymas ir viskas apjungta į ontologijas. Sukūrus tokią sąryšių platformą, būtų ganėtinai paprasta ją susieti su įvairiomis programomis ar duomenų bazėmis, taip priskiriant jungiamiems produktams konkretų medžiagiškumą [16].

Atlikus literatūros analizę, rasti keli medžiagų ir jų sąryšių klasifikavimo būdai:

1. sąryšiai vadovaujantis standartais (ISO, DIN, ASTM, GOST ir t. t.);
2. pagal medžiagų chemines ir fizines savybes;
3. pagal specifikuotą panaudojimo sritį;
4. kombinuoti sąryšiai pagal medžiagų savybes, pritaikant sukauptas žinias;
5. pagal medžiagų ar produktų apdorojimo būdus;
6. pagal galutinius produktus ar gaminius;

7. pagal gamintojų duomenų bases.

Iš peržvelgtų mokslinių straipsnių daroma išvada, jog yra kelios metodikos, kurios apjungia medžiagas į ontologijas, tačiau tai daroma specifiniam (siauram) segmentui, kai medžiagiškumas ir panaudojimo sritys yra panašios chemine ar fizine sudėtimi ar atliekama funkcija.

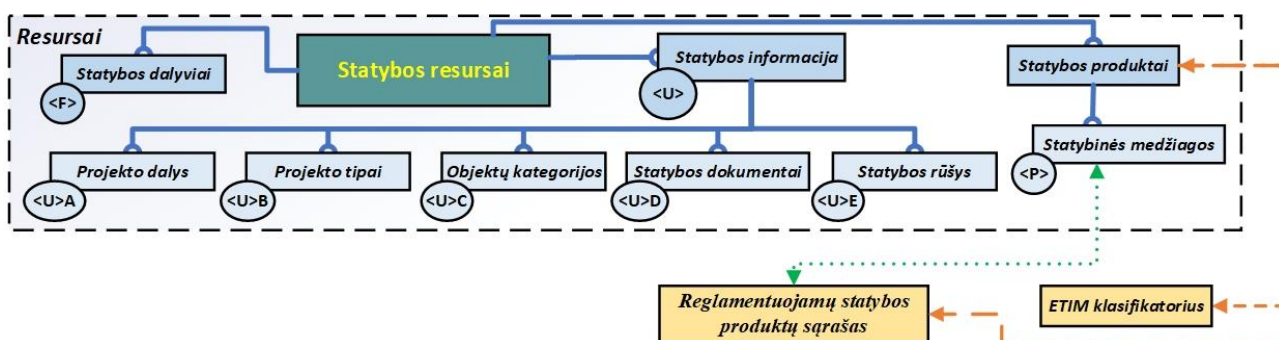
Šio tyrimo tikslas – surasti sąryšius tarp labai plataus ir įvairaus reglamentuojamų statybos produktų sąrašo ir NSIK klasifikuojamo medžiagų sąrašo. Kadangi aktualus yra būtent medžiagiškumo aspektas, todėl tyrimo autorius pasirinko sudaryti sąryšių paieškos algoritmą, kuriame ieškomi sąryšiai pirmiausia pasitelkiant statybos produkto pavadinimą, o po to ir jo charakteristikas aprašančius standartus.

Abiem atvejais sąryšio paieška vykdoma pasitelkiant statybos produkto medžiagiškumo – pagrindinės statybos produktą sudarančios medžiagos ar galimų jos alternatyvų, aspektą. Taip pat, kaip ir literatūros analizės dalyje moksliniuose straipsniuose aprašytais atvejais, algoritmo naudojimui bei tinkamų sąryšių nustatymui įtakos turi ir naudotojo patirtis bei žinios apie statybos produktus.

2.2. Sąryšių paieškos metodologijos principai

Sąryšių tarp reglamentuojamų statybos produktų ir „NSIK <P> Statybinės medžiagos“ paieškai sudaryta metodika remiasi medžiagiškumo aspekto paieška tiek reglamentuojamo statybos produkto pavadinime, tiek esmines produkto charakteristikas apibūdinančiame standarte.

Potencialių sąryšių tarp reglamentuojamų statybos produktų sąrašo ir NSIK statybinių medžiagų klasifikatoriaus vizualizacija vaizduojama **11 pav.** NSIK medžiagų sąryšis su reglamentuojamų statybos produktų sąrašu.



11 pav. NSIK medžiagų sąryšis su reglamentuojamų statybos produktų sąrašu

Siūlomas principas – medžiagiškumo informacijos surinkimas keliais etapais.

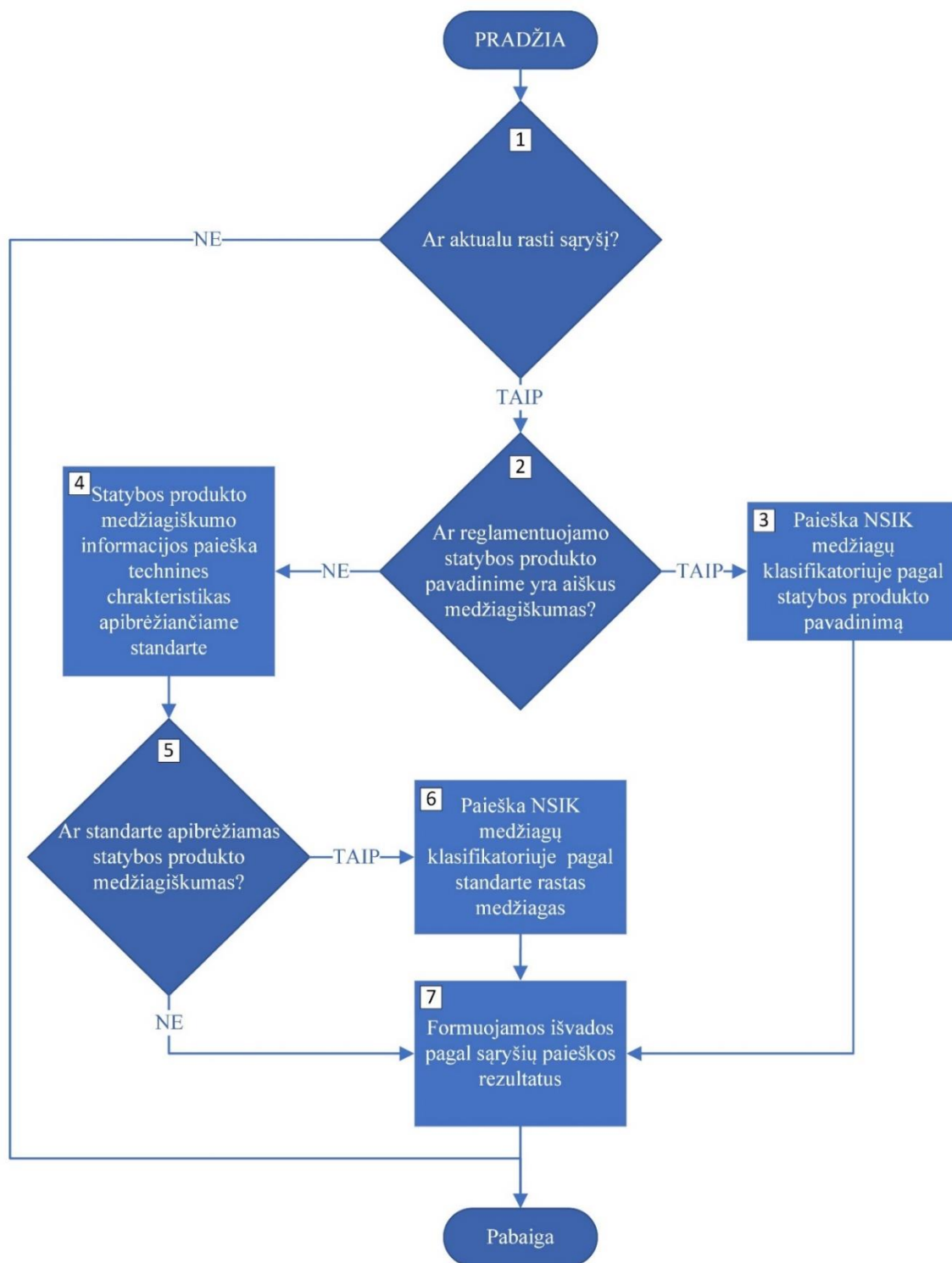
1. Pirmajame etape tyrėjas priima sprendimą ar yra aktualu nustatyti medžiagiškumo sąryšį.
2. Antrajame etape paieška NSIK medžiagų klasifikatoriuje vykdoma pagal reglamentuojamo statybos produkto pavadinime paminėtų medžiagų pavadinimus.
3. Trečiajame etape, jeigu iš statybos produkto pavadinimo nėra aiškus medžiagiškumas, tuomet ieškoma detalesnės medžiagiškumo informacijos statybos produkto charakteristikas apibūdinančiuose standartuose.

Svarbu, kad paiešką vykdančias tyrėjas įvertintų ar standartuose paminėtos medžiagos yra pagrindinės statybos produkto sudedamosios dalys ar pagalbines medžiagas. Sąryšis ieškomas su pagrindinėms medžiagoms.

Kiekvienu etapu, surinkus duomenis apie reglamentuojamo statybos produkto medžiagiškumą, vykdoma atitikmenų paieška NSIK „<P> Statybinės medžiagos“ klasifikatoriuje ir pagal paieškos rezultatus formuluojamos išvados apie galimus sąryšius.

Tokio tipo paieškos metodika apibrėžia sistemingą požiūrį į reglamentuojamų statybos produktų sąrašo elementų galimus sąsajų variantus su NSIK medžiagų klasifikatoriumi, pradedant statybos produkto pavadinimu, baigiant statybos produkto esmines charakteristikas aprašančių standartų analize.

2.3. Sąryšių paieškos algoritmas



12 pav. Sąryšių paieškos algoritmas

Pagal 2.2 poskyryje aptariamus principus sudarytas sąryšių paieškos algoritmas (žr. **12 pav.** Sąryšių paieškos algoritmas), skirtas reglamentuojamų statybos produktų sąrašo elementų medžiagiškumo suradimui ir jo sąsajų paieškai su NSIK klasifikuojamų medžiagų sąrašu.

Medžiagiškumo sąsajų paieškos algoritmo žingsnių paaiškinimai:

1. Pirmasis žingsnis – nustatyti ar yra aktualu surasti sąryšį tarp pasirinkto reglamentuojamo statybos produkto ir NSIK medžiagų klasifikatoriaus (žr. **13 pav.** NSIK medžiagų klasifikatorius). Sprendimą ar yra poreikis sąryšio paieškai, tyrimo autorius priima atsižvelgdamas į statybos produkto rūšį ir ar yra aktualu žinoti konkrečias sąsajas su NSIK medžiagų klasifikatoriumi. Poreikio nebuvimą gali indikuoti tai, kad reglamentuojamo statybos produkto medžiagiškumas neturi įtakos, o svarbiausia yra šio produkto eksploataciniai parametrai ir jų atliekama funkcija (pvz., reglamentuojamų statybos produktų sąrašo 25 skyriuje „Gaisro aptikimo ir signalizavimo sistemų (GASS) įranga“ [46] punktas Nr. 25.2 „Gaisro signalizatoriai“ [46]. Šiam produktui svarbiausia yra jo funkcionalumo parametrai, o ne medžiagiškumas. Taip pat gaisro signalizatoriai yra kompleksiški įrenginiai, susidedantys iš įvairių medžiagų). Nesant poreikiui surasti medžiagiškumo sąryšį, tolimesnė paieška nevykdoma.
2. Antrasis žingsnis – nustatyti ar reglamentuojamo statybos produkto pavadinime yra minimas produkto medžiagiškumas ir ar iš jo galima spręsti apie sąryšio galimybes. Pavadinime gali būti minima pagrindinė sudėtine medžiaga bet kokia gramatine forma arba buitinis medžiagos pavadinimas, su kuriuo sąryšį galima atrasti per NSIK „<P> Statybinės medžiagos“ medžiagų klasifikatoriuje prie kiekvienos daugumos medžiagų esančius sinonimus.
3. Trečias žingsnis – jei statybos produkto pavadinime yra minimas jo medžiagiškumas, tuomet vykdoma atitikčių paieška NSIK medžiagų klasifikatoriuje „<P> Statybinės medžiagos“ pagal statybos produkto pavadinime minimos medžiagos šaknį (pvz., statybos produkto „2.6 Statybinės kalkės“ medžiaga „kalkės“ ieškoma naudojant raktažodį „kalk“). Paieška atliekama ieškant atitikčių tiek su pavadinimu (terminas), tiek su medžiagos aprašymu (apibrėžimas), tiek su termino sinonimu.
4. Ketvirtas žingsnis – jei reglamentuojamo statybos produkto pavadinime medžiagiškumas nėra minimas, tuomet informacijos apie produkto medžiagiškumą ieškoma standarte, apibrėžiančiame statybos produkto parametrus ir esminę (-es) charakteristiką (-as). Standartas nurodytas reglamentuojamų statybos produktų sąrašo 3 stulpelyje – „statybos produkto techninės specifikacijos žymuo“ [47] (žr. reglamentuojamų statybos produktų sąrašo ištrauką **1 lentelė**. Reglamentuojamųjų statybos produktų sąrašo „2.6 Statybinės kalkės“ duomenys [47]).

Paieška pirmiausia vykdoma ieškant galimų statybos produkto gamybai panaudojimui medžiagų aprašymo ir reikalavimų. Tam naudojami raktažodis „medž“, kai standartas parašytas lietuvių kalba ir „material“, kai standartas parašytas anglų kalba. Atlikus paiešką su paminėtais raktažodžiais ir neradus atitikmenų, vykdoma detali standarto peržiūra ieškant konkrečių medžiagų paminėjimo atvejų ar nuorodų į kitus standartus, apibrėžiančius nagrinėjamo reglamentuojamo statybos produkto medžiagiškumą. Radus tokio tipo paminėjimus, vertinama ar paminėtos medžiagos yra susijusios su statybos produkto sudėtimi medžiagiškumo atžvilgiu.

5. Penktas žingsnis – nustatoma, ar buvo rasti reglamentuojamo statybos produkto medžiagiškumo paminėjimai standarte, apibrėžiančiame statybos produkto parametrus ir esminę (-es) charakteristiką (-as). Taip pat vertinama ar tai yra tinkama medžiaga atitikčių paieškai, pvz., standarte gali būti nurodyta, kad gaminys padengiamas poliuretano dažais. Tačiau tai būtų tik gaminio paviršiaus danga, o ne pagrindinė jo medžiaga.

Jei rasti medžiagiškumo paminėjimai yra tinkami, tuomet pasirenkama koks medžiagų skaitinis kiekis bus vertinamas sąryšių paieškoje įvertinant ar aktualus kiekvienos paminėtos medžiagos sąryšio su NSIK medžiagų klasifikatoriumi suradimas.

Rastų medžiagų skaitinio kiekio sumažinimo pavyzdys - standarte LST EN14516:2006+A1:2010 Buitinės vonios rastos medžiagiškumas „nerūdijantys plienai“, kuris dar detalizuojamas į 1.4510, 1.4520, 1.4301, 1.4401, 1.4521 pagal standartą EN 10088-2. Iš esmės visos paminėtos konkrečios nerūdijančių plienų rūšys gali būti apibūdinamos kaip „nerūdijantis plienas“ ir ieškoti kiekvienos atitikties nėra tikslinga. Tad šio pavyzdžio atveju ieškoma medžiagiškumo atitikčių tik su nerūdijančiu plienu, neskaidant jo į konkrečius potipius.

- Šeštas žingsnis – jeigu standarte, apibrėžiančiame statybos produkto parametrus ir esminę (-es) charakteristiką (-as) yra minimas produkto medžiagiškumas, tuomet vykdoma atitikčių paieška NSIK medžiagų klasifikatoriuje „<P> Statybinės medžiagos“ pagal minimos (-ų) medžiagos (-ų) pavadinimo šaknį (pvz., statybos produkto „18.54 Buitinės vonios“ standarte nurodoma medžiaga „nerūdijantis plienas“ ieškoma naudojant raktažodžius „nerūd“, „plien“).

Paieška atliekama ieškant atitikčių tiek su pavadinimu (terminas) tiek su medžiagos aprašymu (apibrėžimas), tiek su termino sinonimu. Sinonimai šioje paieškoje yra svarbūs, kadangi medžiagos gali būti apibūdinamos tiek oficialiu cheminio junginio pavadinimu, tiek neoficialiu medžiagos pavadinimu, vartojamu kasdienėje kalboje. Pavyzdžiui cheminis junginys natrio chloridas yra labiau žinomas valgomosios druskos, arba tiesiog druskos pavadinimu. Paieškos rezultatai gali būti sietis su 1 ar 2 lygio klasės kodu NSIK <P> Statybinės medžiagos klasifikatoriuje.

- Septintasis žingsnis – pagal gautus paieškų rezultatus formuojamos išvados apie nagrinėto reglamentuojamo statybos produkto sąryšius su NSIK klasifikuojamomis medžiagomis. Išvadose pateikiama informacija: Statybos produkto sąryšio su NSIK medžiagų klasifikatoriumi sąryšių kiekio skaitinė reikšmė, sąryšių klasės kodų sąrašas, pastabos ir rekomendacijos dėl kitų netiesiogiai galimų sąryšių.

<P> STATYBINĖS MEDŽIAGOS							
NSIK atributų KLASIFIKAVIMUI							
Klasės kodai: NSIKcodeP							
Klasės terminai: NSIKtermP							
Klasės kodas		Terminas	Term (EN)	Apibrėžimas	Definition (EN)	Termino sinonimai	Synonyms of the term (EN)
1 lygio	2 lygio						
A		Žaliava natūralių uolienu pagrindu	Natural raw material	Medžiaga iš pirminių natūralių mineralinių junginių žaliavų	Substance from the primary raw materials of natural mineral		
	AA	Monomineralinė uoliena	Monomineral rock	Mineralinė medžiaga sudaryta iš monomineralų	Mineral material consisting of monominerals		
	AB	Polimineralinė uoliena	Polymineral rock	Mineralinė medžiaga sudaryta iš polimineralų	Mineral material consisting of polyminerals		
	AC	Riedulys	Boulder	Labai rupių uolienu dalelių medžiaga	Material of very coarse rock particles	Gargždas	Coarse gravel
	AD	Stambusis užpildas	Coarse aggregate	Stambiųjų frakcijų rupių uolienu dalelių medžiaga	Coarse rock particle material of coarse-fractions	Dolomitinis užpildas, skalda, šlakinis užpildas, žvirgždas.	Dolomite aggregate, rubble, slag aggregate, pebbles, gravel
	AE	Smulkusis užpildas	Fine aggregate	Smulkiųjų frakcijų rupių uolienu dalelių medžiaga	Coarse rock particle material of fine-fractions	Smėlis	Sand
	AF	Dulkis	Silt	Stambiųjų frakcijų smulkiųjų uolienu dalelių medžiaga	Fine rock particle material of coarse-fractions	Betono smulkėlės	Fines
	AG	Molis	Clay	Smulkiųjų frakcijų uolienu dalelių medžiaga molio mineralų pagrindu	Fine rock particle material based on clay minerals of fine-fraction	Natrio bentonito molis	Sodium bentonite clay
	AH	Mikrodulkės	Microdust	Mineralinė medžiaga sudaryta iš mikroskopinių dalelių	Mineral material consisting of microscopic particles	Silicio dioksido mikrodulkės	Micro silica

13 pav. NSIK medžiagų klasifikatorius

Taikant algoritmą, nustatomos galimos sąsajos ir išanalizuojami rezultatai. Išbandžius modelį su skirtingo tipo reglamentuojamų statybos produktų sąrašo produktais, įvertinamas modelio veiksmingumas ir tikslumas, siekiant suteikti aiškias medžiagų specifikacijas statybos projektams. Rezultatai pateikiami apibendrinant gautus duomenis į lentelę. Joje pateikiami duomenys:

- reglamentuojamo statybos produkto numeris;

2. reglamentuojamo statybos produkto pavadinimas;
3. rastų tinkamų sąryšių kiekis;
4. algoritmo panaudojimo seka, išreikšta algoritmo elementų numeriais;
5. rastų sąryšių kiekio skaitinė reikšmė;
6. tinkamų sąryšių kiekio skaitinė reikšmė;
7. sąryšio radimo vieta NSIK medžiagų klasifikatoriuje (terminas, apibrėžimas arba sinonimas);
8. NSIK medžiagų klasės kodų sąrašas, su kuriais rasti sąryšiai.

3. Tyrimas ir rezultatai

Toliau detaliai analizuojami skirtingų sąryšio variantų pavyzdžiai. Analizei imami pasirinkti skirtingų tipų statybos produktai iš reglamentuojamų statybos produktų sąrašo. Produktai parinkti tokie, kurių medžiagiškumo sąryšių paieškai naudojama skirtinga paieškos algoritmo punktų seka.

3.1. Pirmasis pavyzdys – 2.6 statybinės kalkės

3.1.1. Pradiniai duomenys

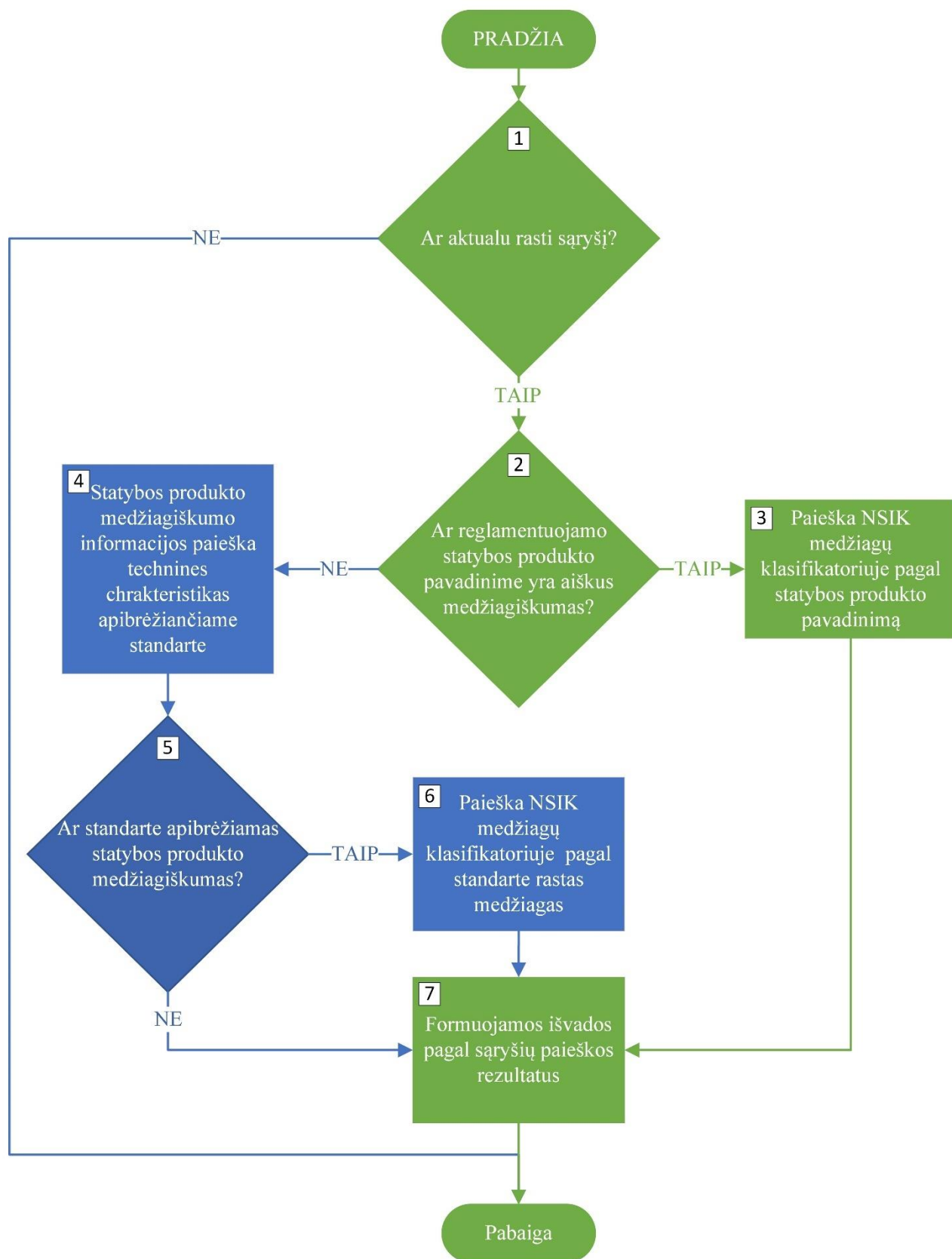
Tyrimui galimo sąryšio paieškai pasirenkamas reglamentuojamas statybos produktas iš 2 skyriaus, kuriame yra nurodytos rišamosios medžiagos. Pasirenkama medžiaga „2.6 Statybinės kalkės“. Reglamentuojamo produkto techninių specifikacijų žymuo, bandymo metodai ir kita informacija pateikiama **1 lentelė**. Reglamentuojamųjų statybos produktų sąrašo „2.6 Statybinės kalkės“ duomenys Šis statybos produktas pasirenkamas, nes iš pavadinimo galima nustatyti aiškų medžiagiškumą.

1 lentelė. Reglamentuojamųjų statybos produktų sąrašo „2.6 Statybinės kalkės“ duomenys [47]

Eil. Nr.	Statybos produkto aprašymas	Statybos produkto techninės specifikacijos žymuo	Esminė (-ės) charakteristika (-os) pagal naudojimo paskirtį	Bandymo metodą reglamentuojančio standarto ar kito dokumento žymuo	Ekspluatacinių savybių pastovumo vertinimo ir tikrinimo sistema
1	2	3	4	5	6
2.	Rišamosios medžiagos				
2.6	Statybinės kalkės	LST EN 459-1:2010 (D)	Esminė (-ės) charakteristika (-os) nurodyta (-os) standarte pagal naudojimo paskirtį	LST EN 459-2	2+

3.1.2. Sąryšio paieška vadovaujantis algoritmu

Kadangi iš pavadinimo „2.6 Statybinės kalkės“ yra aiškus šio statybos produkto medžiagiškumas, pasirenkamas paieškos algoritmo variantas, kuomet paieška vykdoma NSIK medžiagų klasifikatoriuje pagal reglamentuojamo statybos produkto pavadinimą. Paieška vykdoma vadovaujantis algoritmo punktais 1, 2, 3 ir 7. Sąryšio paieškos algoritmas vaizduojamas **14 pav.** Sąryšių paieškos algoritmas „2.6 Statybinės kalkės“



14 pav. Sąryšių paieškos algoritmas „2.6 Statybinės kalkės“ analizei

Atitikmenų paieška vykdoma tik NSIK medžiagų klasifikatoriuje <P> Statybinės medžiagos pagal statybos produkto medžiagos pavadinimą ar jo fragmentą, siekiant įtraukti ir paieškos rezultatus, kuriuose produkto medžiagos pavadinimas naudojamas įvairiomis gramatinėmis formomis.

Find and Replace

Find Replace

Find what: kalk No Format Set Format...

Within: Sheet Match case

Search: By Rows Match entire cell contents

Look in: Formulas Options <<

Find All Find Next Close

Book	Sheet	Name	Cell	Value
NSIK - RSPS sąryšiai.xlsx	<P>		\$C\$21	Kalkės
NSIK - RSPS sąryšiai.xlsx	<P>		\$E\$21	Karbonatinių žaliavų degimo ir tolesnio perdirbimo produktas, turintis daug kalcio oksido arba kalcio hidroksido, naudojamas kaip statybinės kalkės
NSIK - RSPS sąryšiai.xlsx	<P>		\$C\$35	Sausas statybinis mišinys kalkingo rišiklio pagrindu
NSIK - RSPS sąryšiai.xlsx	<P>		\$E\$35	Dozuotas įvairių sausų komponentų mišinys, kurio pagrindinę rišamąją medžiagą sudaro kalkės
NSIK - RSPS sąryšiai.xlsx	<P>		\$C\$41	Statybinis mišinys kalkingo rišiklio pagrindu
NSIK - RSPS sąryšiai.xlsx	<P>		\$E\$41	Paruoštas įvairių komponentų su smulkių frakcijų užpildais skystas mišinys, kurio pagrindinę rišamąją medžiagą sudaro kalkės

15 pav. Paieškos rezultatai pagal raktažodį „kalk“

3.1.3. Paieškos rezultatai NSIK medžiagų klasifikatoriuje

Atlikus paiešką pagal raktažodį „kalkės“ buvo rasti 4 rezultatai ir tuo pačiu pastebėta, kad paieškos rezultatų eilutėse vartojamos įvairios žodžio „kalkės“ formos, pavyzdžiui, „kalkingo“. Todėl atitikmenų paieška buvo atlikta antrą kartą panaikinant žodžio galūnę ir paieškoje paliekant tik šaknį „kalk“. Atliekant paiešką pagal raktažodžio šaknį, rasti 6 rezultatai. Paieškos langas pavaizduotas **15 pav.** Paieškos rezultatai pagal raktažodį „kalk“:

1. Klasės A „žaliava natūralių uolienu pagrindu“ antrajame lygyje AP rastas atitikmuo stulpelyje „terminas“ – kalkės. Tai tiesioginis sąryšis, randamas medžiagos pavadinime.
2. Klasės A „žaliava natūralių uolienu pagrindu“ antrajame lygyje AP rastas atitikmuo stulpelyje „apibrėžimas“ – „karbonatinių žaliavų degimo ir tolesnio perdirbimo produktas, turintis daug kalcio oksido arba kalcio hidroksido, naudojamas kaip statybinės kalkės“ [46]. Apibrėžime rastas patikslinimas visiškai sutampa su reglamentuojamo statybos produkto pavadinimu – statybinės kalkės.
3. Klasės C „rišamoji“ medžiaga antrajame lygyje CC stulpelyje „terminas“ rastas kalkių raktažodžio paminėjimas – „sausas statybinis mišinys kalkingo rišiklio pagrindu“. Iš medžiagos pavadinimo galima daryti išvadą, jog kalbama apie kompozitinę medžiagą, kurios pagrindą sudaro kalkės.
4. Klasės C „rišamoji“ medžiaga antrajame lygyje CC stulpelyje „apibrėžimas“ rastas kalkių raktažodžio paminėjimas – „dozuotas įvairių sausų komponentų mišinys, kurio pagrindinę rišamąją medžiagą sudaro kalkės“. Apibrėžimas patikslina, kad tai yra medžiagų mišinys, kurio pagrindinę rišamąją medžiagą sudaro kalkės. Iš šio aprašymo galima daryti išvadą, jog kalkės nėra pagrindinė medžiaga pagal tūrį, tačiau atlieka rišiklio funkciją, kuri yra esminė pagal NISK klasifikaciją šiai medžiagai.
5. Klasės C „rišamoji“ medžiaga antrajame lygyje CJ stulpelyje „terminas“ rastas kalkių raktažodžio paminėjimas – „statybinis mišinys kalkingo rišiklio pagrindu“. Iš medžiagos pavadinimo galima daryti išvadą, jog kalbama apie naudojimui paruoštą kompozitinę medžiagą, kurios pagrindą sudaro kalkės.
6. Klasės C „rišamoji“ medžiaga antrajame lygyje CJ stulpelyje „apibrėžimas“ rastas kalkių raktažodžio paminėjimas – „paruoštas įvairių komponentų su smulkių frakcijų užpildais skystas mišinys, kurio pagrindinę rišamąją medžiagą sudaro kalkės“. Apibrėžimas patikslina, kad tai yra

medžiagų mišinys, kurio pagrindinę rišamąją medžiagą sudaro kalkės. Iš šio aprašymo galima daryti išvadą, jog kalkės nėra pagrindinė medžiaga pagal tūrį, tačiau atlieka rišiklio funkciją, kuri yra esminė pagal NISK klasifikaciją šiai medžiagai.

3.1.4. Paieškos išvados

Gauti paieškos rezultatai pagal šaknį „kalkė“ indikuoja atitikimą, remiantis 1 ir 2 paieškos rezultatais. Tiesioginis sąryšis rastas tarp reglamentuojamojo statybos produkto „2.6 Statybinės kalkės“ ir NSIK <P> Statybinės medžiagos A klasės „žaliava natūralių uolienų pagrindu“ 2 lygio kodu AP (klasės kodas). Šios eilutės terminas yra „kalkės“, o terminą apibūdinančiame apibrėžime yra patikslinama į „statybinės kalkės“. Taigi, rastas tiesioginis ir aiškus medžiagiškumo ryšys tarp statybos produkto ir NSIK medžiagos. Gautas rezultatas 1:1 (1 statybos produktas atitinka sąryšį su 1 NSIK klasifikuojama medžiaga).

3.2. Antrasis pavyzdys – 18.54 Buitinės vonios

3.2.1. Pradiniai duomenys

Antrajai sąryšio paieškai pasirenkamas statybos produktas – buitinės vonios. Reglamentuojamo produkto techninių specifikacijų žymuo, bandymo metodai ir kita informacija pateikiama **2 lentelė**. Reglamentuojamųjų statybos produktų sąrašo „18.54 buitinės vonios“ duomenys. Šis statybos produktas pasirenkamas, nes iš pavadinimo negalima galima nustatyti aiškaus medžiagiškumo, todėl vykdoma sekanti sąryšių galimybių paieška analizuojant statybos produkto technines specifikacijas apibūdinančių standartų LST EN14516:2006+A1:2010 Buitinės vonios.

Pastaba: atlikus standarto paiešką tiek eLABa platformoje, tiek Lietuvos standartizacijos departamento puslapyje, reglamentuojamųjų statybos produktų sąrašė nurodytas standartas LST EN14516:2006+A1:2010 nebuvo rastas. Todėl analizė atlikta naudojant naujesnės laidos standartą LST EN 14516:2015+A1:2019.

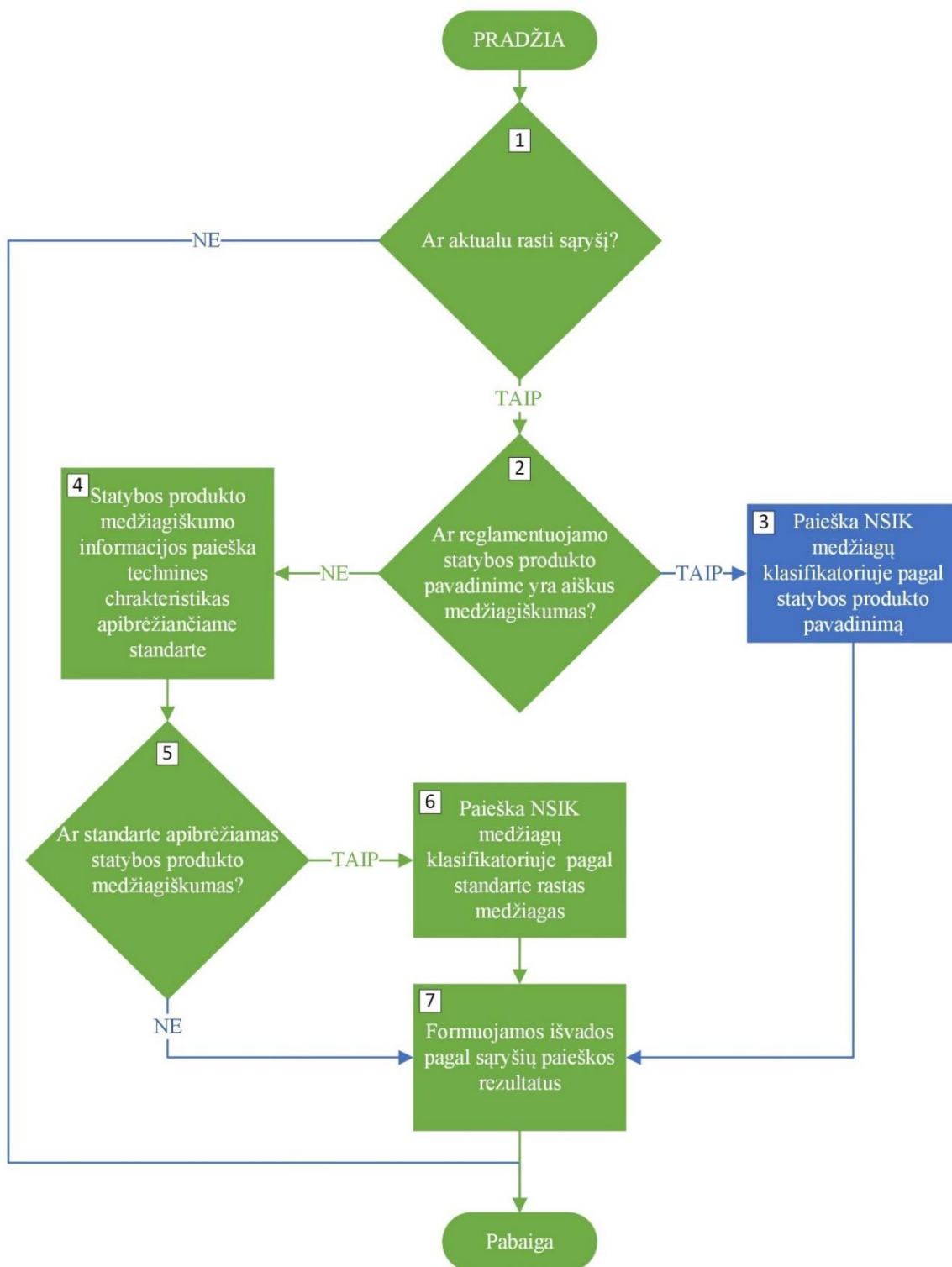
2 lentelė. Reglamentuojamųjų statybos produktų sąrašo „18.54 buitinės vonios“ duomenys [47]

Eil. Nr.	Statybos produkto aprašymas	Statybos produkto techninės specifikacijos žymuo	Esminė (-ės) charakteristika (-os) pagal naudojimo paskirtį	Bandymo metodą reglamentuojančio standarto ar kito dokumento žymuo	Ekspluatacinių savybių pastovumo vertinimo ir tikrinimo sistema
1	2	3	4	5	6
18.	Vandentiekio, šildymo ir vėdinimo įrenginiai				
18.54	Buitinės vonios	LST EN 14516:2006+A1:2010 (D)	Esminė (-ės) charakteristika (-os) nurodyta (-os) standarte pagal naudojimo paskirtį	LST EN 14516	4

Standartas LST EN 14516:2015+A1:2019 Buitinės vonios yra parašytas anglų kalba. Todėl medžiagiškumo paieškai pirmiausia vykdoma paieška, naudojant raktažodį „material“.

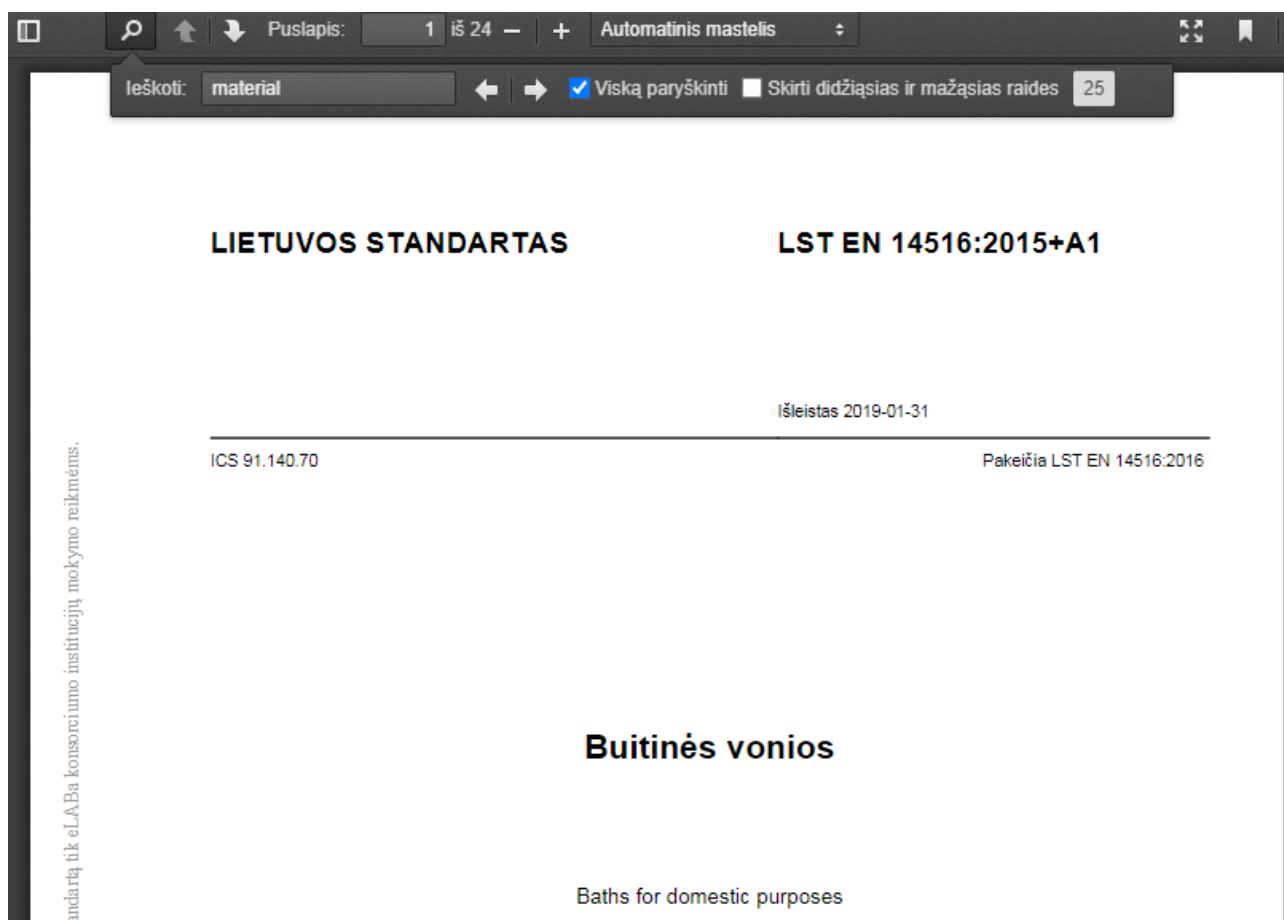
3.2.2. Sąryšio paieška vadovaujantis algoritmu

Kadangi iš pavadinimo „18.54 buitinės vonios“ šio statybos produkto medžiagiškumas nėra aiškus, pasirenkamas paieškos algoritmo variantas, kuomet pirmiausia nagrinėjamas esmines charakteristikas apibūdinantis standartas „LST EN 14516:2015+A1:2019 Buitinės vonios“. Pagal standarto analizės rezultatus vykdoma tolimesnė sąryšių paieška NSIK klasifikuojamų medžiagų ontologijoje. Paieška vykdoma vadovaujantis algoritmo punktais 1, 2, 4, 5, 6 ir 7. Sąryšio paieškos algoritmas vaizduojamas **16 pav.** Sąryšių paieškos algoritmas „18.54 buitinės vonios“.



16 pav. Sąryšių paieškos algoritmas „18.54 buitinės vonios“ analizei

3.2.3. Medžiagiškumo paieška standarte



17 pav. Medžiagų paieškos rezultatai standarte LST EN 14516:2015+A1:2019 buitinės vonios [48]

Atlikus paiešką pagal raktažodį „*material*“ standarte LST EN 14516:2015+A1:2019 buvo rasti 25 rezultatai (žr. **17 pav.** Medžiagų paieškos rezultatai standarte LST EN 14516:2015+A1:2019 buitinės vonios). Peržiūrėjus kiekvieną rastą rezultatą ir atmetus bendrai minimą medžiagiškumą, rastos dvi standarto sritys, suteikiančios informacijos apie buitinių vonių medžiagiškumą:

1. Pirmoji atitiktis su punktu „6.3.2 Materials“. Šiame skyrelyje yra aprašomas buitinių vonių medžiagiškumas – „Patirtis parodė, kad vonios, pagamintos iš plastikų, emaliuoto plieno, emaliuoto ketaus, nerūdijančiojo plieno, glazūruotos keramikos ar stiklo, ir jų paviršiai, skirti liestis su vandeniu, pasižymi 6.3.1 punkte aprašytomis savybėmis“ [48].
2. Antroji rasta atitiktis su priedu A – medžiagos. Šiame priede nurodoma, kad vonių medžiagos yra sintetinės, pagamintos iš plastikų (sintetiniai polimerai, polimerų lydiniai arba polimerų kompozitai su užpildu ir arba plaušu), keraminės medžiagos (stikliškasis porcelianas – *angl. vitreous china*, molis, kalcinuotas molis), emaliuotos medžiagos (emaliuotas ketus, emaliuotas plienas, nerūdijantys plienai 1.4510, 1.4520, 1.4301, 1.4401, 1.4521 pagal standartą EN 10088-2) [48].

Atlikus raktažodžio „*material*“ paiešką standarte, gauta 3 pagrindinės medžiagos ir 10 medžiagų porūšių, kurie gali turėti sąsajų su NSIK klasifikuojamomis medžiagomis. Sąryšio paieškoms analizuoti pasirenkamos 3 pagrindinės (polimeras, keramika ir emalis) ir 3 detalizuotos medžiagos (plastikas, ketus, plienas), kadangi kiti porūšiai tik detalizuoja tos pačios medžiagos atmainas (pvz.,

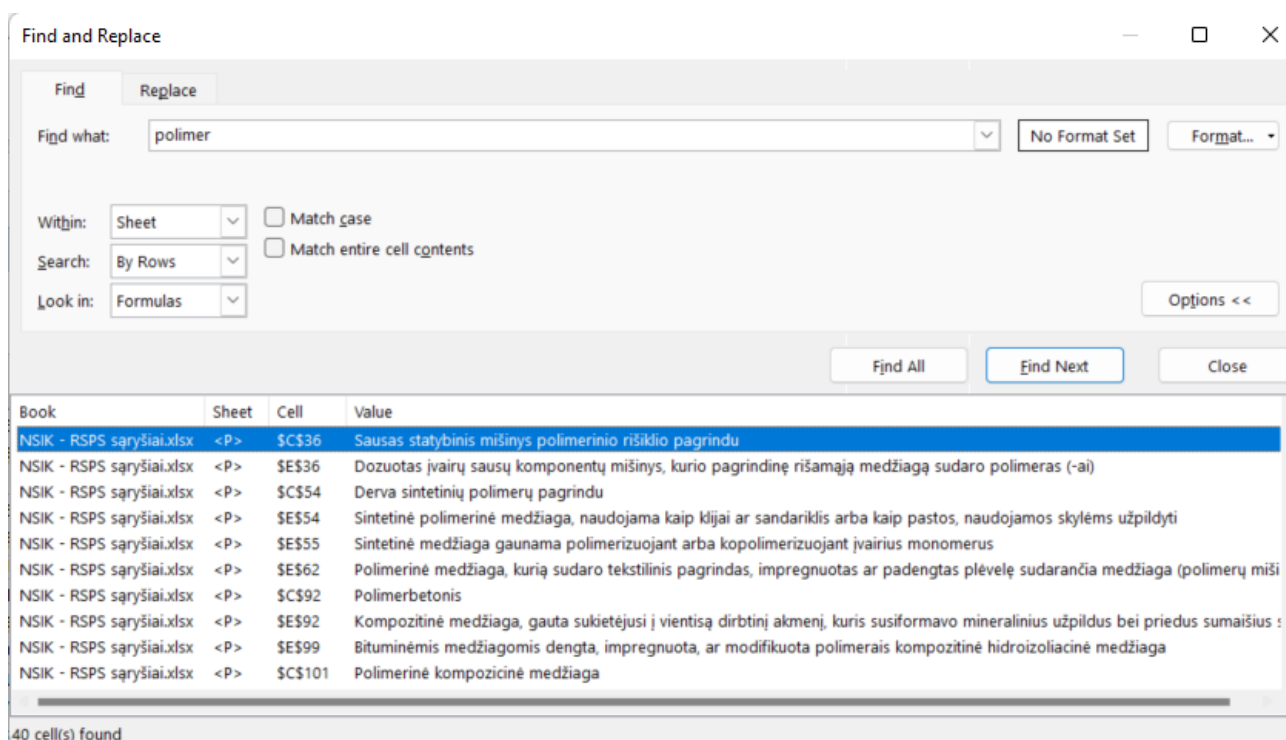
nerūdijantys plienai 1.4510, 1.4520, 1.4301, 1.4401, 1.4521 pagal standartą EN 10088-2, taip pat į šį terminą patenka ir nerūdijantis plienas) [48]. Detalizuotos medžiagos pasirenkamos vadovaujantis autoriaus žiniomis.

Toliau atliekama pagrindinių paminėtų medžiagų atitikimo su NSIK medžiagų klasifikatoriumi paieška.

3.2.4. Paieškos rezultatai NSIK medžiagų klasifikatoriuje

Atitikčių paieška vykdoma keliais etapais - su kiekviena standarte rasta ir tolimesnei paieškai vykdyti numatyta medžiaga.

3.2.5. Paieškos rezultatai – „polimeras“



18 pav. Paieškos rezultatai pagal raktažodį „polimer“

Atlikus paiešką pagal raktažodį „polimer“ buvo rasta 40 rezultatų. Paieškos langas vaizduojamas 18 pav. Paieškos rezultatai pagal raktažodį „polimer“:

1. Atrasti tinkami sąryšiai pagal paieškos kriterijus:

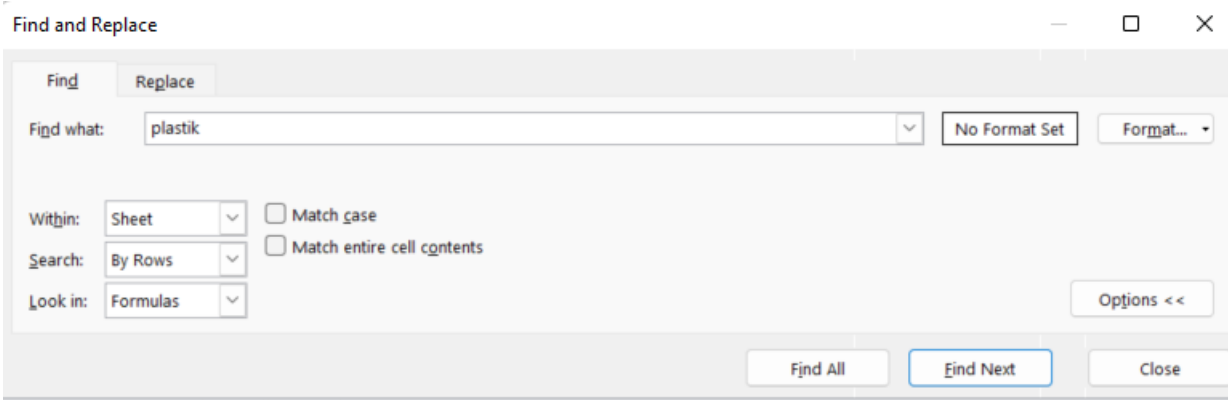
- 1.1. G – kompozitinė medžiaga – klasės kodas GX – polimerinė kompozitinė medžiaga;
- 1.2. G – kompozitinė medžiaga – klasės kodas GX – apibrėžimas – „kompozitinė medžiaga turinti savo sudėtyje polimerų ir pagaminta iš rišamosios medžiagos (matricos) ir joje pasiskirsčiusio armuojančio pluoštinio ar dispersinio užpildo“ [46]. Šis paieškos rezultatas tinkamas, atsižvelgiant į standarto sintetinių medžiagų aprašymą ir polimerinių medžiagų detalizavimą;
- 1.3. K – polimerinė medžiaga – sąryšis su 1 lygio klasės kodu;
- 1.4. K – polimerinė medžiaga – sąryšis su 1 lygio klasės kodo apibrėžimu – „pagrindinė medžiaga naudojama pagaminti polimerinius produktus“ [46];

2. Atrasti netinkami sąryšiai pagal paieškos kriterijus bei rastų klasifikuojamų medžiagų tinkamumą atsižvelgiant į nagrinėjamą statybos produktą:

- 2.1. C – rišamoji medžiaga – CD – terminas – sausas statybinis mišinys polimerinio rišiklio pagrindu;
- 2.2. C – rišamoji medžiaga – CD – apibrėžimas – „dozuotas įvairių sausų komponentų mišinys, kurio pagrindinę rišamąją medžiagą sudaro polimeras (-ai)“ [46];
- 2.3. D – sintetinė medžiaga – DG – terminas – derva sintetinių polimerų pagrindu;
- 2.4. D – sintetinė medžiaga – DG – apibrėžimas – sintetinė polimerinė medžiaga, naudojama kaip klėjai ar sandariklis arba kaip pastos, naudojamos skylėms užpildyti;
- 2.5. D – sintetinė medžiaga – DH – apibrėžimas – „sintetinė medžiaga gaunama polimerizuojant arba kopolimerizuojant įvairius monomerus“ [46];
- 2.6. E – odos produkcijos medžiaga – EB – dirbtinė oda – apibrėžimas „polimerinė medžiaga, kurią sudaro tekstilinis pagrindas, impregnuotas ar padengtas plėvelę sudarančia medžiaga (polimerų mišiniais su reikalingais priedais)“ [46];
- 2.7. G – kompozitinė medžiaga – GL – polimerbetonis;
- 2.8. G – kompozitinė medžiaga – GL – polimerbetonis – apibrėžimas „kompozitinė medžiaga, gauta sukietėjusi į vientisą dirbtinį akmenį, kuris susiformavo mineralinius užpildus bei priedus sumaišius su reaktyviomis polimerinėmis organinėmis rišamosiomis medžiagomis“ [46];
- 2.9. G – kompozitinė medžiaga – GV – kompozicinė medžiaga bitumo pagrindu – apibrėžimas – „Bituminėmis medžiagomis dengta, impregnuota, ar modifikuota polimerais kompozitinė hidroizoliacinė medžiaga“ [46];
- 2.10. H – organinė medžiaga – HR – natūralus aliejus – apibrėžimas – „organinė medžiaga gaunama iš augalų sėklų ir vaisių riebalų, gebančių ore sudaryti polimerinę plėvelę ir naudojamų dažų gamyboje“ [46];
- 2.11. J – nano kompozitinė medžiaga – polimerinės matricos kompozitas (PMC)
- 2.12. J – nano kompozitinė medžiaga – polimerinės matricos kompozitas (PMC) – apibrėžimas – „kompozitinė medžiaga sudaryta iš įvairių trumpų arba ištisinių nano pluoštų, sujungtų organinių polimerų matricoje“ [46];
- 2.13. K – polimerinė medžiaga – KA polietilenas – apibrėžimas – „polimerinė medžiaga, kurią sudaro eteno termoplastinis polimeras, gaminamas įvairiuose slėgiuose polimerizacijos būdu“ [46];
- 2.14. K – polimerinė medžiaga – KB polipropilenas – apibrėžimas – „polimerinė medžiaga, kuri susidaro vykstant propileno katijoninei arba koordinacinei polimerizacijai ir turinti visas termoplastikams būdingas savybes“ [46];
- 2.15. K – polimerinė medžiaga – KC polistiernas – apibrėžimas – „polimerinė medžiaga, kurią sudaro makromolekulės linijinės struktūros stirenų termoplastinis polimeras“ [46];
- 2.16. K – polimerinė medžiaga – KD polivinilchloridas – apibrėžimas – „termoplastinė medžiaga, kuri gaunama polimerizuojant vinilchlorido monomerą“ [46];
- 2.17. K – polimerinė medžiaga – KE poliizobutilenas – apibrėžimas – „polimerinė medžiaga gaunama polimerizuojant izobuteną“ [46];
- 2.18. K – polimerinė medžiaga – KF polibutenas – apibrėžimas – „polimerinė medžiaga, kurią sudaro organinis polimeras, pagamintas iš 1 – buteno, 2 – buteno ir izobutileno mišinio“ [46];

- 2.19. K – polimerinė medžiaga – KG polivinilo acetatas – apibrėžimas – „termoplastinė medžiaga, kuri gaunama polimerizuojant vinilo acetato monomerą“ [46];
- 2.20. K – polimerinė medžiaga – KH fluoro polimeras;
- 2.21. K – polimerinė medžiaga – KH fluoro polimeras – apibrėžimas – „polimerinė medžiaga, kurią sudaro fluoro anglies pagrindu pagaminti polimerai su daugybe anglies ir fluoro jungčių“ [46];
- 2.22. K – polimerinė medžiaga – KJ poliakrilatas, polimetilmetakrilatas ir polimetakrilatas – apibrėžimas – „polimerinė medžiaga, kurią sudaro polimeras ar kopolimeras, kurio mažiausiai viena funkcinė grupė yra akrilo rūgšties (arba jos esterių) darinys“ [46];
- 2.23. K – polimerinė medžiaga – KL poliamidas – apibrėžimas – „polimerinė medžiaga, kurią sudaro sintetinis heterograndis polimeras, kurio kiekvienoje makromolekulės grandyje yra amidinė grupė“ [46];
- 2.24. K – polimerinė medžiaga – KM celiuliozės acetatas – apibrėžimas – „polimerinė medžiaga, kurią sudaro celiuliozės acto rūgšties esteris“ [46];
- 2.25. K – polimerinė medžiaga – KN nesotusis poliesteris – apibrėžimas – „polimerinė medžiaga suformuojanti heterograndinius polimerus, kurių pagrindinėje grandinėje yra periodiškai pasikartojančių –COO grupių ir kurie homopolimerizuojasi, kopolimerizuojasi su vinilo monomerais ir oligomerais“ [46];
- 2.26. K – polimerinė medžiaga – KP poliizocianatas – apibrėžimas – „polimerinė medžiaga, turinti dvi ar daugiau izocianato grupių molekulėje“ [46];
- 2.27. K – polimerinė medžiaga – KR silikoninis polimeras;
- 2.28. K – polimerinė medžiaga – KR poliizocianatas – apibrėžimas – „polimerinė medžiaga, kurią sudaro polimerizuoti siloksanai, medžiagos, kurių molekulės susideda iš grandinių, pagamintų iš jose kintančių silicio ir deguonies atomų“ [46];
- 2.29. K – polimerinė medžiaga – KS epoksidinė derva – apibrėžimas – „polimerinė medžiaga, turinti oligomerą, kurio molekulė prasideda ir baigiasi epoksigrupe, t. y. trinarium žiedu, sudarytu iš deguonies atomo ir 2 anglies atomų“ [46];
- 2.30. K – polimerinė medžiaga – KT polimerinė plėvelė;
- 2.31. K – polimerinė medžiaga – KT polimerinė plėvelė – apibrėžimas – „polimerinė medžiaga, kuri gaunama iš polimero lydalo arba termoplastinės kompozicijos ekstruzijos būdu“ [46];
- 2.32. K – polimerinė medžiaga – KV porėta guma – apibrėžimas – „polimerinė medžiaga gaminama gumos, kurioje gausu įvairaus smulkumo porų, pagrindu“ [46];
- 2.33. K – polimerinė medžiaga – KZ dujomis užpildytas polimeras;
- 2.34. K – polimerinė medžiaga – KZ dujomis užpildytas polimeras – apibrėžimas – „polimerinė medžiaga porizuota dujinėmis medžiagomis ir išlaikanti akytą struktūrą“ [46];
- 2.35. K – polimerinė medžiaga – KX sintetinis pluoštas ir polimerinė fibra;
- 2.36. K – polimerinė medžiaga – KX sintetinis pluoštas ir polimerinė fibra polimeras – apibrėžimas – „pluoštinė polimerinė medžiaga, gaminama ne vien tik iš sintetinių polimerų, bet ir sintetinius pluoštus maišant su natūraliais pluoštais“ [46];

3.2.6. Paieškos rezultatai – „plastikas“



Book	Sheet	Cell	Value
NSIK - RSPS sąryšiai.xlsx	<P>	\$C\$25	Perdirbta plastikų medžiaga
NSIK - RSPS sąryšiai.xlsx	<P>	\$E\$25	Plastikų medžiaga iš pakartotinai naudotų ar perdirbtų produktų, kurie nėra atliekos ir prieš tai jau buvo sumontuoti ...
NSIK - RSPS sąryšiai.xlsx	<P>	\$E\$80	Pagaminti pluoštai, susidedantys iš metalo, metalo lydinių, plastiku padengto metalo, metalu padengto plastiko arba...
NSIK - RSPS sąryšiai.xlsx	<P>	\$E\$129	Polimerinė medžiaga, kuri susidaro vykstant propileno katijoninei arba koordinacinei polimerizacijai ir turinti visas ter...

19 pav. Paieškos rezultatai pagal raktažodį „plastik“

Atlikus paiešką pagal raktažodį „*plastik*“ buvo rasti 4 rezultatai. Paieškos langas pavaizduotas 19 pav. Paieškos rezultatai pagal raktažodį „*plastik*“.

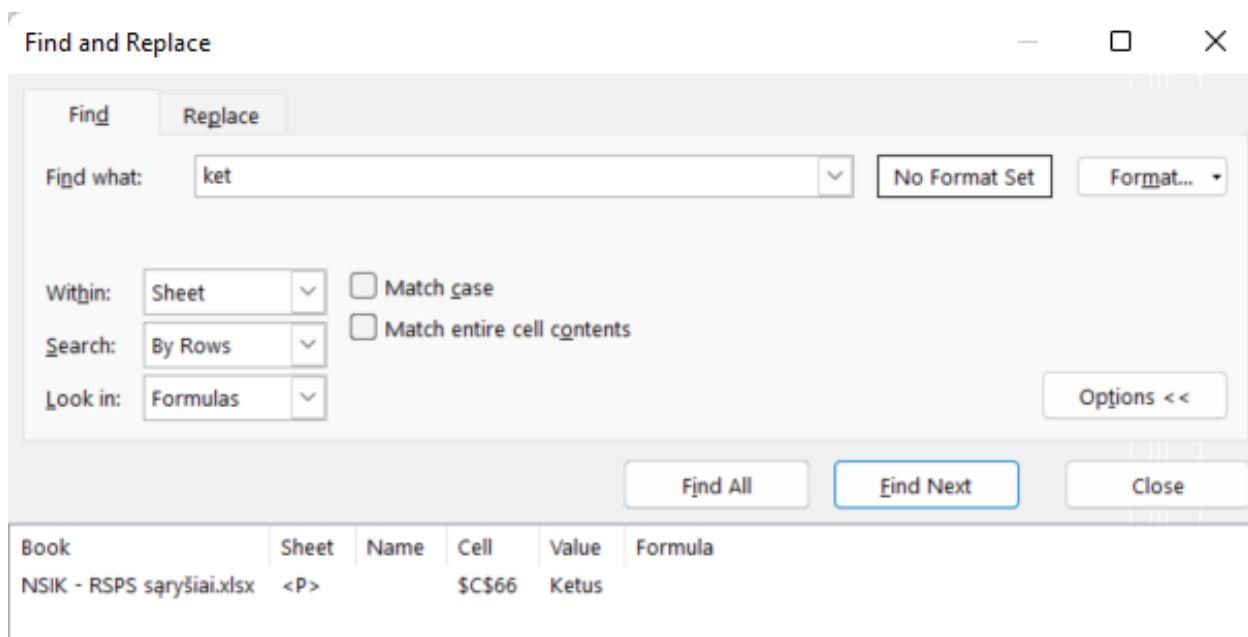
Tinkami sąryšiai:

1. Klasės B „pakartotinai naudojamų arba perdirbtų produktų medžiaga“ antrame lygyje BA terminas „perdirbta plastikų medžiaga“. Rastas atitikimas su paieškos raktažodžiu. Medžiagiškumo sąryšis galimas.
2. Klasės B „pakartotinai naudojamų arba perdirbtų produktų medžiaga“ antrame lygyje BA apibrėžimas „plastikų medžiaga iš pakartotinai naudotų ar perdirbtų produktų, kurie nėra atliekos ir prieš tai jau buvo sumontuoti statinyje“ [46]. Apibrėžimas papildo pirmojo paieškos rezultato duomenis. Medžiagiškumo sąryšis galimas.

Netinkami sąryšiai:

3. Klasės F „metalų ir jų lydinių produkcijos medžiaga“ antrojo lygio FT metalinė fibra apibrėžimas „pagaminti pluoštai, susidedantys iš metalo, metalo lydinių, plastiku padengto metalo, metalu padengto plastiko arba bet kokios šerdies, visiškai padengtos metalu“ [46]. Nors paieškos raktažodžio atitikmuo rastas, tačiau šis rezultatas atmetamas, kaip negalima sietis medžiagiškumo atžvilgiu tarp NSIK ir reglamentuojamo statybos produkto – buitinės vonios.
4. Klasės K „polimerinė medžiaga“ antrojo lygio KB polipropilenas apibrėžimas „polimerinė medžiaga, kuri susidaro vykstant propileno katijoninei arba koordinacinei polimerizacijai ir turinti visas termoplastikams būdingas savybes“ [46]. Nors paieškos raktažodžio atitikmuo rastas, tačiau šis rezultatas atmetamas, kaip netinkama sietis medžiagiškumo atžvilgiu tarp NSIK ir reglamentuojamo statybos produkto – buitinės vonios.

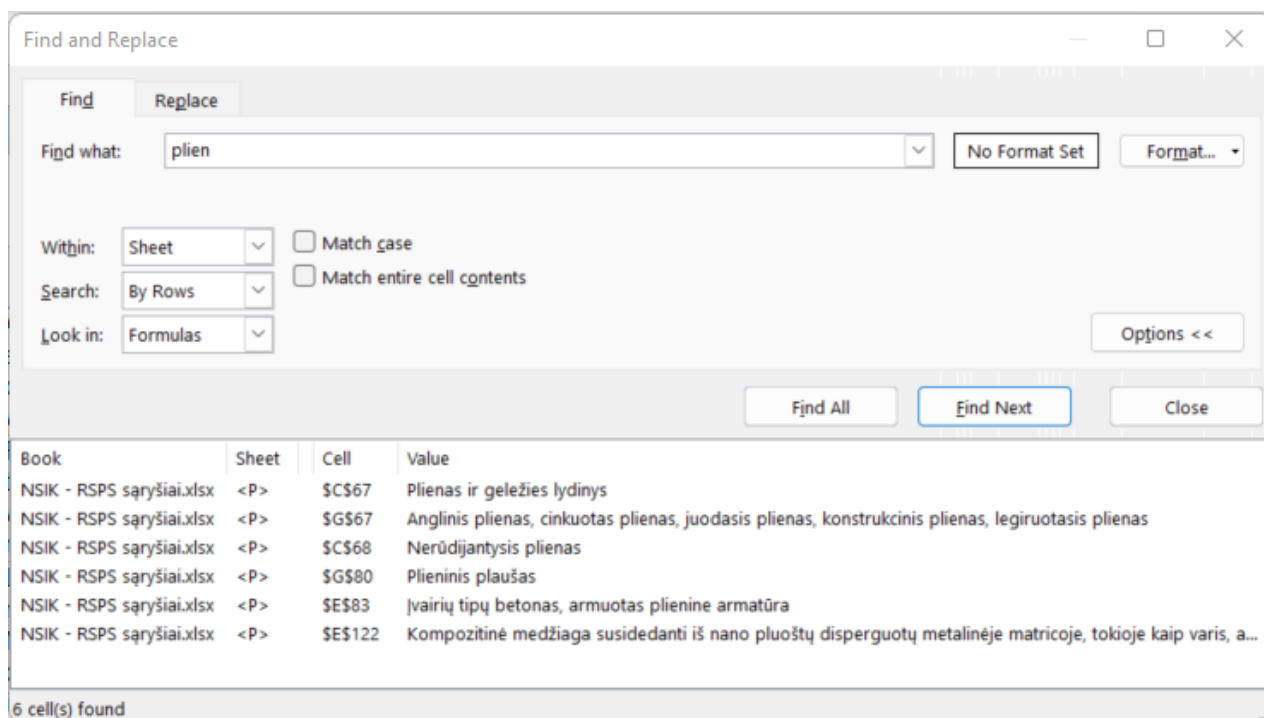
3.2.7. Paieškos rezultatai – „ketus“



20 pav. Paieškos rezultatai pagal raktažodį „ket“

Atlikus paiešką pagal raktažodį „ket“ (ketus) buvo rastas 1 rezultatas. Paieškos langas vaizduojamas 20 pav. Paieškos rezultatai pagal raktažodį „ket“. Rastas sąryšis su F klasės (metalų ir jų lydinių produkcijos medžiaga) FA klasės kodu – ketus atitinka paieškos kriterijus.

3.2.8. Paieškos rezultatai – „plienas“



21 pav. Paieškos rezultatai pagal raktažodį „plien“

Atlikus paiešką pagal raktažodį „plien“ buvo rasti 6 rezultatai. Paieškos langas vaizduojamas 21 pav. Paieškos rezultatai pagal raktažodį „plien“:

1. Atrasti 3 tinkami sąryšiai pagal paieškos kriterijus:
 - 1.1. F – metalų ir jų lydinių produkcijos medžiaga – FB plienas ir geležies lydinys [46];
 - 1.2. F – metalų ir jų lydinių produkcijos medžiaga – FB plienas ir geležies lydinys. Sąryšis per klasės kodo sinonimus – „Anglinis plienas, cinkuotas plienas, juodasis plienas, konstrukcinis plienas, legiruotasis plienas“ [46];
 - 1.3. F – metalų ir jų lydinių produkcijos medžiaga – FD nerūdijantysis plienas [46];
2. Atrasti 3 netinkami sąryšiai pagal paieškos kriterijus:
 - 2.1. F – metalų ir jų lydinių produkcijos medžiaga – FT metalinė fibra. Sąryšis per klasės kodo sinonimus – „plieninis plaušas“ [46];
 - 2.2. G – kompozitinė medžiaga – GB gelžbetonis – apibrėžimas – „įvairių tipų betonas, armuotas plienine armatūra“ [46];
 - 2.3. J – nano kompozitinė medžiaga – JB metalo matricos kompozitas (MMC) – apibrėžimas – „kompozitinė medžiaga susidedanti iš nano pluoštų disperguotų metalinėje matricoje, tokioje kaip varis, aliuminis arba plienas“ [46];

3.3. Trečiasis pavyzdys – 8.1 langai (išskyrus atsparius ugniai ir sandarius dūmams) buitinės vonios

3.3.1. Pradiniai duomenys

Trečiajai sąryšio paieškai pasirenkamas statybos produktas – langai (išskyrus atsparius ugniai ir sandarius dūmams). Reglamentuojamo produkto techninių specifikacijų žymuo, bandymo metodai ir kita informacija pateikiama **3 lentelė**. Reglamentuojamųjų statybos produktų sąrašo „8.1 langai (išskyrus atsparius ugniai ir sandarius dūmams)“ duomenys [47].

Šis statybos produktas pasirenkamas, kadangi šiam statybos produktui medžiagiškumo parametras yra aktualus, taip pat iš pavadinimo negalima galima nustatyti aiškaus medžiagiškumo, o patirtis rodo, jog praktikoje pasitaiko įvairaus medžiagiškumo gaminių, pavyzdžiui medinių, plastikinių ir t. t.

Dėl neaiškaus medžiagiškumo pavadinime, vykdoma sekanti sąryšių galimybių paieška analizuojant statybos produkto technines specifikacijas apibūdinantį standartą „LST EN 14351-1:2006+A2:2016 Langai ir durys. Gaminio standartas, eksploatacinės charakteristikos. 1 dalis. Langai ir išorinių įeinamųjų durų sąrankos“ [49].

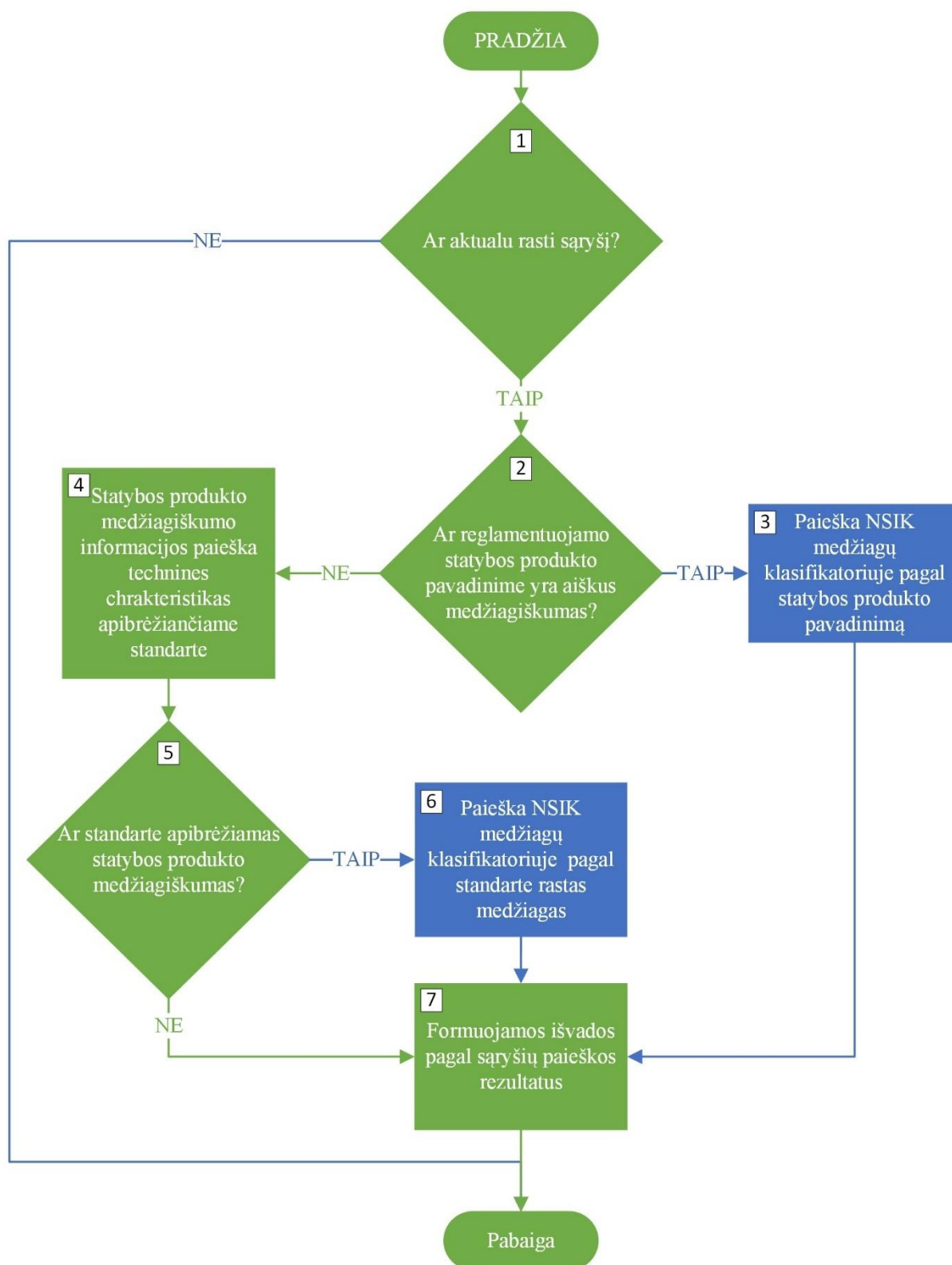
Standartas „LST EN 14351-1:2006+A2:2016 Langai ir durys. Gaminio standartas, eksploatacinės charakteristikos. 1 dalis. Langai ir išorinių įeinamųjų durų sąrankos“ [49] yra parašytas anglų kalba. Todėl medžiagiškumo paieškai pirmiausia vykdoma paieška, naudojant raktažodį „*material*“.

3 lentelė. Reglamentuojamųjų statybos produktų sąrašo „8.1 langai (išskyrus atsparius ugniai ir sandarius dūmams)“ duomenys [47]

Eil. Nr.	Statybos produkto aprašymas	Statybos produkto techninės specifikacijos žymuo	Esminė (-ės) charakteristika (-os) pagal naudojimo paskirtį	Bandymo metodą reglamentuojančio standarto ar kito dokumento žymuo	Ekspluatacinių savybių pastovumo vertinimo ir tikrinimo sistema
1	2	3	4	5	6
8.	Langai, durys ir kitos atitvaros				
8.1	Langai (išskyrus atsparius ugniai ir sandarius dūmams)1.11	LST EN 14351-1:2006+A2:2016 (D)	Esminė (-ės) charakteristika (-os) nurodyta (-os) standarte pagal naudojimo paskirtį	LST EN 14351-1	3

3.3.2. Sąryšio paieška vadovaujantis algoritmu

Kadangi iš pavadinimo „8.1 langai (išskyrus atsparius ugniai ir sandarius dūmams)“ šio statybos produkto medžiagiškumas nėra aiškus, pasirenkamas paieškos algoritmo variantas, kuomet pirmiausia nagrinėjamas esminės charakteristikas apibūdinantis standartas „LST EN 14351-1:2006+A2:2016 Langai ir durys. Gaminio standartas, eksploatacinės charakteristikos. 1 dalis. Langai ir išorinių įeinamųjų durų sąrankos“ [49]. O pagal standarto analizės rezultatus formuojama išvada. Paieška vykdoma vadovaujantis algoritmo punktais 1, 2, 4, 5 ir 7. Sąryšio paieškos algoritmas vaizduojamas **22 pav.** Sąryšių paieškos algoritmas „8.1 langai (išskyrus atsparius ugniai ir sandarius dūmams)“ analizei.



22 pav. Sąryšių paieškos algoritmas „8.1 langai (išskyrus atsparius ugniai ir sandarius dūmams)“ analizei

3.3.3. Medžiagiškumo paieška standarte

leškoti: material ← → Visą paryškinti Skirti didžiąsias ir mažąsias raides 41

LIETUVOS STANDARTAS **LST EN 14351-1:2006+A2**

2016 m. gruodis

ICS 91.060.50 Pakeičia LST EN 14351-1:2006+A1:2010

doti šį standartą tik eLABa konsorciūmo institucijų mokymo reikmėms.

**Langai ir durys. Gaminio standartas,
eksploatacinės charakteristikos. 1 dalis.
Langai ir išorinių įeinamųjų durų sąrankos**

Windows and doors - Product standard, performance characteristics -
Part 1: Windows and external pedestrian doorsets

23 pav. Medžiagų paieškos rezultatai standarte „LST EN 14351-1:2006+A2:2016 Langai ir durys. Gaminio standartas, eksploatacinės charakteristikos. 1 dalis. Langai ir išorinių įeinamųjų durų sąrankos“ [49]

Kadangi standartas yra anglų kalba, todėl paieška vykdoma raktažodžiu „*material*“. Atlikus paiešką standarte „LST EN 14351-1:2006+A2:2016 Langai ir durys. Gaminio standartas, eksploatacinės charakteristikos. 1 dalis. Langai ir išorinių įeinamųjų durų sąrankos“ [49] buvo rastas 41 rezultatas (žr. **23 pav.** Medžiagų paieškos rezultatai standarte „LST EN 14351-1:2006+A2:2016 Langai ir durys. Gaminio standartas, eksploatacinės charakteristikos. 1 dalis. Langai ir išorinių įeinamųjų durų sąrankos“ [49]).

Peržiūrėjus kiekvieną paieškos rezultatą konkretaus medžiagiškumo paminėjimo standarte nenustatyta. Papildomai standartas buvo perskaitytas nuosekliai, siekiant atrasti kitus galimus medžiagiškumo paminėjimus.

3.3.4. Paieškos išvados

Atlikus medžiagiškumo paiešką standarte, nebuvo aptikta konkretaus medžiagiškumo. Standartas apibrėžia langų, kaip gaminių charakteristikas. Keliose standarto vietose paminima, jog langai gali būti gaminami iš įvairių medžiagų ir svarbu, kad pasirinktos medžiagos atitiktų langams keliamus reikalavimus. Taip pat standarte akcentuojama, jog keičiant lango komponentų medžiagiškumą, gali keistis lango, kaip gaminio eksploataciniai parametrai [49].

3.4. Penktas pavyzdys – slėgio skirtumo sistemų komplektai

3.4.1. Pradiniai duomenys

Tyrimui galimo sąryšio paieškai pasirenkamas reglamentuojamas statybos produktas iš 26 skyriaus, kuriame yra nurodytos dūmų ir šilumos valdymo sistemų dalys. Pasirenkama medžiaga „26.4 Slėgio skirtumo sistemų komplektai“. Reglamentuojamo produkto techninių specifikacijų žymuo, bandymo metodai ir kita informacija pateikiama **4 lentelė**. Reglamentuojamųjų statybos produktų sąrašo „26.4 Slėgio skirtumo sistemų komplektai“ duomenys [47]. Šis statybos produktas pasirenkamas, kaip statybos produktas, kurio medžiagiškumui nustatyti nėra poreikio..

4 lentelė. Reglamentuojamųjų statybos produktų sąrašo „26.4 Slėgio skirtumo sistemų komplektai“ duomenys [47]

Eil. Nr.	Statybos produkto aprašymas	Statybos produkto techninės specifikacijos žymuo	Esminė (-ės) charakteristika (-os) pagal naudojimo paskirtį	Bandymo metodą reglamentuojančio standarto ar kito dokumento žymuo	Ekspluatacinių savybių pastovumo vertinimo ir tikrinimo sistema
1	2	3	4	5	6
2.	Dūmų ir šilumos valdymo sistemų dalys				
26.4	Slėgio skirtumo sistemų komplektai	LST EN 12101-6:2005 (D) LST EN 12101-6:2005 / AC:2006 (D)	Esminė (-ės) charakteristika (-os) nurodyta (-os) standarte pagal naudojimo paskirtį	LST EN 12101-6	1

3.5. Tolimesnė sąryšių paieška

Toliau atliekama sąryšių paieška atsitiktine tvarka parinktiems reglamentuojamiems statybos produktams. Iš viso sąryšio algoritmu buvo išanalizuoti 23 vnt. reglamentuojamųjų statybos produktų. Gauti rezultatai pateikiami 1 priede esančioje **5 lentelė**. Sąryšių paieškos algoritmo bandymo rezultatai

4. Algoritmo bandymo rezultatai ir diskusija

Be detaliai išanalizuotų pavyzdžių, buvo atliktas platesnis algoritmo bandymas su atsitiktine tvarka pasirinktais reglamentuojamais statybos produktais. Iš viso sąryšio algoritmu buvo išanalizuoti 23 vnt. reglamentuojamų statybos produktų. Gauti rezultatai pateikiami 1 priede esančioje **5 lentelė**. Sąryšių paieškos algoritmo bandymo rezultatai

Medžiagiškumo sąryšiai atrasti visose NSIK medžiagų klasifikatoriaus dalyse – terminuose, apibrėžimuose ir sinonimuose.

Buvo atvejų, kuomet rasti sąryšiai su tos pačios medžiagos terminu, apibrėžimu ir sinonimu (pvz., 12.1 keraminės plytelės).

Tačiau kita vertus aptiktas ir sąryšis tik per sinonimą (pvz., 3.2 Silicio oksido mikrodulkės betonui).

Tarp rezultatų galima aptarti ir „8.1 Langai (langai (išskyrus atsparius ugniai ir sandarius dūmams)“ atvejį. Nors visi esame pratę, kad lango rėmai būna iš įvairių medžiagų, pvz. mediniai, plastikiniai ir pagal tai skirstome šio produkto medžiagiškumą, tačiau atlikus paiešką vadovaujantis siūlomu algoritmu, nei reglamentuojamo statybos produkto pavadinime, nei esmines charakteristikas apibūdinančiame standarte, medžiagiškumas nėra minimas. Tačiau standarte akcentuojama, kad medžiagiškumo pakeitimas turi įtakos galutinio produkto (lango) eksploatacinėms savybėms. Todėl nors ir tyrime nėra rastas sąryšis, tačiau jį galima priskirti pagal paiešką atliekančio tyrėjo sukauptą patirtį ir žinias (pvz. HB – minkštųjų lapuočių ir spygliuočių mediena)

Atlikus sąryšių paieškos bandymus su įvairiais statybos, galima daryti išvadą, kad sąryšių suradimui įtakos turi NSIK klasifikatoriaus apibrėžimų ir sinonimų aprašymo detalumas ir platumas. Todėl norint praplėsti potencialių sąryšių galimybes, rekomenduotina papildyti NSIK statybinių medžiagų aprašymus. Taip pat didelę įtaką sudaro ir tyrėjo, atliekančio paiešką žinios apie medžiagas ir jų panaudojimo sritis, nes ne visi rasti sąryšiai per medžiagos pavadinimą yra tinkami ir jų validumą reikia vertinti. Pavyzdžiui „18.54 buitinės vonios“ ieškant sąryšio pagal šaknį „*plastik*“ rasta atitiktis su „FT - metalinė fibra“ apibrėžime minimu plastikumu, skirtu padengti metalą.

5. Išvados

1. Atlikus 41 mokslinio straipsnio analizę, buvo nustatyta, jog yra kelios metodikos sąryšių ir ontologijų suformavimui. Tačiau rastos metodikos yra skirtos specifiniam (siauram) segmentui, kai medžiagiškumas ir panaudojimo sritys yra panašios chemine sudėtimi ar atliekama funkcija. Medžiagos grupuojamos pagal įvairius kriterijus, tokius kaip standartai, fizinės ir cheminės savybės, panaudojimo sritis, apdorojimo būdai, galutiniai gaminiai arba gamintojų produktų duomenų bazės. Daugumoje mokslinių straipsnių akcentuojama, kad sąryšių sudarymui yra labai svarbus vartotojo patirties ir žinių aspektas.
2. Sąryšių suradimui tarp reglamentuojamų statybos produktų sąrašo ir NSIK klasifikuojamų medžiagų, sudaryta metodika atsižvelgiant į moksliniuose straipsniuose paminėtus trūkumus. Metodika sudaryta taip, kad ją būtų galima taikyti visiems reglamentuojamiems statybos produktams, nepriklausomai nuo jų fizinių, cheminių, mechaninių ar eksploatacinių savybių. Sąryšių paieška vykdoma keliais etapais, pirmiausia sprendžiama ar sąryšio paieška yra aktuali norimam statybos produktui. Antrame etape vertinama ar statybos produkto pavadinime minimas medžiagos pavadinimas. Jei medžiagiškumas aiškus, tuomet ieškoma atitikmenų NSIK klasifikatoriuje. Trečiasis etapas skirtas, jei iš pavadinimo negalima nustatyti medžiagiškumo. Tuomet analizuojamas statybos produkto esmines charakteristikas apibrėžiantis standartas bei jame ieškoma informacijos apie pagrindinę statybos produktą sudarančią medžiagą (-as).
3. Paruoštas universalus 7 žingsnių sąryšių paieškos algoritmas, taikytinas bet kokiam reglamentuojamam statybos produktui.
4. Algoritmas išbandytas su atsitiktiniu būdu pasirinktais reglamentuojamais statybos produktais. Išbandytų statybos produktų kiekis 23 vnt. Surasta 43 vnt. tinkamų sąryšių, iš jų 24 vnt. rasta terminu, 13 vnt. rasta apibrėžime ir 7 vnt. rasta sinonime. Iš gautų rezultatų galima daryti išvadą, kad sąryšiai rasti įvairiose NSIK <P> statybinės medžiagos ontologijos dalyse. Todėl siekiant praplėsti galimų sąryšių kiekį, rekomenduojama papildyti NSIK medžiagų ontologijos sritis, ypač sinonimus.

Literatūros sąrašas

1. Jungtinių tautų organizacija. *United Nations. Population*. Interaktyvus, 2023. Prieiga per: <<https://www.un.org/en/global-issues/population>> [žiūrėta 2023 03 20].
2. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. *Priemonių, Skirtų Viešojo Sektoriaus Statinių Gyvavimo Ciklo Procesų Efektyvumui Didinti, Taikant Statinio Informacinį Modeliavimą, Sukūrimas Nr. 10.1.1-ESFA-V-912-01-0029*. Interaktyvus. Prieiga per: <https://2014.esinvesticijos.lt/lt/paraiskos_ir_projektai/priemoniu-skirtu-viesojo-sektoriaus-statiniu-gyvavimo-ciklo-procesu-efektyvumui-didinti-taikant-statinio-informacini-modeliavima-sukurimas> [žiūrėta 2023 09 11].
3. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. *BIM-LT Projektas*. Interaktyvus. Prieiga per: <<https://statyba40.lt/titulinis/bim-lt-projektas/>> [žiūrėta 2023 09 27].
4. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. *Reglamentuojamų Statybos Produktų Sąrašas. TAR, 2022-01-24, Nr. 1031*. Interaktyvus-05-19, 2022. Prieiga per: <<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/9e5caa607ce911ec993ff5ca6e8ba60c/asr>> [žiūrėta 2023 09 18].
5. WALASEK, Dariusz; and BARSZCZ, Arkadiusz. Analysis of the Adoption Rate of Building Information Modeling [BIM] and its Return on Investment [ROI]. *Procedia Engineering* Interaktyvus, 2017, vol. 172. pp. 1227-1234. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817306501>>. ISSN 1877-7058. [žiūrėta 2023 04 08].
6. FORCAEL, E., et al. Construction 4.0: A Literature Review. *Sustainability (Switzerland)* Interaktyvus, 2020, vol. 12, no. 22. pp. 1-28. Prieiga per: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85096517663&doi=10.3390%2fsu12229755&partnerID=40&md5=d0b081ab0a095175fe4d9433bb327af6>> Scopus. ISSN 2071-1050(ISSN). [žiūrėta 2023 03 24].
7. NIKNAM, Mehrdad; and KARSHENAS, Saeed. A Shared Ontology Approach to Semantic Representation of BIM Data. *Automation in Construction* Interaktyvus, 2017, vol. 80. pp. 22-36. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580517302364>>. ISSN 0926-5805. [žiūrėta 2023 05 08].
8. BOUKAMP, Frank; and AKINCI, Burcu. Automated Processing of Construction Specifications to Support Inspection and Quality Control. *Automation in Construction* Interaktyvus, 2007, vol. 17, no. 1. pp. 90-106. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092658050700043X>>. ISSN 0926-5805. [žiūrėta 2023 05 08].
9. CHEN, LiJuan; and LUO, Hanbin. A BIM-Based Construction Quality Management Model and its Applications. *Automation in Construction* Interaktyvus, 2014, vol. 46. pp. 64-73. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580514001204>>. ISSN 0926-5805. [žiūrėta 2023 02 18].
10. MARSCHALLEK, Barbara E.; and JACOBSEN, Thomas. Classification of Material Substances: Introducing a Standards-Based Approach. *Materials & Design* Interaktyvus, 2020, vol. 193. pp. 108784. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026412752030318X>>. ISSN 0264-1275. [žiūrėta 2023 05 05].

11. SAPUAN, S. M.; and ABDALLA, H. S. A Prototype Knowledge-Based System for the Material Selection of Polymeric-Based Composites for Automotive Components. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* Interaktyvus, 1998, vol. 29, no. 7. pp. 731-742. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359835X98000499>>. ISSN 1359-835X. [žiūrėta 2023 03 27].
12. ZHU, Junxiang; WU, Pengand LEI, Xiang. IFC-Graph for Facilitating Building Information Access and Query. *Automation in Construction* Interaktyvus, 2023, vol. 148. pp. 104778. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580523000389>>. ISSN 0926-5805. [žiūrėta 2023 04 14].
13. ASHINO, Toshihiro; and FUJITA, Mitsutane. Fujita, M.: Definition of a Web Ontology for Design-Oriented Material Selection. *Data Science Journal* 5, 52-63. *Data Science Journal* Interaktyvus, 2006, vol. 5. pp. 52-63 [žiūrėta 2023 04 19].
14. COSTA, G.; and MADRAZO, L. Connecting Building Component Catalogues with BIM Models using Semantic Technologies: An Application for Precast Concrete Components. *Automation in Construction* Interaktyvus, 2015, vol. 57. pp. 239-248. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092658051500117X>>. ISSN 0926-5805. [žiūrėta 2023 02 11].
15. RAMALHETE, P. S.; SENOS, A. M. R. and AGUIAR, C. Digital Tools for Material Selection in Product Design. *Materials & Design (1980-2015)* Interaktyvus, 2010, vol. 31, no. 5. pp. 2275-2287. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261306909007031>>. ISSN 0261-3069. [žiūrėta 2023 03 03].
16. ASHINO, Toshihiro. Materials Ontology: An Infrastructure for Exchanging Materials Information and Knowledge. *Data Science Journal* Interaktyvus, Jan 01, 2010, vol. 9, no. 28. pp. 54-61. Prieiga per: <<https://search.proquest.com/docview/1365111527>> CrossRef. ISSN 1683-1470. [žiūrėta 2023 02 25].
17. AKANMU, Abiola; ASFARI, Bushra and OLATUNJI, Oluwole. BIM-Based Decision Support System for Material Selection Based on Supplier Rating. *Buildings* Interaktyvus, Dec 01, 2015, vol. 5, no. 4. pp. 1321-1345. Prieiga per: <<https://search.proquest.com/docview/1773211366>> CrossRef. ISSN 2075-5309. [žiūrėta 2023 05 04].
18. ZHANG, Yingzhong, et al. An Ontology-Based Knowledge Framework for Engineering Material Selection. *Advanced Engineering Informatics* Interaktyvus, 2015, vol. 29, no. 4. pp. 985-1000. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S147403461500097X>>. ISSN 1474-0346. [žiūrėta 2023 04 02].
19. ERKIMBAEV, A. O., et al. The European Project in the Materials Informatics Domain: Ontologies and Virtual Platforms. *Automatic Documentation and Mathematical Linguistics* Interaktyvus, Nov 01, 2021, vol. 55, no. 6. pp. 254-265. Prieiga per: <<https://link.springer.com/article/10.3103/S0005105521060029>> CrossRef. ISSN 0005-1055. [žiūrėta 2023 03 15].
20. LEE, Seul-Ki; KIM, Ka-Ram and YU, Jung-Ho. BIM and Ontology-Based Approach for Building Cost Estimation. *Automation in Construction* Interaktyvus, 2014, vol. 41. pp. 96-105. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092658051300188X>>. ISSN 0926-5805. [žiūrėta 2023 03 05].

21. KIM, Hyunjoo, et al. BIM IFC Information Mapping to Building Energy Analysis (BEA) Model with Manually Extended Material Information. *Automation in Construction* Interaktyvus, 2016, vol. 68. pp. 183-193. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580516300656>>. ISSN 0926-5805. [žiūrėta 2023 04 12].
22. WAGNER, Anna, et al. Building Product Ontology: Core Ontology for Linked Building Product Data. *Automation in Construction* Interaktyvus, 2022, vol. 133. pp. 103927. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580521003782>>. ISSN 0926-5805. [žiūrėta 2023 09 28].
23. VALLURU, P., et al. *A Semantic Data Model to Represent Building Material Data in AEC Collaborative Workflows*. [Interaktyvus]. CAMARINHA-MATOS, L. M.; AFSARMANESH, H. and ORTIZ, A. eds., Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2020. Prieiga per: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85097405790&doi=10.1007%2f978-3-030-62412-5_11&partnerID=40&md5=5fb4b61129de17ca988a75086a3f7db7> Scopus. ISBN 1868-4238(ISSN).
24. NIKNAM, Mehrdad; and KARSHENAS, Saeed. Integrating Distributed Sources of Information for Construction Cost Estimating using Semantic Web and Semantic Web Service Technologies. *Automation in Construction* Interaktyvus, 2015, vol. 57. pp. 222-238. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580515000813>>. ISSN 0926-5805. [žiūrėta 2023 02 18].
25. LIU, X.; LI, Z. and JIANG, S. Ontology-Based Representation and Reasoning in Building Construction Cost Estimation in China. *Future Internet* Interaktyvus, 2016, vol. 8, no. 3. Prieiga per: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85006190085&doi=10.3390%2ffi8030039&partnerID=40&md5=2652bca6e1d89ae793c9449ba162a813>> Scopus. ISSN 1999-5903(ISSN). [žiūrėta 2023 03 27].
26. MOSCATI, Annika, et al. Information Exchange between Construction and Manufacturing Industries to Achieve Circular Economy: A Literature Review and Interviews with Swedish Experts. *Buildings* Interaktyvus, 2023, vol. 13, no. 3. ISSN 2075-5309. [žiūrėta 2023 03 03].
27. CONDOTTA, Massimiliano; and ZATTA, Elisa. Reuse of Building Elements in the Architectural Practice and the European Regulatory Context: Inconsistencies and Possible Improvements. *Journal of Cleaner Production* Interaktyvus, 2021, vol. 318. pp. 128413. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652621026263>>. ISSN 0959-6526. [žiūrėta 2023 05 10].
28. TCHOUANGUEM DJUEDJA, Justine Flore, et al. An Integrated Linked Building Data System: AEC Industry Case. *Advances in Engineering Software* Interaktyvus, 2021, vol. 152. pp. 102930. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965997820309765>>. ISSN 0965-9978. [žiūrėta 2023 04 02].
29. URREA, Claudio; HENRÍQUEZ, Gloria and JAMETT, Marcela. Development of an Expert System to Select Materials for the Main Structure of a Transfer Crane Designed for Disabled People. *Expert Systems with Applications* Interaktyvus, 2015, vol. 42, no. 1. pp. 691-697. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095741741400493X>>. ISSN 0957-4174. [žiūrėta 2023 02 27].

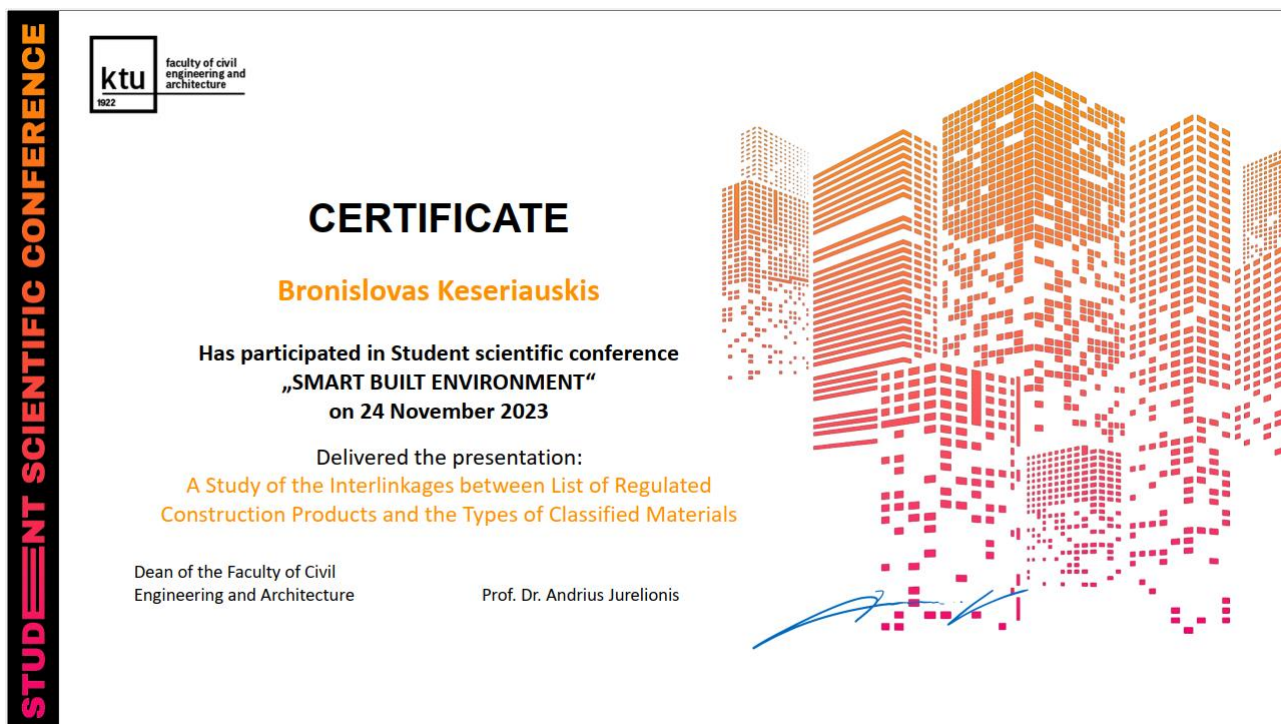
30. AMEN, R.; and VOMACKA, P. Case-Based Reasoning as a Tool for Materials Selection. *Materials & Design Interaktyvus*, 2001, vol. 22, no. 5. pp. 353-358. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261306900001059>>. ISSN 0261-3069. [žiūrėta 2023 05 02].
31. ALWAN, Zaid, et al. Framework for Parametric Assessment of Operational and Embodied Energy Impacts Utilising BIM. *Journal of Building Engineering Interaktyvus*, 2021, vol. 42. pp. 102768. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710221006264>>. ISSN 2352-7102. [žiūrėta 2023 04 22].
32. MOYANO, Juan, et al. Systematic Approach to Generate Historical Building Information Modelling (HBIM) in Architectural Restoration Project. *Automation in Construction Interaktyvus*, 2022, vol. 143. pp. 104551. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580522004216>>. ISSN 0926-5805. [žiūrėta 2023 04 12].
33. REZAEI, Farzaneh; BULLE, Cécile and LESAGE, Pascal. Integrating Building Information Modeling and Life Cycle Assessment in the Early and Detailed Building Design Stages. *Building and Environment Interaktyvus*, 2019, vol. 153. pp. 158-167. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132319300447>>. ISSN 0360-1323. [žiūrėta 2023 05 05].
34. ELEFTherIADIS, S., et al. Investigating Relationships between Cost and CO2 Emissions in Reinforced Concrete Structures using a BIM-Based Design Optimisation Approach. *Energy and Buildings Interaktyvus*, 2018, vol. 166. pp. 330-346. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778817320133>>. ISSN 0378-7788. [žiūrėta 2023 09 22].
35. REN, Ran; and ZHANG, Jiansong. A New Framework to Address BIM Interoperability in the AEC Domain from Technical and Process Dimensions. *Advances in Civil Engineering Interaktyvus*, 2021, vol. 2021. pp. 1-17. Prieiga per: <<https://dx.doi.org/10.1155/2021/8824613>> CrossRef. ISSN 1687-8086. [žiūrėta 2023 04 11].
36. SHEN, K.; DING, L. and WANG, C. C. Development of a Framework to Support Whole-Life-Cycle Net-Zero-Carbon Buildings through Integration of Building Information Modelling and Digital Twins. *Buildings Interaktyvus*, 2022, vol. 12, no. 10. Prieiga per: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85140585932&doi=10.3390%2fbuildings12101747&partnerID=40&md5=cdc90cc1504311176e070625eb47b904>> Scopus. ISSN 2075-5309 (ISSN). [žiūrėta 2023 02 23].
37. XU, Jiuping, et al. A BIM-Based Construction and Demolition Waste Information Management System for Greenhouse Gas Quantification and Reduction. *Journal of Cleaner Production Interaktyvus*, 2019, vol. 229. pp. 308-324. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619312375>>. ISSN 0959-6526. [žiūrėta 2023 03 26].
38. KUMANAYAKE, Ramya; and LUO, Hanbin. Development of an Automated Tool for Buildings' Sustainability Assessment in Early Design Stage. *Procedia Engineering Interaktyvus*, 2017, vol. 196. pp. 903-910. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817331442>>. ISSN 1877-7058. [žiūrėta 2023 04 15].

39. SEYIS, Senem. Mixed Method Review for Integrating Building Information Modeling and Life-Cycle Assessments. *Building and Environment Interaktyvus*, 2020, vol. 173. pp. 106703. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132320300615>>. ISSN 0360-1323. [žiūrėta 2023 05 02].
40. ALWAN, Zaid; and ILHAN JONES, Bahriye. IFC-Based Embodied Carbon Benchmarking for Early Design Analysis. *Automation in Construction Interaktyvus*, 2022, vol. 142. pp. 104505. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580522003788>>. ISSN 0926-5805. [žiūrėta 2023 09 22].
41. HONG, Sim-Hee; LEE, Seul-Ki and YU, Jung-Ho. Automated Management of Green Building Material Information using Web Crawling and Ontology. *Automation in Construction Interaktyvus*, 2019, vol. 102. pp. 230-244. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580518303571>>. ISSN 0926-5805. [žiūrėta 2023 02 25].
42. CHENG, Xin; HU, Changjun and LI, Yang. A Semantic-Driven Knowledge Representation Model for the Materials Engineering Application. *Data Science Journal Interaktyvus*, Jan 01, 2014, vol. 13. pp. 26-44. Prieiga per: <<https://search.proquest.com/docview/1754147172>> CrossRef. ISSN 1683-1470. [žiūrėta 2023 02 18].
43. BILAL, Muhammad, et al. The Application of Web of Data Technologies in Building Materials Information Modelling for Construction Waste Analytics. *Sustainable Materials and Technologies Interaktyvus*, 2017, vol. 11. pp. 28-37. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214993716300410>>. ISSN 2214-9937. [žiūrėta 2023 03 21].
44. ABANDA, F. H.; OTI, A. H. and TAH, J. H. M. Integrating BIM and New Rules of Measurement for Embodied Energy and CO2 Assessment. *Journal of Building Engineering Interaktyvus*, 2017, vol. 12. pp. 288-305. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710216302571>>. ISSN 2352-7102. [žiūrėta 2023 03 28].
45. PAUWELS, Pieter; and TERKAJ, Walter. EXPRESS to OWL for Construction Industry: Towards a Recommendable and Usable ifcOWL Ontology. *Automation in Construction Interaktyvus*, 2016, vol. 63. pp. 100-133. Prieiga per: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580515002435>>. ISSN 0926-5805. [žiūrėta 2023 03 10].
46. NSIK Medžiagų Klasifikatorius. , 2023. Prieiga per: <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fstatyba40.lt%2Fwp-content%2Fuploads%2F2023%2F10%2FBIM-LT-WP4-NSIK-U3-R3-ONTOLOGIJOS-v_01_S0_PVG-PROJEKTAS-1.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK> [žiūrėta 2023 10 02].
47. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. *Reglamentuojamų Statybos Produktų Sąrašas*. -01-24, 2022. Prieiga per: <<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/13cd0c227d5511ecb2fe9975f8a9e52e?jfwid=>> [žiūrėta 2023 09 18].
48. Lietuvos standartizacijos departamentas. *LST EN 14516:2015+AI:2019 Buitinės Vonios*. . Prieiga per: <https://view.elaba.lt/standartai/view?search_from=primo&id=1299909> [žiūrėta 2023 10 02].

49. Lietuvos standartizacijos departamentas. *LST EN 14351-1:2006+A2:2016 Langai Ir Durys. Gaminio Standartas, Eksploatacinės Charakteristikos. 1 Dalis. Landai Ir Išorinių Įeinamųjų Durų Sąrankos* . . Prieiga per:<https://view.elaba.lt/standartai/view?search_from=primo&id=1190195> [žiūrėta 2023 10 10].

Priedai

Priedas Nr. 1. „Smart Built environment“ dalyvio sertifikatas



24 pav. Dalyvio sertifikatas

Priedas Nr. 2. Sąryšių paieškos algoritmo bandymo rezultatai

Sąryšių vieta NSIK <P> Medžiagų klasifikatorius:

T – terminas

A – apibrėžimas

S – sinonimas

5 lentelė. Sąryšių paieškos algoritmo bandymo rezultatai

Eil. Nr.	Statybos produktas	Atitikčių kiekis	Panaudoto algoritmo eiliškumas	Gautų rezultatų skaičius	Tinkamų rezultatų skaičius	Sąryšių vieta NSIK	NSIK klasės kodai
2.6	Statybinės kalkės	1:1	1, 2, 3, 7	4	2	T, S	AP
2.8	Sulfatinis cementas	1:1	1, 2, 3, 7	3	1	T	AN
3.2	Silicio oksido mikrodulkės betonui	1:1	1, 2, 3, 7	22	1	S	AH
3.20	Lakieji pelenai betonui	1:0	1, 2, 3, 4, 5, 7	9	0	-	-
4.1	Asfaltbetonis	1:1	1, 2, 3, 7	3	2	T, A	GA
5.2	Silikatiniai mūro gaminiai	1:1	1, 2, 3, 7	6	1	T	GE
6.3	Statybiniai termoizoliaciniai gaminiai. Vietoje suformuoti biriniai	1:1	1, 2, 3, 7	5	1	T, A	
8.1	Langai (langai (išskyrus atsparius ugniai ir sandarius dūmams))	1:0	1, 2, 3, 4, 5, 7	0	0	-	-
11.1	Keraminės stoginės čerpės ir jungiamosios detalės	1:4	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	25	4	T, A, S	M, GT, MA, MD
12.1	Keraminės plytelės	1:6	1, 2, 3, 7	25	6	T, A, S	M, GT, MA, MD, ME, MF
14.1	Geotekstilė ir su geotekstile susiję gaminiai naudojami: visos paskirtys	1:1	1, 2, 3, 7	5	2	T, A	LE
15.4	Glaistai plytelėms	1:1	1, 2, 3, 7	1	1	T	DE
17.11	Riebalų skirtuvai	1:0	1	0	0	-	-
18.4	Kaliojo ketaus jungiamosios detalės, skirtos neplastifikuoto polivinilchlorido (PVC-U) arba polietileno (PE) vamzdinių sistemoms	1:1	1, 2, 3, 7	1	1	T	FA
18.8	Šildymo prietaisai: radiatoriai, konvektoriai (išskyrus jų prijungimo ir reguliavimo dalis)	1:0	1	0	0	-	-
18.15	Vandentiekio ir drenažo vamzdžių jungiklių elastomeriniai tarpikliai: <i>guminiai</i>	1:1	1, 2, 3, 7	3	1	T	DJ

Eil. Nr.	Statybos produktas	Atitikčių kiekis	Panaudoto algoritmo eiliškumas	Gautų rezultatų skaičius	Tinkamų rezultatų skaičius	Sąryšių vieta NSIK	NSIK klasės kodai
18.15	Vandentiekio ir drenažo vamzdžių jungiklių elastomeriniai tarpikliai: <i>akytosios gumos medžiagos</i>	1:1	1, 2, 3, 7	3	2	T, A	KV
18.54	Buitinės vonios	1:6	1, 2, 4, 5, 6, 7	51	10	T, A, S	BA, FA, FB, FD, GX, K
19.8	Betono pluoštai. Plieniniai pluoštai	1:1	1, 2, 4, 5, 6, 7	6	1	S	FT
19.9	Betono pluoštai. Polimeriniai pluoštai	1:1	1, 2, 4, 5, 6, 7	40	2	T, A	KX
20.11	Statybiniai plieno liejiniai	1:1	1, 2, 3, 7	6	2	T, A	FB
21.5	Aliumininiai apšvietimo stulpai	12:1	1, 2, 3, 7	12	2	T, A	FF
26.4	Slėgio skirtumo sistemų komplektai	1:0	1	-	-	-	-