



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

STATYBOS FAKULTETAS

STATYBOS TECHNOLOGIJOS IR VADYBOS KATEDRA

KSENIJA SEMIONOVA

**EKOLOGIŠKO BŪSTO KONCEPCIJŲ IR STATYBOS
TECHNOLOGIJŲ ANALIZĖ**

**THE ANALYSIS OF ECO-DWELLING CONCEPTIONS AND
CONSTRUCTION TECHNOLOGIES**

Baigiamasis magistro darbas

Statybos valdymo studijų programa, valstybinis kodas 62402T110

Statybos technologijos ir vadybos specializacija

Statybos inžinerijos mokslo kryptis

Vilnius, 2010

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS
STATYBOS TECHNOLOGIJOS IR VADYBOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

(Vardas, pavardė)

(Data)

Ksenija Semionova

**EKOLOGIŠKO BŪSTO KONCEPCIJŲ IR STATYBOS
TECHNOLOGIJŲ ANALIZĖ**

**THE ANALYSIS OF ECO-DWELLING CONCEPTIONS AND
CONSTRUCTION TECHNOLOGIES**

Baigiamasis magistro darbas

Statybos valdymo studijų programa, valstybinis kodas 62402T110

Statybos technologijos ir vadybos specializacija

Statybos inžinerijos mokslo kryptis

Vadovas_____

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Konsultantas_____

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Vilnius, 2010

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Statybos fakultetas
Statybos technologijos ir vadybos katedra

ISBN ISSN
Egz. sk. 1
Data 2010-06-17

Statybos valdymas studijų programos baigiamasis magistro darbas

Pavadinimas **Ekologiško būsto koncepcijų ir statybos technologijų analizė**

Autorius **Ksenija Semionova**

Vadovas Doc. Dr. **Tatjana Vilutienė**

Kalba
X lietuvių
užsienio

Anotacija

Darbo tikslas - išnagrinėti ekologiško būsto koncepcijos pasaulyje, apžvelgiant tiek atskirus ekologišką pastatą apibūdinančius sprendimus, tiek įgyvendintus projektus, bei išanalizuoti ekologiško namo statybos technologijos, parinkti racionaliausią ekologiško namo statybos technologijos variantą.

Darbą sudaro įvadas, keturi skyriai bei išvados. Įvade pateikiami darbo tikslas, temos problematika ir aktualumas, uždaviniai tikslui įgyvendinti ir darbo struktūra. Pirmame darbo skyriuje pateikiama Lietuvos ir užsienio mokslinės literatūros, susijusios su ekologiško būsto sąvokos atsiradimu, statybos raidos etapais, apžvalga. Antrame darbo skyriuje analizuojamos ekologiškų namų statybos technologijos, remiantis šiaudinio ir molinio namų pavyzdžiais. Trečiame skyriuje pateikiamas racionalaus varianto parinkimo modelis, formuojami analizės variantai, sudaroma rodiklių sistema, aprašomi skaičiavimo metodai ir nustatomi rodiklių reikšmingumai. Ketvirtame darbo skyriuje atliekami skaičiavimai trimis metodais: paprastų svorių sudėjimo (SAW), TOPSIS ir daugiakriterinio kompleksinio proporcingo įvertinimo (COPRAS) bei nustatomas racionaliausias variantas. Darbo pabaigoje pateikiamos išvados.

Darbo apimtis – 113 puslapių teksto be priedų. Darbe pateikti 40 paveikslų, 55 lentelės,

Prasminiai žodžiai: ekologiškas būstas, ekologiškos statybinės medžiagos, sveiki pastatai, žaliojo pastato statyba, sveikas namas, šiaudinis namas, molinis namas, statybos

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Civil Engineering
Department of Construction technology and Managment

ISBN ISSN
Copies No. 1
Date-....-....

Construction management study programme master thesis.

Title: **The analysis of eco – dwelling conceptions and construction technologies**

Author: **Ksenija Semionova** Academic supervisor: Doc. Dr. **Tatjana Vilutienė**

Thesis language
Lithuanian

Foreign

Annotation

The purpose of this master's degree diploma is examine ecological housing conception in the world, ecological housing solutions and performed projects, analyze the ecological housing building technology, choose racional ecological housing building technology.

The thesis consists of introduction, four chapters, conclusions and suggestions.

In the first part of the thesis the eco-dwelling`s literary survey is provided.

In the second part the building technologies of ecological housings are analyzed guided by examples of clay and straw dwellings.

In the third chapter the choosing model of rational variant is provided, analyze models and index system are formed, counting methods are described and importance of index is found.

At the end of the work thje calculation using three different methods is made: SAW, TOPSIS and COPRAS. The most rational variant is defined, conclusions and suggestions are made.

Thesis consists of: 113 p. text without appendixes, 40 pictures, 55 tables, 56 bibliographical entries and 5 appendixes.

Keywords: eco-dwelling, eco-building material, healthy buildings, building of green dwelling, healthy Huse, clay Huse, construction technologies

TURINYS

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	12
LENTELIŲ SĄRAŠAS	13
ĮVADAS.....	16
1. Ekologiško būsto koncepcijų apžvalga šiuolaikinėje literatūroje.....	18
1.1. Aplinkos užterštumo problemos aktualumas pasaulyje.....	18
1.2. Darnos koncepcija ir išraiška Lietuvoje.....	19
1.3. Būstas darnaus vystymosi kontekste	21
1.4. Ekologiško būsto sąvoka užsienio literatūroje	23
1.5. Ekologiškos statybinės medžiagos	26
2. Ekologiškų namų statybos technologijos analizė	37
2.1. Šiaudinių namų statybos technologijos analizė.....	37
2.1.1. Šiaudinių namų atitikimas esminiams statinio reikalavimams	37
2.1.2. Šiaudų panaudojimas statybai	42
2.1.3. Šiaudinių namų ilgaamžiškumas	42
2.1.4. Šiaudinių namų konstrukcijų tipai	43
2.1.5. Šiaudinių namų pamatų įrengimo technologijos	44
2.1.6. Šiaudinių namų stogų įrengimo technologijos	45
2.1.7. Šiaudinių namų sienų statybos technologijos.....	46
2.1.7.1. Bekarkasė statyba	46
2.1.7.2. Karkasinė statyba.....	47
2.1.7.3. Skydinė statyba.....	48
2.1.8. Šiaudinių namų statybos ekologiškumas	49
2.1.9. Šiaudinių namų statybai naudojami įrankiai	50
2.1.10. Šiaudinių sienų tinkavimas.....	51
2.2. Molinių namų statybos technologijos analizė	53

2.2.1. Molinių namų atitikimas esminiems statinio reikalavimams.....	54
2.2.2. Molio panaudojimas statybai.....	56
2.2.3. Molinių namų ilgaamžiškumas.....	58
2.2.4. Molinių namų pamatų įrengimo technologijos	58
2.2.5. Molinių namų stogų įrengimo technologija	59
2.2.6. Molinių namų sienų statybos technologijos	60
2.2.7. Molinių namų statybai naudojami įrankiai	62
2.2.8. Molinių sienų tinkavimas	63
2.2.9. Atvejai, kai molis netinka statyboms	64
2.3. Skyriaus išvados.....	64
3. Ekologiško namo racionalaus varianto parinkimas	66
3.1. Racionalaus varianto parinkimo modelio sudarymas	67
3.2. Variantų formavimas	69
3.3. Rodiklių sistemos sudarymas ir aprašymas	71
3.3.1. Rodiklių aprašymas.....	71
3.4. Racionalaus varianto parinkimas.....	88
3.4.1. Paprastų svorių sudėjimo metodas (SAW)	88
3.4.2. TOPSIS metodas.....	88
3.4.3. Daugiakriterinio kompleksinio proporcingo įvertinimo metodas (COPRAS).....	90
3.5. Rodiklių reikšmių ir reikšmingumų nustatymas	91
3.6. Rodiklių reikšmingumų nustatymas rangavimo metodu	92
3.7. Rodiklių reikšmingumų skaičiavimas rangavimo metodu.....	94
4. Ekologiško būsto racionalaus varianto nustatymas	100
4.1. Racionalaus varianto nustatymas paprastų svorių sudėjimo metodu (SAW)	101
4.2. Racionalaus varianto nustatymas TOPSIS metodu	103
4.3. Daugiakriterinio kompleksinio proporcingo įvertinimo metodas (COPRAS).....	107
4.4. Skyriaus išvados.....	110
Išvados.....	111

Literatūros sąrašas.....	113
PRIEDAI	118

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Baigiamojo darbo struktūra.....	17
2 pav. Plūkto grunto siena Johanesburge, Afrika	27
3 pav. Plūkto grunto siena gyvenamajame name, Vakarų Australija	27
4 pav. Plūkto grunto sienos fragmentas Kanadoje.....	27
5 pav. Molinis namas Sada provincijoje (Sa`dah province).....	28
6 pav. Molinis namas Ningxia gyvenvietėje, Kinija.....	28
7 pav. Molinis namas	28
8 pav. Gyvenamojo namo stogo iš nendrių pavyzdys.....	29
9 pav. Šiaudinio namo statyba Ontario provincijoje, Kanada	30
10 pav. Šiaudinis namas Baltalaukyje, Lietuva	30
11 pav. Pirmoji šiaudų presavimo mašina darbo metu, JAV, XIX a.....	31
12 pav. Šiaudiniai gyvenamieji namai Kinijoje.....	32
13 pav. Moterų federacijos šiaudinis pastatas Ulan Batara, Mongolija	32
14 pav. Šiaudinis gyvenamasis namas Montargio miestelyje, Prancūzija, 1921 m	32
15 pav. Apvalus dviejų aukštų bekarkasis šiaudinis gyvenamasis namas, Airija	33
16 pav. Šiaudiniai gyvenamieji namai, Baltarusija.....	33
17 pav. Elitinė dviejų aukštų šiaudinė pirtis Minske, Baltarusija	34
18 pav. Rožių kalno namas, pritaikytas specialiųjų poreikių žmonėms, Latvija.....	35
19 pav. Pirmas šiaudinis namas Lietuvoje, Tarladžių kaimas.....	35
20 pav. Šiaudinis plastas, Vilniaus raj., Lietuva.....	35
21 pav. Šiaudų degumo bandymas	39
22 pav. Tinkuotos šiaudinės sienos degumo bandymas.....	39
23 pav. Skydinių presuotų šiaudų namų statybos technologija	43
24 pav. Stogo apšiltinimo šiaudų ryšuliais pavyzdys	43

25 pav. Stogo konstrukcijos, apšiltintos šiaudų ryšuliais, pavyzdys	46
26 pav. Karkasinės sienos su šiaudų ryšulių užpildu pjūvis	48
27 pav. Septynių liepų (Sieben Linden) šiaudinis pastatas Vokietijoje.....	48
28 pav. Skydo medinis karkasas.....	49
29 pav. Skydas užpildytas šiaudais.....	49
30 pav. Molinio ir vidinio namų vidaus patalpų temperatūrų skirtumas	55
31 pav. Plaušamolio maišymo technologija	58
32 pav. Plaušamolio mišinio paruošimas	58
33 pav. Molinio namo laikančiosios sienos pavyzdys, Didžioji Britanija, Devonas.....	59
34 pav. Pamatų įrengimas iš akmenų su cemento – smėlio skiediniu	59
35 pav. Ekologiško būsto statybos technologijų racionalaus varianto parinkimo modelis....	67
36 pav. Šiaudinis skydinis namas	69
37 pav. Molinis namas	69
38 pav. Plūkto grunto namas	70
39 pav. Rąstinis namas.....	70
40 pav. Rąstinis namas.....	70

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Lietuvos Respublikos darnaus vystymosi rodiklių sąrašas	20
2 lentelė. Didžiosios Britanijos statybos normų ir įmonės Amazonails statomų šiaudinių namų šilumos perdavimo koeficientų reikšmės.....	41
3 lentelė. Bekarkasės, karkasinės ir skydinės statybos palyginimas.....	44
4 lentelė. Šiaudų ir plaušamolio statybos technologijų palyginimas	65
5 lentelė. Statybinių medžiagų degumo klasės.....	74
6 lentelė. Konstrukcijų tipo įvertinimas, balais	76
7 lentelė. Pamatų tipo vertinimas, balais.....	77
8 lentelė. Pamatų medžiagų įvertinimas, balais.....	78
9 lentelė. Sienų tipo įvertinimas, balais	80
10 lentelė. Sienų šiltinimo medžiagos vertinimas, balais	81

11 lentelė. Atitvarų formos įvertinimas, balais.....	81
12 lentelė. Bendroji rodiklių reikšmių lentelė	86
13 lentelė. Ekspertų apklausos rodiklių vertinimo rezultatai	93
14 lentelė. Ekspertų apklausos fizikinių rodiklių vertinimo rezultatai	94
15 lentelė. Ekspertų apklausos technologinių rodiklių vertinimo rezultatai	96
16 lentelė. Ekspertų apklausos ekonominių rodiklių vertinimo rezultatai.....	97
17 lentelė. Ekspertų apklausos ekologinių rodiklių vertinimo rezultatai.....	98
18 lentelė. Fizikinių rodiklių pradinio duomenų matrica.....	100
19 lentelė. Technologinių rodiklių pradinio duomenų matrica	100
20 lentelė. Ekonominių rodiklių pradinio duomenų matrica.....	101
21 lentelė. Ekologinių rodiklių pradinio duomenų matrica.....	101
22 lentelė. Fizikinių rodiklių normalizuota matrica.....	101
23 lentelė. Technologinių rodiklių normalizuota matrica	101
24 lentelė. Ekonominių rodiklių normalizuota matrica	102
25 lentelė. Ekologinių rodiklių normalizuota matrica	102
26 lentelė. Fizikinių rodiklių sandaugų matrica	102
27 lentelė. Technologinių rodiklių sandaugų matrica.....	103
28 lentelė. Ekologinių rodiklių sandaugų matrica	103
29 lentelė. Ekonominių rodiklių sandaugų matrica	103
30 lentelė. Fizikinių rodiklių normalizuota matrica.....	104
31 lentelė. Technologinių rodiklių normalizuota matrica	104
32 lentelė. Ekonominių rodiklių normalizuota matrica	104
33 lentelė. Ekologinių rodiklių normalizuota matrica	104
34 lentelė. Fizikinių rodiklių normalizuota svertinė matrica	105
35 lentelė. Technologinių rodiklių normalizuota svertinė matrica.....	105
36 lentelė. Ekologinių rodiklių normalizuota svertinė matrica	105
37 lentelė. Ekonominių rodiklių normalizuota svertinė matrica	105
38 lentelė. Fizikinių rodiklių variantų atstumai iki idealaus teigiamo ir idealaus neigiamo sprendinių	106

39 lentelė. Technologinių rodiklių variantų atstumai iki idealaus teigiamo ir idealaus neigiamo sprendinių.....	106
40 lentelė. Ekonominių rodiklių variantų atstumai iki idealaus teigiamo ir idealaus neigiamo sprendinių	106
41 lentelė. Ekologinių rodiklių variantų atstumai iki idealaus teigiamo ir idealaus neigiamo sprendinių	106
42 lentelė. Fizikinių rodiklių santykinis atstumas iki idealaus sprendinio.....	107
43 lentelė. Technologinių rodiklių santykinis atstumas iki idealaus sprendinio	107
44 lentelė. Ekonominių rodiklių santykinis atstumas iki idealaus sprendinio	107
45 lentelė. Ekologinių rodiklių santykinis atstumas iki idealaus sprendinio	107
46 lentelė. Fizikinių rodiklių įvertinta normalizuota sprendimo priėmimo matrica.....	107
47 lentelė. Technologinių rodiklių įvertinta normalizuota sprendimo priėmimo matrica ...	108
48 lentelė. Ekonominių rodiklių įvertinta normalizuota sprendimo priėmimo matrica.....	108
49 lentelė. Ekologinių rodiklių įvertinta normalizuota sprendimo priėmimo matrica	108
50 lentelė. Fizikinių rodiklių maks. ir min. įvertintų normalizuotų rodiklių sumos.....	108
51 lentelė. Technologinių rodiklių maks. ir min. įvertintų normalizuotų rodiklių sumos ...	108
52 lentelė. Ekonominių rodiklių maks. ir min. įvertintų normalizuotų rodiklių sumos.....	108
53 lentelė. Ekologinių rodiklių maks. ir min. įvertintų normalizuotų rodiklių sumos	109
54 lentelė. Apibendrinti skaičiavimo rezultatai.....	109
55 lentelė. Skaičiavimo rezultatų apibendrinimas	110

IVADAS

„Gamta – tai mūsų namai. Turime kurti save aprūpinančius, gyvybingus darinius, kuriuose būtų gaminama energija, šiluma ir vėsa, kur užaugtų maistas ir būtų sunaudojamos susidariusios atliekos“

Architektas M.E. Reynolds

Baigiamojo darbo tema – Ekologiško būsto koncepcijų ir statybos technologijų analizė.

Ekologiško būsto koncepcija pagal D. Pearsoną tai trijų būsenų junginys [1]:

1. Harmonija su planeta: tinkama pastato orientacija, ekologiškų medžiagų naudojimas, sistemų, minimizuojančių oro, vandens, dirvožemio taršą, projektavimas;
2. Taika sielai: harmoningas pastato įkomponavimas į supančią aplinką, proporcijų, formų harmonija, natūralių dažų, spalvų naudojimas, gyvos, įkvėpiančios aplinkos sukūrimas;
3. Sveikata kūnui: sveiko klimato pastato viduje sukūrimas, švaraus oro ir vandens be teršalų naudojimas, aplinkos, apsaugotos nuo išorinio triukšmo, kūrimas

Problematika ir temos aktualumas

Žmogaus gyvenime pastatas turi lemiamą reikšmę – žmogus negali išgyventi, neturėdamas stogo virš galvos, negali auginti vaikų, kurti, dirbti. Didžiąją dalį savo gyvenimo mes praleidžiame uždaroje patalpoje – namuose, darbo vietoje, transporte. Todėl nuo šių erdvių kokybės priklauso žmogaus sveikata, savijauta, darbingumas. Tačiau mažai kas susimąsto apie statybinių medžiagų keliamą pavojų, patalpų mikroklimatą.

Didelis dėmesys yra skiriamas pastatų statybos sektoriui, kadangi tai sritis, kurioje sunaudojama vieni didžiausi energijos, vandens ir visos suvartojamos medienos kiekiai. Pasaulio stebėjimo instituto (World Watch Institute) duomenimis, nesveikas patalpų oras užfiksuotas apie 30 proc. naujuose ir renovuotose pastatuose. Vis daugiau pasaulio gyventojų pradeda kankinti alergija, astma, kosulys, nemiga [2].

Jungtinėse Amerikos Valstijose atlikto tyrimo duomenimis, lyginant 1976-1980 ir 1988-1994 metų duomenis, alergijų padaugėjo nuo 2 iki 5 kartų. Prancūzijoje per pastaruosius dvidešimt metų astmos (kuri labai dažnai yra alerginės prigimties) susirgimų padaugėjo 40 proc., o nuo jos per metus vidutiniškai miršta 2000 žmonių. Pasaulyje ši liga palietė nuo 200 iki 300 milijonų žmonių. Kauno medicinos universiteto tyrimo duomenimis alergijos simptomų tarp 20 – 48 mėn. amžiaus vaikų Lietuvoje pastebėta apie 25 proc., kitose Europos šalyse šie rodikliai siekia nuo 40 iki 80 proc. [3]. Tokie gąsdinantys faktoriai verčia susimąstyti apie alergijos priežastis. Daugelių tyrimais įrodyta, kad pagrindinės sukeliamos alergijos, astmos ir bronchų ligų priežastis yra aplinkos užterštumas, maisto produktai ir buitiniai dirgikliai.

Siekiant sumažinti aplinkos taršą, vartotojų išlaidas energijai ir šildymui bei pagerinti žmonių sveikatą buvo sukurta ekologiškos statybos sąvoka.

Ekologiška statyba – tai principas, kuriuo pagrindu statybos procesas pasižymi tokiomis charakteristikomis: optimalus gamtinių išteklių ir netoksinių statybos medžiagų panaudojimas, švarus patalpų mikroklimatas. Tokios statybos produktas – ekologiškas namas [4].

Ekologiškas namas - gyvenamasis namas, kurio projektavimas, statyba ir eksploatacija remiasi darnaus vystymosi principais. Tokio namo kriterijai: ekologiškos statybos medžiagos, namas statomas, panaudojant ekologiškas technologijas, energijos taupymas, atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimas; sveikas klimatas pastato viduje; suderinimas su gamtine aplinka [4].

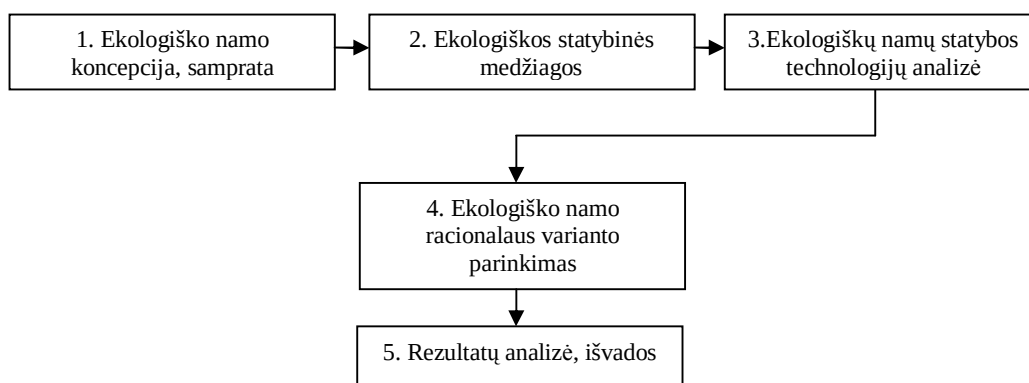
Ekologiškos statybinės medžiagos – tai medžiagos, kurios neužteršia aplinkos, nekenkia žmogaus sveikatai, nepalieka neperdirbamų atliekų, yra natūralios. Prie tokių medžiagų priskiriami: mediena ir jos pagrindu pagamintos šiltinimo medžiagos, gruntas, molis, šiaudai [4].

Darbo tikslas – išnagrinėti ekologiško būsto koncepcijos pasaulyje, apžvelgiant tiek atskirus ekologišką pastatą apibūdinančius sprendimus, tiek įgyvendintus projektus, bei išanalizuoti ekologiško namo statybos technologijas, parinkti racionalų ekologiško namo variantą.

Darbo uždaviniai:

- Išnagrinėti ekologiško pastato sampratą, statybos raidos etapus;
- Išanalizuoti pagrindinius ekologiškus pastatus apibūdinančius sprendimus ir jų įgyvendinimui naudojamos statybos technologijos;
- Palyginti ekologiškų ir standartinių pastatų statybos technologijas;
- Pateikti ekologiško pastato optimalų sprendimą, atsižvelgiant į pagrindinius ekologiškos statybos kriterijus.

Darbo struktūra



1 pav. Baigiamojo darbo struktūra

1. EKOLOGIŠKO BŪSTO KONCEPCIJŲ APŽVALGA ŠIUOLAIKINĖJE LITERATŪROJE

1.1. Aplinkos užterštumo problemos aktualumas pasaulyje

Būstas yra pagrindinis žmogaus poreikis. Pasistatyti paprastą namą, remiantis senelių ir tėvų patirtimi, žmogus mokėjo dar praėjusio šimtmečio pradžioje, tam jis naudodavo vietines medžiagas. Tačiau šiuolaikinėje visuomenėje senovės išmintis jau pamiršta, nes ji nebegelbsti statant pastatus iš modernių medžiagų. XX amžiuje labai išaugus gamybai visame pasaulyje išryškėjo prieštaravimai tarp žmonių turimų materialinių gėrybių ir nesustabdomo gamtos išteklių sekimo, aplinkos teršimo. Gamyba visose industrinėse šalyse vis labiau igavo gamtą ardantį ir alinantį pobūdį, nukreiptą prieš patį žmogų. Pasaulyje įvyksta daug stichinių nelaimių, ekologinių katastrofų, nyksta ozono sluoksnis, didėja tarša, netenkama natūralių gamtos išteklių, klimatas kiekvienais metais vis labiau atšyla – visa tai yra žmonių veiklos rezultatas, dėl kurio nukenčia gamta, nyksta gyvūnai, miškai, augalai, miršta milijonai žmonių, atsiranda įvairių ligų, visa tai gali sukelti dar didesnių padarinių, jei žmogus nesusimąstys ir nepradės mažinti žalos gamtai ir aplinkai. Įžymus ekonomistas, analitikas ir ekologas Džonas Elkingtonas, 1989 metais gavęs apdovanojimą už sėkmingą kovą prieš aplinkos užteršimą pasakė, kad „Žemė, jei būtų žmoniškoji būtybė, pakliūtų į ligoninę, nes visi požymiai rodo ją sergant – kylanti temperatūra, pasikartojantys drebuliai, nekontroliuojami kiti reiškiniai“ [2]. Ši Žemės būseną atsirado dėl nedarnaus gyventojų elgesio, nesuvokimo, kad tai kas daroma gamtai, daroma sau patiems.

Sintetinės medžiagos, kurios išmetamos į atmosferą yra kenksmingos ne tik aplinkai, bet ir žmogaus sveikatai. Nustatyta, kad 30 proc. pasaulyje naujai pastatomų namų turi „nesveiko namo“ sindromą, tai įvairių poveikių (cheminių, garsinių, fizikinių) visuma, kurios veikiamas žmogus prastai jaučiasi [2]. Tai pasireiškia galvos skausmais, alerginėmis reakcijomis, darbingumo bei energijos sumažėjimu, imuniteto silpnėjimu, net lėtinėmis ligomis. Be to, pastatams statyti sunaudojama daug išteklių, apie 40 proc. akmens, žvyro, smėlio, išgaunamų kiekvienais metais pasaulyje, apie 25 proc. medienos, 16 proc. gėlo vandens [2]. Kai kuriose išsivysčiusiose šalyse, tokiose kaip Prancūzija, Jungtinės Amerikos Valstijos, Vokietija, Norvegija, Japonija, statybinių atliekų susidaro keturis kartus daugiau nei komunalinių. Per praėjusį amžių Žemės planetos gyventojai sunaudojo tiek neatsinaujinančių energijos išteklių, kiek per visus tūkstantmečius nuo savo gyvavimo pradžios. Tai tapo įmanoma aptikus naftą bei daugiau išgaunant akmens anglies. Deginant naftą ir akmens anglį, juose sukaupti anglies junginiai virsta dujomis, kurios sudaro „šiltnamio efektą“, išsiskiria anglies dvideginis (CO₂), kuris kaupiasi atmosferoje. Per pastarąjį šimtmetį šių dujų atmosferoje padaugėjo apie 25 proc. Europos Sąjungos ministrų nutarimu priimta, kad CO₂ koncentraciją ore turi būti išlaikoma

mažesnę kaip 550 ppm, o tam reikia „šiltnamio efektą“ sukeliančių dujų išmetimus išsivysčiusiose šalyse iki 2050 metų sumažinti apie 60 – 80 proc., lyginant su 1990 metų lygiu [5]. Pagal Europos aplinkos agentūros (EAA) atliktus tyrimus, pasiekti mažą anglies dvideginio išmetimų lygį galima trimis pagrindinėmis priemonėmis: energijos suvartojimo mažinimu, atsinaujinančių energijos išteklių dalies didinimu ir energijos veiksmingumo gerinimu energijos gamybos ir naudojimo srityje, taikant kitas energijos taupymo priemones [5].

Kaip jau buvo paminėta, oro tarša neigiamai veikia žmonių, ypač vaikų sveikatą. Oro taršos poveikis sveikatai priklauso nuo keleto veiksnių [6]:

- Teršalų tipo;
- Oro taršos lygio (chemikalų koncentracijos ore);
- Poveikio trukmės (trumpalaikis ar ilgalaikis poveikis);
- Individualaus jautrumo

Moksliniai tyrimai rodo, kad oro tarša per ilgą laiką gali būti labai pavojinga. Ilgalaikio oro taršos poveikis žmogaus sveikatai gali pasireikšti įvairiomis ligomis – lėtinės kvėpavimo takų ligos, plaučių vėžys, širdies ligos, plaučių funkcijos sumažėjimas, astmos priepuoliai, smegenų, nervų sistemos, kepenų bei inkstų pažeidimai. Labiausiai į rizikos grupę susirgti nuo aplinkos užterštumo patenka vaikai, kurie nėra tinkamai apsaugoti nuo aplinkos žalingo poveikio. Per paskutinius dvidešimt metų žymiai išaugo ūminės kvėpavimo takų infekcijos. Pagrindinė mažesnių kaip 5 metų vaikų mirtingumo priežastis yra įrodytas šių lygų ryšys su išorės bei patalpų oro tarša. Nyderlanduose atliktas ilgalaikis tyrimas, kuriame aktyviai dalyvavo per 4000 vaikų, parodė, kad vaikams, gyvenantiems šalia judrių kelių, gresia didesnė kvėpavimo takų ligų, tokių kaip astma, ausų, nosies ir gerklės infekcijos, išsivystymo rizika [7].

1.2. Darnos koncepcija ir išraiška Lietuvoje

Oro ir aplinkos užterštumas tapo aktuali ir globali problema visame pasaulyje. Žmonija, norėdama išvengti dar didesnių aplinkos pokyčių, turi vadovautis darnaus vystymosi koncepcija – tai ilgalaikis nuolatinis visuomenės vystymasis, siekiant tenkinti žmonių poreikius dabar ir ateityje, racionaliai naudojant bei papildant gamtos išteklius bei išsaugant Žemę ateities kartoms.

Darnaus vystymosi strategijos pagrindas buvo padėtas 1980 metais, kai buvo paskelbta Pasaulio apsaugos strategija (World Conservation Strategy), Tarptautinių aplinkosauginių organizacijų ir institucijų pastangomis. Šiame dokumente buvo paskelbta, kad „vystymasis ir apsauga nėra prieštaringi dalykai, o racionalus gamtos išteklių naudojimas yra neatskiriama ne tik ekonominio vystymosi, bet ir gamtos apsaugos dalis“ [8]. Vėliau, 1987 metais buvo pateiktas darnaus vystymosi apibrėžimas: „darnus vystymasis, tai toks vystymasis, kuris

tenkina dabartinius visuomenės poreikius, nemažinant ateinančių kartu galimybių tenkinti savo poreikius“. Apibrėžimas buvo paskelbtas „Mūsų bendra ateitis“ ataskaitoje suformuluotos Jungtinių Tautų Aplinkos ir plėtros komisijos, kuri taip pat ataskaitoje pateikė ir darnaus vystymosi pagrindines nuostatas. Aplinkos apsauga, ekonominė plėtra, socialinis vystymasis – tai trys komponentai sudarantys pagrindą darnaus vystymosi koncepcijoje. 1992 metais Rio de Žaneire įvyko pasaulio viršūnių susitikimas aukščiausiu lygiu, kurio metu darnusis vystymasis buvo įteisintas kaip pagrindinė ilgalaikė visuomenės vystymosi ideologija.

Formuluojant Lietuvos Respublikos darnaus vystymosi strategijos tikslus ir prioritetus, buvo vadovautasi parengtais strateginiais dokumentais, pavyzdžiui, Valstybės ilgalaikės raidos strategija, Lietuvos Respublikos teritorijos bendruoju planu, Europos Sąjungos darnaus vystymosi strateginėmis nuostatomis, suformuluotomis Europos Tarybos Lisabonos (2000), Geteborgo (2001) ir Barselonos (2002) susitikimų dokumentuose bei nacionaliniais interesais. Rengiant strategiją buvo numatoma sumažinti energijos ir kitų gamtos išteklių sąnaudas bei teršiančių ir klimato kaitą skatinančių medžiagų emisiją BVP vienetai ir pagal šiuos rodiklius pasiekti dabartinį Europos Sąjungos šalių vidurkį.

Taigi, galutinai suformuluotas Lietuvos Respublikos darnaus vystymosi tikslas skamba taip – pagal ekonominio ir socialinio vystymosi bei išteklių naudojimo efektyvumo rodiklius iki 2020 metų pasiekti dabartinį Europos Sąjungos (ES) vidurkį, pagal aplinkos taršos rodiklius – neviršyti ES leistinių normatyvų, laikytis tarptautinių konvencijų, ribojančių aplinkos teršimą ir indėlį į globalinę klimato kaitą reikalavimų [8].

Kad būtų galima tinkamai vykdyti darnaus vystymosi strategijų ir tikslų įgyvendinimą, buvo sukurta tam tikrų kiekybinių rodiklių visuma. Šių rodiklių sąrašas, be abejo, negali būti bendras visoms Europos Sąjungos šalims. Kadangi atsižvelgiant į skirtingą šalių vystymąsi šių rodiklių svarbą gali skirtis. Lietuvos Respublikos darnaus vystymosi rodiklių sąrašas buvo sudarytas atsižvelgiant į ES dokumentuose rekomenduojamus rodiklius bei į Lietuvos šalies specifiką. 1 lentelėje pateikiamas Lietuvos Respublikos darnaus vystymosi rodiklių nepilnas sąrašas.

Taigi, įvertinus visą aukščiau pateiktą informaciją galima prieiti prie išvadų, kad darnaus vystymosi strategiją apima visas žmogaus gyvenimo sritis (transporto, pramonės, energetikos, žemės bei namų ūkis, turizmas) ir mus supančią aplinką (oras, vanduo, dirvožemis, kraštovaizdis, gamtos ištekliai).

1 lentelė. Lietuvos Respublikos darnaus vystymosi rodiklių sąrašas [8]

Rodiklio pavadinimas	Mato vnt.	Paiškinimas
<i>Aplinkos būklė</i>		
Šiltnamio efektą skatinančių dujų emisija CO ₂ ekvivalentu	Mln.t Ploto vnt. (km ²) BVP vnt.	Skačiuojama bendra ir pagal ekonominės veiklos rūšis

1 lentelės tęsinys. Lietuvos Respublikos darnaus vystymosi rodiklių sąrašas

Rodiklio pavadinimas	Mato vnt.	Paaiškinimas
Miestų oro kokybė	Dienų skaičius per metus	Kai azoto dioksido, kietųjų dalelių ir pažemio ozono koncentracijos viršija leistinus normatyvus.
Paviršinių vandens telkinių kokybė	Organinių medžiagų, azoto ir fosforo junginių Koncentracija	Matuojama upėse, ežeruose, Kuršių mariose, Baltijos jūros priekrantės zonoje.
Saugomų teritorijų plotas	Tūkst.ha Proc. (%)	
Komunalinių atliekų kiekis	Tūkst.t Kg/1 gyventojui	Skaiciuojamas bendras ir santykinis su vidutinėmis žmogaus vartojimo išlaidomis
<i>Ekonomikos vystymasis</i>		
Bendrasis vidaus produktas palyginamosiomis kainomis	mln.Lt, Proc. (%)	Skaiciuojamas bendras ir pagal ekonominės veiklos rūšis
BVP tenkantis vienam gyventojui	Lt	
Gamyboje sunaudojamas galutinės energijos kiekis	Tūkst.t.n.e. BVP vienetai	Skaiciuojamas bendras ir pagal ekonominės veiklos rūšis
Biologinio kuro dalis bendrame transporto sektoriaus kuro sunaudojime	Tūkst.t. Proc. (%)	
Keliuose įvykusių transporto avarijų skaičius per metus	Vnt.	
Geležinkelių tinklas	Km. geležinkelių, tenkančių 100 km ²	
Atsinaujinančių energijos išteklių kiekis bendrame pirminės energijos sunaudojime	Proc. (%)	
Ekologinių ūkių plotas	Tūkst. ha Proc. (%)	Procentais skaičiuojama bendro naudmenų ploto dalis
<i>Socialinis vystymasis</i>		
Ekonominio aktyvumo ir užimtumo lygis	Proc. (%)	Darbingo amžiaus žmonių dalis
Skurdo lygis	Proc. (%)	Žemiau skurdo ribos gyvenančių žmonių skaičius
Gyventojų mirtingumas nuo kvėpavimo sistemos ligų	Vnt.	Tenkantis 100 000 gyventojų
Vidutinis gyvenamasis plotas, tenkantis vienam gyventojui	m ²	
<i>Regionų vystymasis</i>		
Regiono BVP	Proc. (%)	Skaiciuojamas vienam gyventojui ir santykinis su šalies rodikliu
Regiono teršalų emisija	T/km2	Skaiciuojama bendra ir santykinė su šalies rodikliu
Darbingo amžiaus gyventojų dalis	Proc. (%)	Skaiciuojamas bendras ir santykinis su šalies vidurkiu

1.3. Būstas darnaus vystymosi kontekste

Visais laikais būsto klausimas buvo vienu iš aktualiausių žmonijos klausimų : teisė į prieinamą būstą, būsto kokybė, gyvenviečių plėtra bei aplinka. Būstas - tai yra labai plati sąvoka, apimanti gyvenimo sąlygas, būsto kokybę, gyvenamąjį plotą, konstrukcijų tipą bei panaudotas medžiagas, aplinkos kokybę, infrastruktūrą, būsto priežiūrą ir saugumą. 1992 metais Rio de Žaneire įvykusioje Jungtinių Tautų Aplinkos ir plėtros konferencijoje buvo suderinti gyvenviečių subalansuotos plėtros pagrindai. Visos kitos svarbios konferencijos,

tokios kaip ketvirtoji Pasaulio moterų konferencija (Pekinas, 1995), Tarptautinė gyventojų ir plėtros konferencija (Kairas, 1994), pasaulinė žmogaus teisių konferencija (Viena, 1993) ir daugelis kitų, buvo skirtos svarbiems socialiniams, ekonominiams ir aplinkos klausimams spręsti, įskaitant subalansuotos plėtros darbotvarkės komponentus. Turkijoje, Stambule, 1996 m. birželio 3 – 14 dienomis įvyko Jungtinių Tautų Gyvenviečių konferencija, pavadinimu Habitat II. Pagrindinis konferencijos tikslas – aprūpinti žmones tinkamu būstu saugesnėse, sveikesnėse, tinkamose gyventi, lygiateisėse, subalansuotai besiplečiančiose gyvenvietėse [9,10]. Reikia paminėti, kad pirmojoje Jungtinių Tautų Gyvenviečių konferencijoje „Habitat“, įvykusioje dar 1976 m. Vankuveryje buvo suformuluotas šalies vystymo aukščiausias tikslas – gyvenimo kokybė. Antroji Jungtinių Tautų Gyvenviečių konferencija skirta dviem globalinėms vienodos svarbos temoms : „Visiems tinkamas būstas“ ir „Stabili gyvenviečių plėtra urbanizuotame pasaulyje“ . Čia centrinė vieta tenka žmogui, kuris turi teisę į tinkamą būstą, pilnavertį, sveiką ir produktyvų gyvenimą, išsaugodamas orumą bei saugumą [9].

Visiems tinkamo būsto sąvoka reiškia ne tik stogo virš galvos turėjimą, bet tai pirmiausia yra saugus, sveikas ir prieinamas būstas, atitinkantis pagrindinius saugos, sveikatos ir higienos reikalavimus. Tai taip pat yra geros gyvenimo sąlygos, kai nesikišama į asmeninį gyvenimą, tinkamas gyvenamasis plotas ir fizinės galimybės juo naudotis, būsto išlaikymo garantijos, tinkamas būsto apšvietumas, šildymas ir vėdinimas, tinkama infrastruktūra, strategiškai patogi būsto vieta darbovietės atžvilgiu, priimtinos kainos. Šiuo metu pasaulyje yra didelė gyventojų dalis, stokojanti būstų ir sanitarinės įrangos. Kiekvienos šalies vyriausybė turi sukurti žmonėms tinkamas sąlygas įsigyti būstą, padėti ginti ir gerinti gyvenimo sąlygas jų gyvenamojoje vietovėje. Kiekvienas pasaulio gyventojas, turi lygias teises turėti būstą, kuris atitiktų medicininės – sanitarinės normas, būtų saugus, ginamas, įperkamos kainos, įskaitant pagrindines paslaugas, turėtų patogumus. Neturėtų būti lyčių ir tautų diskriminacijos būsto atžvilgiu. Turi būti visos juridinės garantijos neteisėto išskeldinimo atvejais. Nes visumoje tai turi labai svarbią reikšmę žmogaus fizinei, psichologinei, socialinei ir ekonominei gerovei [9,10].

Stabili, subalansuota gyvenviečių plėtra, tai antroji šios konferencijos svarbi tema, apima ekonomikos plėtrą, socialinę ir kultūros pažangą, aplinkos apsaugą. Subalansuotos plėtros realizavimo pagrindas yra pagarba žmogaus teisėms, efektyvus pilietinis visuomenės dalyvavimas ir žmogaus teisėms, atstovaujantys valdymo organai bei administracija visuomenės sektoriuose. Pasaulyje labai aštria problema tapo padidėjusi gamyba, neatsinaujinančių energijos išteklių beribis vartojimas, aplinkos užterštumas, aplinkos degradacija, demografiniai pokyčiai, socialinė ir ekonominė nelygybė, plačiai paplitęs skurdas. Reikia keisti visuomenę ir sukurti tokį požiūrį, kuriame žmonija efektyviai išnaudotų išteklius,

laikydamosi ekosistemų galimybių ribų, gerbtų kultūros paveldą, dvasines ir kultūrines vertybes. Reikia sudaryti gyventojams vienodas sąlygas gyventi saugiai, darniai su aplinka ir gamta. Kiekvienos šalies vyriausybė turi užtikrinti ekonominę ir socialinę plėtrą bei aplinkos apsaugą [9,10].

Jungtinės Tautos numatė tikslų įgyvendinimo strategijas susijusias su pagrindinėmis šios konferencijos temomis, tai yra visiems tinkamas būstas bei subalansuota gyvenviečių plėtra urbanizuotame pasaulyje. Tikslų įgyvendinimo strategijos: būsto politika; aprūpinimo būstu sistemos; pažeidžiamųjų grupės ir žmonės su ypatingais poreikiais; subalansuota žemėnauda, socialinė plėtra; skurdo pašalinimas, produktyvaus užimtumo ir socialinės integracijos sukūrimas; gyventojų ir subalansuotų gyvenviečių plėtra; subalansuotas energijos išteklių panaudojimas; ekologiškai stabilios, palankios žmogaus sveikatai ir gyvybingos gyvenvietės [9,10].

1.4. Ekologiško būsto sąvoka užsienio literatūroje

Kas yra „ekologiškas pastatas“? Dauguma žmonių mano, kad ekologiškas pastatas - tai statinys, pastatytas iš natūralių medžiagų, neturintis elektros, šilumos, vandentiekio ir kitų technologinių galimybių. Toks supratimas nėra teisingas. Ekologiškų pastatų atsiradimas susijęs su JAV 1962 metais išleista Rachelo Carsono knyga „Silent Spring“. Knygoje autorius teigia, jog žmonės savo veiksmais žaloja gamtą, o aplinkos saugojimas yra būtinas. Ši knyga paskatino visuomenės susirūpinimą aplinkos saugojimu nuo taršos bei naudojamų žalingų pesticidų. 1970 m. dėl prasidėjusios energijos krizės JAV buvo susirūpinta aplinkosauga, keliama klausimai, kaip sumažinti aplinkos taršą [11].

Pirma karta sąvoka „ekologiškas statinys“ buvo paminėta 1990 m. leidinyje „The Independent“ Didžiojoje Britanijoje, tais pačiais metais terminas buvo aprašytas ir viename iš JAV architektūros žurnalų. JAV Ekologiškų pastatų taryba Green Building Council (GBC) pateikia tokį ekologiško pastato apibrėžimą - tai efektyvumo didinimo praktika, kai per visą statinio gyvavimo laikotarpį (projektavimą, statybą, eksploataciją, priežiūrą ir pašalinimą) siekiama, kad statiniai ir jiems priklausantys sklypai efektyviai naudotų vandenį, energiją ir medžiagas ir kad būtų sumažinta neigiama statinio įtaka žmonių sveikatai ir aplinkai [12]. JAV Aplinkos apsaugos agentūra Environmental Protection Agency (EPA) ekologišką statybą apibrėžia kaip statinio kūrimo praktiką, kai projektuojama, statoma, renovuojama, valdoma ar pakartotinai naudojama remiantis ekologiškumo ir efektyvaus išteklių naudojimo principais [13].

1990 m. kartu su ekologiško pastato apibrėžimu atsirado kita sąvoka – sveiki pastatai (green buildings) arba dar žinomi kaip darnūs pastatai (sustainable buildings). Tai tokia

projektavimo, statybos, eksploatavimo, priežiūros, rekonstrukcijos ir likvidavimo praktika, kuri išsaugo natūralius išteklius ir mažina užterštumą [10].

Žalieji pastatai projektuojami siekiant sumažinti bendrą neigiamą poveikį aplinkai ir žmogaus sveikatai. JAV statyba, kaip ūkio šaka, sunaudoja 39 proc. visos naudojamos šalyje energijos, 12 proc. viso suvartojamo vandens, 68 proc. visos elektros energijos sunaudojimas, 38 proc. anglies dioksido išmetimas į aplinką [2]. Šiuolaikinė statyba turi didelę įtaką gamtai, žmonių sveikatai ir ekonomikai. Priėmus sveikų pastatų strategiją, galima padidinti tiek ekonominį, tiek aplinkos apsaugos veiksmingumą. Sveiko projektavimo technologijos (green design techniques) gali būti pritaikytos pastatams bet kuriame etape, pradedant nuo projektavimo ir statybos, baigiant pastato renovacija ir demontavimu. Tačiau daugiausia naudos galima gauti, jei sveiko projektavimo technologijos bus pritaikytos nuo statybos projekto pradinių etapų. Tokiu būdu gaunama nauda.

Nauda aplinkai:

- Sustiprinama ir apsaugoma ekosistemų biologinė įvairovė;
- Gerinama oro ir vandens kokybė;
- Sumažinami atliekų srautai;
- Išsaugomi ir atkuriami gamtos ištekliai.

Ekonominė nauda:

- Sumažinamos eksploatacijos išlaidos;
- Sukuriami, plėtojami ir formuojami ekologiški produktai bei paslaugos;
- Gerinamas gyventojų produktyvumas;
- Optimizuojami gyvenimo ciklo ekonominiai rodikliai.

Socialinė nauda:

- Gerinama gyventojų sveikata;
- Gerinami estetiniai rodikliai;
- Gerėja infrastruktūros kokybė;
- Gerėja bendra gyvenimo kokybė.

Praėjo daugiau nei 30 metų nuo pirmųjų kartų tausojančių aplinką ir taupančių energiją namų statybos JAV. Šiuo metu sukurta mokslinė bazė rezultatams vertinti ir naujai iškilusioms problemoms spręsti. Išskiriami penki tipiniai žaliosios statybos kriterijai [14]:

1. Energijos efektyvumas ir atsinaujinanti energija:

- Pastato orientavimas, leidžiantis panaudoti saulės šilumos energijos, natūralaus apšvietimo privalumus;
- Klimato poveikis pastatui;

- Šiluminis pastato apvalkalo efektyvumas;
- Optimali šildymo, vėdinimo ir vėsinimo sistema;
- Alternatyvių energijos šaltinių naudojimas;
- Elektros energijos naudojimo apšvietimui bei įrenginiams sumažinimas.

2. *Tiesioginis ir netiesioginis poveikis aplinkai:*

- Pastato ir vietovės integracija;
- Vietinių augalų rūšių naudojimas apželdinimui;
- Integruotas požiūris į kenkėjų naikinimą;
- Minimalus vandens telkinių pažeidimas;
- Statybinių medžiagų poveikis išteklių eikvojimui, oro, vandens taršai;
- Nekenksmingų statybinių medžiagų naudojimas;
- Statybinių medžiagų gamybos energijos sąnaudų įvertinimas.

3. *Išteklių saugojimas ir perdirbimas:*

- Antrinio panaudojimo galimybę turinčių produktų arba perdirbtų medžiagų naudojimas;
- Antrinis pastato komponentų, įrenginių ir baldų naudojimas;
- Pastato statybos, išmontavimo taršos mažinimas, taikant antrinį panaudojimą, perdirbimą;
- Sanitarinės taršos mažinimas naudojant pilkąjį vandenį, taikant vandens taupymo priemones;
- Lietaus vandens naudojimas;
- Alternatyvių vandens valymo metodų taikymas.

4. *Vidaus aplinkos kokybė:*

- Statybinės medžiagos be lakių organinių junginių;
- Galimybės atsirasti mikrobinei taršai mažinimas;
- Pakankama ventiliacija;
- Valymo, kitų pastato priežiūros priemonių cheminės sudėties kontrolė;
- Triukšmo lygio kontrolė;
- Natūralaus apšvietimo naudojimo didinimas;
- Pastato naudotojų veiklos kontrolė, siekiant išvengti taršos tabako dūmais, kt.

5. *Socialinė aplinka:*

- Galimybės vaikščioti pėsčiomis ar važinėti dviračiais skatinimas;
- Dėmesys kultūrinėms ir istorinėms vertybėms;
- Klimato charakteristikų poveikis projektui ir statybinėms medžiagoms;

- Bendradarbiavimas su savivaldybėmis, kitomis žaliają statybą palaikančiomis institucijomis;
- Atliekų rūšiavimą, perdirbimą skatinanti infrastruktūra;
- Vietinių produktų vartojimas.

Šiuo metu žalioji, arba sveikoji, statyba paskelbta prioritetine, sukurtas mokslinių, vyriausybinių, visuomeninių organizacijų tinklas informacijos skleidimo ir konkrečių projektų vykdymo tikslais.

Žaliojo pastato statyba - tai statybos procesas, kuris atitinka visus keliamus statybai reikalavimus ir pasižymi ekologiškos statybos charakteristikomis, tai yra atsinaujinančių išteklių naudojimas, žaliųjų (netoksiškų, neteršiančių, galimų perdirbti ar perdirbtų, kurių gamybai reikia mažai energijos, aplinkos ir socialinių sąnaudų) medžiagų ir produktų naudojimas, harmoningas pastato įkomponavimas į aplinką, sveiko klimato pastato viduje sukūrimas, švaraus oro ir vandens be teršalų naudojimas ir pan. Viso to produktas – darnus pastatas.

Sveikas namas – tai namas, kurio projektavimas, statyba ir eksploatacija paremta darnaus vystymosi principais [10]. Tokio namo kriterijai:

- Tinkamas pastato vietos parinkimas, siekiant taupyti neatsinaujinančius išteklius;
- Namo statybai naudojamos sveiko projektavimo technologijos;
- Energijos gamybai naudojamos tik atsinaujinantys energijos ištekliai;
- Lietaus vandens naudojimas;
- Oro, vandens, dirvožemio taršą mažinančių sistemų diegimas;
- Namo fasado suderinimas su aplinka;
- Sveikas klimatas pastato viduje, leidžiantis namui kvėpuoti;
- Namo statybai naudojamos ekologiškos medžiagos.

Statybai naudojamos ekologiškos medžiagos turi atitikti šiuos reikalavimus:

- Medžiagos turi būti iš ekologiškų, natūralių ar panaudotų žaliavų;
- Žaliavų ir produkcijos gamybos, statybos, naudojimo ir eksploatavimo bei utilizavimo metu neturi būti išskiriami teršalai, minimaliai naudojami neatsinaujinantys energijos šaltiniai ir daromas kuo mažesnis neigiamas poveikis gamtai.

Prie tokių medžiagų priskiriami mediena, žemė, molis, šiaudai, nendrės. Tai yra vietiniai atsinaujinantys ištekliai, kurie neteršia aplinkos.

1.5. Ekologiškos statybinės medžiagos

Naudojant natūralias medžiagas galima pastatyti sveiką, ekologišką būstą, bet tik tuo atveju, jei apdailos ar apsauginės medžiagos taip pat yra natūralios, arba sertifikuotos kaip

ekologiškos. Lietuvoje tradicinės natūralios statybinės medžiagos yra mediena, šiaudai, nendrės, molis. Iš jų statomi gyvenamieji, ūkiniai pastatai, pirtys. Žemiau pateikiamas trumpas aprašymas ekologiškų statybinių medžiagų bei statybų iš jų pavyzdžių.

Gruntas - tai žemės paviršiaus uolienų sluoksnis, kuris plačiai naudojamas statybai dėl jo prieinamumo, gero šilumos kaupimo ir atsparumo gniuždymui. Seniausia ir labiausiai išplitusi pasaulyje statyba iš grunto dėl technologijų įvairovės. Dabar apie 50 proc. pasaulio populiacijos gyvena pastatuose iš žemės [15]. Iš plūktos ar lietos žemės daromi laikantieji pastato elementai (2,3 pav.). Pavyzdžiui, Kanadoje, Britanijos Kolumbijoje, 2006 metais iš plūktos žemės pastatytas kultūros centras „Nk'Mip Desert Cultural Centre“ (4 pav.) Šios sienos ilgis – 80 metrų, ir 5,5 metrų aukštis. Pastatą suprojektavo ir realizavo - Hotson Bakker Boniface Haden Architects (HBBH). Šio projekto vertė – 3,5 milijonų dolerių [16].



2 pav. Plūktos grunto siena Johanesburge, Afrika



3 pav. Plūktos grunto siena gyvenamajame name, Vakarų Australija



4 pav. Plūktos grunto sienos fragmentas Kanadoje

Gruntas su įvairiais priedais naudojamas nedegtoms plytoms, vidinėms šilumą akumuliuojančioms pertvaroms pastate, aslai, lauko duonkepėms krosnims gaminti, tinkui ruošti, kaip šiaudų ar kitų organinių medžiagų rišamoji medžiaga. Statybai dažniausiai naudojamas molingas gruntas.

Molis. Jo sudėtyje yra kvarco, žėručio, neišdūlėjusio lauko špato, karbonatinių padermių ir kita, geležies junginiai suteikia moliui charakteringą rausvą spalvą. Molio dalelėmis vadinamos smulkesnės nei 0,005 mm dalelės. Molis skirstomas į tris grupes: riebus molis,

vidutinio riebumo ir liesas, priklausomai nuo molio dalelių sudėties. Nuo molio sudėties priklauso plaušinių ir mineralinių medžiagų kiekis, kuris yra dedamas gaminant statybinius gaminius, pavyzdžiui, nedegtas molio ir šiaudų plytas. Molis naudojamas vidinėms pertvaroms, molio, molio ir šiaudų, molio ir pjuvenų ar kt. plytoms gaminti, laikančiosioms konstrukcijoms, plūktoms sienoms, aslai, tinkui, dažams gaminti bei kitur (5, 6, 7 pav.).



5 pav. Molinis namas Sada provincijoje (Sa`dah province)



6 pav. Molinis namas Ningxia gyvenvietėje, Kinija



7 pav. Molinis namas

Nendrės – tai daugiamečiai augalai, augantys upių bei ežerų krantuose ir pelkėse. Nendrės naudojamos stogams dengti, ryšuliams, dembliams gaminti (8 pav.). Nendrių stogai yra ilgaamžiai, toks stogas gali būti eksploatuojamas nuo 50 iki 100 metų. Nendrių ryšuliai naudojami statybai kaip ir šiaudų ryšuliai, bet jų šiluminės savybės yra prastesnės [17].



8 pav. Gyvenamojo namo stogo iš nendrių pavyzdys

Spaliai – tai sumedėjusios pluoštinių augalų stiebų dalys, gaunamos pluoštą atskyrus nuo šiaudelių. Spaliai gali būti naudojami kaip organinis užpildas plokščių gamybai. Taip pat gaminamos šilumos izoliacinės medžiagos, į kurias, be spalių, įeina antiseptikuotos pjuvenos, drožlės, šiaudai ir samaninės durpės. Spaliai dar naudojami gaminant fibrolito atmainą, celiuliozę, popierių [17].

Pakulos – tai trumpas linų arba kanapių pluoštas, gaunamas perdirbus nuobrukas, maigus ir žemos rūšies linų šiaudelius, taip pat brukant pluoštą. Savo sudėtimi pakulos artimos spaliams, jos naudojamos kaip termoizoliacinė medžiaga ar organinis užpildas. Ypač geromis savybėmis išsiskiria kanapių pluošto ir kalkių mišinys [17].

Sapropelis – tai ežerų dumblas, kurio atsargos Lietuvoje neišsemiamos ir kurio eksploatavimas padeda gamtos saugai. Iš susmulkinto organinio 90 – 95 proc. drėgnumo sapropelio galima gaminti sapropelio rišiklį, kuris naudojamas šilumą izoliuojančioms plokštėms gaminti, pridėjus pjuvenų ar kitų organinių medžiagų [17].

Šiaudai – tai sausi iškultų javų (rugių, kviečių, miežių, avižų) stiebai. Juose yra apie 35 – 45 proc. celiuliozės ir apie 3 – 8 proc. mineralinių medžiagų. Statybai šiaudai gali būti naudojami šiaudų ryšuliai arba palaidi (smulkinti) šiaudai, taip pat šiaudai mišinyje su moliu ar gruntu. Šiaudų ryšuliai – tai žemės ūkio technika pagaminti blokai ir perrišti virvėmis. Jie naudojami kaip laikančioji konstrukcinė medžiaga (bekarkasė statyba), šiltinamoji karkasinių pastatų medžiaga ir pan. (9, 10 pav.). Ilgų rugių šiaudai naudojami stogams. Palaidi šiaudai naudojami šiaudų ir molio sienoms, plytoms ar blokams gaminti, gaminant plokštes, dedami į tinką ir pan. [17].

Šiame baigiamajame darbe plačiau bus apžvelgiamos šiaudinio ir molinio namų statybos technologijos.



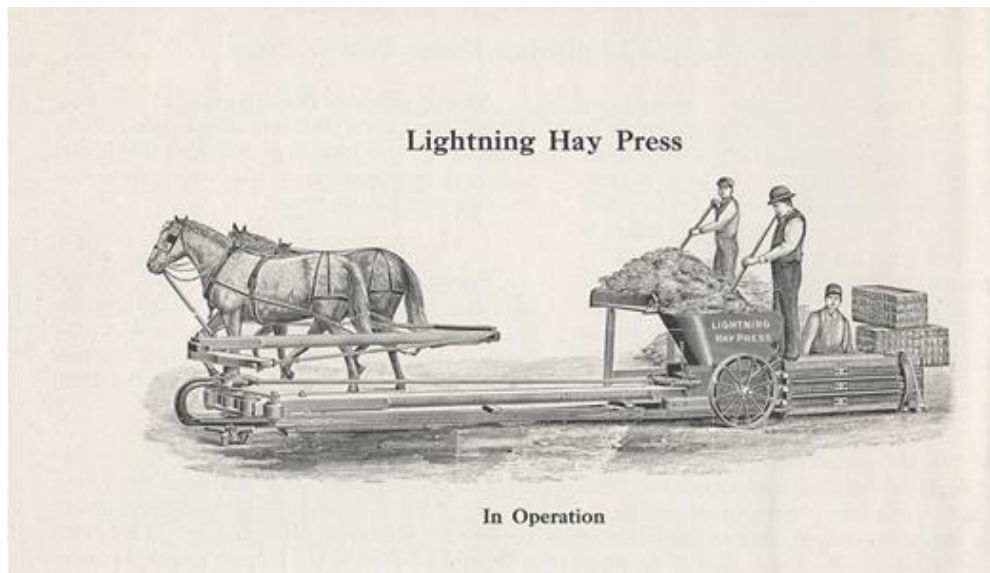
9 pav. Šiaudinio namo statyba Ontario provincijoje, Kanada

Šiaudai, kaip statybinė medžiaga, yra naudojama žmonių jau daugelį metų, kai tik buvo pradėti statyti namai. Tai patvari, lanksti, turinti gerų termoizoliacinių savybių medžiaga. Be to, tai yra ekologiška, vietinė, atsinaujinanti medžiaga. Visame pasaulyje iki šiol šiaudai naudojami kaip stogų, grindų ar sienų konstrukcijos.



10 pav. Šiaudinis namas Baltalaukyje, Lietuva

XIX a. pabaigoje Šiaurės Amerikos teritorijoje (dabartinė Nebraskos valstija) trūko statybinių medžiagų ir medienos. Užtat gyventi atvykusiems naujakuriams buvo palankios sąlygos auginti grūdines kultūras [18]. XIX a. antroje pusėje Jungtinėse Amerikos Valstijose buvo išrastos pirmos arklių traukiamos šiaudų presavimo mašinos, nuo tada ir prasidėjo šiaudinių namų statybos istorija (11 pav.) [19]. Tuo metu iš šiaudų buvo statomi gyvenamieji namai, dvarai, mokyklos, parduotuvės, žemės ūkio paskirties pastatai (tvartai, karvidės, sandėliavimo patalpos) ir netgi bažnyčios [20].



11 pav. Pirmoji šiaudų presavimo mašina darbo metu, JAV, XIX a.

Pirmasis šiaudinis pastatas buvo pastatytas 1886 m. Tai buvo mokykla. Kadangi tuo metu buvo medienos trūkumas, pirmieji šiaudiniai pastatai buvo statomi be karkaso, toks statybos būdas vėliau buvo pavadintas Nebraskos stiliumi, arba bekarkase statyba. Ši statybos technologija, vadinamoji „save laikančios sienos technologija“, buvo taikoma iki 1940 m. Šie namai yra išlikę iki mūsų laikų [21].

1915 – 1930 m. JAV pastatyta apie 70 namų, iki šių dienų yra išlikę 13. Vienas iš tokių gyvenamųjų namų – Burko sodyba, pastatytas 1903 m., yra naudojamas iki šiol pagal paskirtį. Nuo 1940 m. šiaudinių namų statyba pamažu sustojo dėl greitai augančios statybinių medžiagų ir chemijos industrijos. Buvo nutiestas pirmasis geležinkelis, atsirado galimybė gabenti kitas statybines medžiagas [19].

1991 – 1994 m. JAV buvo atlikti sienų iš presuotų šiaudų degumo, atsparumo gniuždymui, vėjui tyrimai, šiluminių savybių bandymai, ir statyba iš presuotų šiaudų buvo pripažinta kaip visavertė šiuolaikinė statybos technologija, atitinkanti visus statybos reikalavimus [18].

Kinijoje šiaudinių namų statyba prasidėjo 1999 m., kai seisminio aktyvumo zonoje buvo pastatyta pirmoji šiaudinė mokykla. Dėl tampriosios statybinės medžiagos šis statinys sėkmingai atlaikė įvykusį žemės drebėjimą. Nuo to laiko Kinijoje sėkmingai plečiasi šiaudinių namų statyba ir šiuo metu Kinijos teritorijoje yra jau pastatyta apie 600 tokių namų penkiose provincijose (12 pav.). Iš šiaudų yra statomi bendrabučiai, mokyklos, gyvenamieji namai [22].



12 pav. Šiaudiniai gyvenamieji namai Kinijoje

Mongolijoje šiaudinių namų statyba prasidėjo 1995 m. pagal Jungtinių Tautų (United Nations Development Programme (UNDP)) bei plėtros ir paramos agentūros (Adventist Development and Relief Agency (ADRA)) vystymo projektą. Šiuo metu Mongolijoje yra pastatytas dviejų aukštų moterų federacijos pastatas Ulan Batare, daugelis mokyklų ir klinikų kaimo vietovėse (13 pav.) [22].

Europoje statyba iš presuotų šiaudų buvo prisiminta XX a. 1989 metais Didžiojoje Britanijoje pastatytas pirmasis Europoje komercinis šiaudinis pastatas. 1995 metais komercinės paskirties statinių Didžiojoje Britanijoje, Norvegijoje ir Prancūzijoje buvo apie 40, o 2001 metais jų padaugėjo iki 400 [21].

Prancūzijoje yra pastatytas pats seniausias Europoje ir iki šiol naudojamas pagal paskirtį dviejų aukštų gyvenamasis namas (14 pav.). Pastatas pastatytas 1921 metais Montargio miestelyje. Šiuo metu jame gyvena trečioji karta. Pastatęs šį namą Foilete pasiūlė šią statybos technologiją naudoti šalies atstatymui po Pirmojo pasaulinio karo. Šiuo metu Prancūzijoje yra pastatyta apie 1000 šiaudinių namų [23].



13 pav. Moterų federacijos šiaudinis pastatas, Mongolija: a – pastatytas namas; b - namas statybos metu



14 pav. Šiaudinis gyvenamasis namas Montargio miestelyje, Prancūzija, 1921 m

Didžiojoje Britanijoje pirmieji šiaudų briketų namai buvo pastatyti 1994 metais. Šiuo metu visoje Didžiojoje Britanijoje yra suskaičiuojama apie 1000 presuotų šiaudų namų. Čia

labai populiari bekarkasė statyba [24]. Apie 1996 metus pradėjo veikti organizacija Amazonails, kurioje dirba vien moterys. Šiuo metu organizacija sėkmingai plečiasi ir yra pastačiusi apie 100 šiaudinių namų ne tik Didžiojoje Britanijoje, bet ir Airijoje. Ši organizacija 2007 metais kovo mėnesį buvo užregistruota kaip nekomercinė, socialinė tarpusavio pagalbą teikianti organizacija. Organizacijos lyderės Barbara Jones ir Bee Rowan stato šiaudinius namus, konsultuoja profesionalus, moko pradedančiuosius bei kitais būdais plėtoja presuotų šiaudų statybą. 1998 m. Barbara Jones pastatė pirmą dviejų aukštų bekarkasį namą Airijoje (15 pav.) [25].

Baltarusijoje šiaudinių namų statyba prasidėjo po Černobylio avarijos, kai evakuotiems žmonėms pradėjo statyti ekologiškus būstus. Pirmas namas iš šiaudų buvo pastatytas 1996 metais Zanaroč kaime. 1997 metais pastatyti keturi namai pagal GOS programą Gomelio srityje. Pirmieji dviejų aukštų šiaudiniai namai Baltarusijoje pastatyti 1999 metais Sokolo gyvenvietėje. Šiuo metu Baltarusijoje yra pastatyta apie 100 tokių namų (16 pav.). 2001 metais baigta statyti dviejų aukštų pirtis Minske su atviru baseinu ir židiniu (17 pav.) [26, 27].



15 pav. Apvalus dviejų aukštų bekarkasis šiaudinis gyvenamasis namas, Airija



16 pav. Šiaudiniai gyvenamieji namai, Baltarusija



17 pav. Elitinė dviejų aukštų šiaudinė pirtis Minske, Baltarusija

Pabaltijos šalyse statyba iš šiaudų ryšulių išpopuliarėjo visai neseniai. Latvijoje pirmieji šiaudiniai namai buvo pastatyti 2000 metais, perimant Skandinavijos patirtį. Šiuo metu Latvijoje yra pastatyti šeši pastatai iš presuotų šiaudų, du iš jų – Valdorfo mokykla (2000 m.) ir Rožių kalno namas (2000–2002 m.) pritaikytas specialiųjų poreikių žmonėms. Rožių kalno namas (Rožkalni) pastatytas Valmieros regione, Camfil kaime ir yra 477 kv.m. dydžio (18 pav.). Šį pastatą suprojektavo norvegų architektas Rolfas Jakobsenas kartu su latviu architektu Meinardu Medinskiu. Pastatas buvo statytas keliomis stadijomis. Pirmoji stadija – pamatus ir medinį karkasą pastatė dvi skirtingos statybos įmonės, antroji – sienas iš presuotų šiaudų ryšulių statė kartu su Norvegijos ekologinės statybos mokyklos studentais ir dėstytojais [28].



18 pav. Rožių kalno namas, pritaikytas specialiųjų poreikių žmonėms, Latvija:
a-namas statybos metu, b – pastatytas namas žiema

Estijoje pirmasis šiaudinis namas atsirado 2004 metais – buvo pastatyta sauna. Šiuo metu po visą šalį yra pastatyta apie 13 pastatų, septyni iš jų yra gyvenamieji namai. Estijoje veikia penkios įmonės, kurios projektuoja, stato, tinkuoja ir skatina visuomenę rinktis šiaudinius namus [21].

Šiaudinių namų statybos pradininkas Lietuvoje architektas Petras Devižis. Jis nieko nežinodamas apie kitų šalių patirtį, 1996 m. siekdamas mažesnio poveikio aplinkai ryžosi statyti namą iš šiaudų ryšulių. Jis suprato šios statybos technologijos privalumus – mažesnės darbo sąnaudos, greitesnis rezultatas, šiltas pastatas. Pirmas statinys buvo pastatytas Taraldžių kaime (19 pav.) ir buvo išgarsėtas ne tik Lietuvoje, bet ir užsienyje. Po pirmojo šiaudinio namo į Lietuvą iš Kanados buvo atsiųsta knyga apie šiaudinių namų statybą JAV bei Kanadoje. Tai paskatino Petrą Devižį imtis aktyvesnės veiklos, propaguojant aplinkai palankią statybą. Ir

2002 metais Vilniaus rajone ant Neries kranto buvo pastatytas šiaudinis plaustas, simbolizuojantis išsigelbėjimą nuo šiukšlių tvano (20 pav.) [20, 29].

2006 metais gruodį Lietuvoje pradėtas vykdyti švietėjiškas projektas „Aplinkai palankios statybos iš šiaudų populiarinimas mažinant įtaką klimato kaitai“, kurį remia Jungtinių Tautų vystymo programa, LR Aplinkos ministerija, Didžiosios Britanijos ambasada bei Šiaurės ministrų tarybos biuras Lietuvoje. Nuo 2007 metų gegužės mėnesio šis projektas tampa tarptautiniu, prie kurio prisideda Latvija, Estija bei Danija. Projekto tikslas – supažindinti Lietuvos, Latvijos bei Estijos visuomenę su itin aplinkai palankiu pastatų statybos būdu – presuotų šiaudų ryšulių technologija ir siekti sumažinti statybų įtaką klimato kaitai [30]. Šio projekto metu 2007 metais spalio 8–12 dienomis Esnoje, Estijoje įvyko Baltijos šalių šiaudinių namų statybos praktinis seminaras. Jame dalyvavo 18 atstovų iš Estijos, Latvijos, Lietuvos ir Danijos. Seminarą organizavo Estijos partneris VšĮ „Ecoton“ kartu su VšĮ „Atsinaujinačios energijos informacijos konsultacinis centras“ ir Latvijos šiaudinių namų statytojų iniciatyvine grupe. Seminaro lektorius buvo šiaudinių namų statybos specialistas Lars Keller iš Danijos. Seminaro metu pagrindinis dėmesys buvo skirtas bekarkasei statybos technologijai. Po seminaro buvo aplankytas Nina kaimelis, esantis netoli Peipaus ežero. Šioje vietovėje pastatyti keturi šiaudiniai namai, kuriuos suprojektavo architektas Rene Valner. Šie jaukūs futuristinio stiliaus namai nuomojami svečiams apgyvendinti. Elektrą čia tiekia vėjo jėgainė. Seminaras Esnoje buvo pirmasis Baltijos šalių šiaudinių namų statytojų susirinkimas [31].



19 pav. Pirmas šiaudinis namas Lietuvoje, Tarladžių kaimas



20 pav. Šiaudinis plaukas, Vilniaus raj., Lietuva

Estijoje ir Lietuvoje jau pastatyta daugiau kaip 10 šiaudinių namų, Latvijoje – šiek tiek mažiau - 6 namai. Kai kurie iš jų dar neužbaigti [21].

Statyba iš šiaudų sudaro galimybę bendrauti ir bendradarbiauti skirtingų profesijų, gebėjimų bei amžiaus ir pomėgių žmonėms. Statybos iš presuotų šiaudų plėtra yra svarbi ne tik Lietuvoje, bet ir visame pasaulyje, nes didėja atsinaujinančių vietinių išteklių naudojimas, gali būti įdarbinama daug gyventojų. Statomi būstai iš šiaudų yra sveiki, tai prisideda prie ligų prevencijos, taip pat šiaudinių sienų statymas ir tinkavimas moliu yra savotiška meno terapija.

Šiaudinių namų idėja vienija bendraminčius iš viso pasaulio. Pradedant nuo aštunto dešimtmečio vyksta aktyvus ekologinis judėjimas, bendradarbiavimas Europoje ir visame pasaulyje ekologiniais klausimais, tai ir nulėmė statybai iš šiaudų įgyti profesionalios technologijos status.

Tarptautinio bendradarbiavimo pradžia laikomi 1998 metai, kai Bretanėje, Prancūzijoje įvyko šiaudinių namų statybos entuziastų susirinkimas. Tuo metu dvidešimt dalyvių suformavo Europos šiaudinių namų statytojų tinklą (toliau - EŠNST). Antras EŠNST susirinkimas įvyko po metų Danijoje, vietovėje kur buvo pastatyti keli šiaudiniai pastatai. Jame dalyvavo 60 žmonių [32].

Šiaudinių namų tinkavimui naudoti molį, vietoje kalkių ir cemento tinko idėja pasklido 1999 metais. Kai vyko Tarptautinė šiaudinių namų statybos konferencija San Franciske, JAV [32].

2001 metais įvyksta trečiasis EŠNST susirinkimas Didžiojoje Britanijoje, kurio metu buvo žengtas svarbus žingsnis šiaudinių namų statybos technologijos profesionalumo link. Pagrindinės susirinkimo temos buvo – atsparumo ugniai bandymai, šiluminės šiaudinių namų savybės, statybų fizika [32].

2002 metais EŠNST susirinko Austrijoje. Susirinkime dalyvavo 120 žmonių, tarp jų buvo statybininkai, inžinieriai, architektai, mokslininkai bei studentai. Susirinkimo metu buvo pradėtos tyrimų ir mokymo programos universitetuose, atlikti šiaudinių sienų tyrimai bei pradėta taikyti skydinių namų technologija [32].

2007 metais rugpjūčio mėnesį Septynių liepų (Vokietija) ekologinėje gyvenvietėje vyko praktinis statybos iš presuotų šiaudų ryšulių seminaras bei sekantis EŠNST suvažiavimas. Į suvažiavimą atvyko 130 šiaudinių namų statybos entuziastų iš europos, JAV bei Australijos. Seminaro metu buvo aptariama situacija įvairiose šalyse, pastarųjų metų mokslininkų tyrimų rezultatai, statyba iš didžiųjų šiaudų ryšulių, ateities plėtros vizija bei visuomenės informavimo metodai. Suvažiavime dalyvavo penki Lietuvos ir keturi Estijos atstovai [32].

Informacijos prieinamumas sudarė sąlygas per maždaug dvidešimt metų technologijai pasklisti po pasaulį. Sparčiai daugėja žmonių, palaikančių aplinkai palankios statybos iš presuotų šiaudų idėją. Dauguma statybos principu yra universalūs, pritaikomi įvairiuose pasaulio kraštuose. Be to, šioje srityje negalioja amžiaus, lyties, tautybės, šukuosenos stiliaus ar kitokie apribojimai.

2. EKOLOGIŠKŲ NAMŲ STATYBOS TECHNOLOGIJŲ ANALIZĖ

Šioje baigiamojo darbo dalyje bus apžvelgta kai kurių ekologinių namų statybos technologijos analizė, sienų, stogų, pamatų įrengimas, sienų tinkavimas, statybos metu naudojamos priemonės ir pan. Dėl nepalankių klimatinių sąlygų namų iš plūkto grunto statybos technologija negali būti pritaikyta Lietuvoje. Tačiau racionaliausio varianto parinkimo modelyje, ši statybos technologija bus įtraukta, nes laikoma ekologišku būstu.

Kaip jau buvo minėta apžvalgoje, Lietuvoje jau yra pastatyta apie 10 šiaudinių namų įvairios paskirties (gyvenamosios ir ūkinės). Presuoti šiaudai, kaip statybinė medžiaga, gerai tinka statyboms Lietuvos klimato sąlygomis. Statyba iš plaušamolio ir plūkto grunto labiau tinka vietovėms, kur yra daug saulėtų dienų, mažai lietaus ir nėra didelių šalčių. Tačiau kaip rodo praktika, kokybiškai pastatyti ir prižiūrėti moliniai namai gali būti pastatyti Lietuvos klimato sąlygomis. Namų iš plūkto grunto daugiausia yra pastatytų Naujojoje Zelandijoje, Australijoje, Pietų Kanadoje.

Įvertinus Lietuvos klimato ypatumus čia detaliau nagrinėsiu tik šiaudinių ir molinių namų statybos technologijas.

2.1. Šiaudinių namų statybos technologijos analizė

2007 metais Lietuvoje buvo pastatyti iš viso trys gyvenamieji pastatai iš presuotų šiaudų bei medinio namo priestatas, buvo planuojama pradėti statyti apie 20 namų.

Presuotų šiaudų ryšuliai kaip statybos produktas ir pastatai turi atitikti Lietuvos Respublikos Statybos įstatymo 4 str. Keliamiems esminiams statinio reikalavimams. „Statiny (jo dalys) turi būti suprojektuotas ir pastatytas iš tokių statybos produktų, kurių savybės per ekonomiškai pagrįstą statinio naudojimo trukmę užtikrintų šiuos esminius statinio reikalavimus: mechaninio atsparumo ir pastovumo, gaisrinės saugos, higienos, sveikatos ir aplinkos apsaugos, saugaus naudojimo, apsaugos nuo triukšmo, energijos taupymo ir šilumos išsaugojimo.

2.1.1. Šiaudinių namų atitikimas esminiams statinio reikalavimams

Mechaninis atsparumas ir pastovumas

Presuoti šiaudai nėra įtraukti į STR 2.01.01(1):2005 pateiktą svarbių mechaninio atsparumo ir pastovumo požįrių statybos produktų sąrašą. Kanadoje atliktais mechaniniais bandymais buvo nustatyta, kad bekarkasė presuotų šiaudų tinkuota siena (ilgis – 3,66 m, aukštis – 2,44 m) atlaiko gana dideles vertikalias ir horizontalias apkrovas. Literatūroje nurodoma, kad

bekarkasės presuotų šiaudų konstrukcijos pastatai gali būti tik vienaukščiai, kurių sienos ilgis ne didesnis kaip 6–7 m. [33].

Galima teigti, kad šiaudų ryšuliai tinkamesnė naudoti karkasiniams pastatams, kuriuose apkrovas laiko medinis karkasas, statyti.

Gaisrinė sauga

Pagal STR STR 2.01.01(2):1999 „Esminiai statinio reikalavimai. Gaisrinė sauga“ gaisrinės saugos esminius reikalavimus statinys turi būti suprojektuotas ir pastatytas taip, kad kilus gaisrui statinio laikančiosios konstrukcijos tam tikrą laiką galėtų išlaikyti statinį veikusias ir dėl gaisro kilusias apkrovas, statinyje turi būti ribojamas ugnies bei dūmų plitimas ir gaisro plėtimas į gretimus statinius. Statinyje turi būti numatyti saugūs išėjimai, kad žmonės galėtų išeiti iš statinio kilus gaisrui, laiku pradėtų veikti gaisrinės saugos bei gesinimo sistemos. Turi būti sudarytos saugios sąlygos gelbėtojų ugniagesių darbui. Pagal STR 2.01.04:2004 visi statiniai yra suskirstyti į atsparumo ugniai laipsnius (I, II, III). Statybinės medžiagos pagal degumą skirstomi į degumo klases : A, B, C, D, E, F (A – nedegios, F – degios, lengvai užsiliepsnojančios).

Pagal atliktus tyrimus presuoti šiaudai yra degi, normaliai užsiliepsnojanti medžiaga, priskiriami E degumo klasei (21 pav.). Tokiai pat degumo klasei priskiriamas ir pastatų atitvarams apšiltinti plačiai naudojamas polistireninis putplastis su degumą slopinančiais priedais [34].

Daugelyje šalių (JAV, Austrijoje, Danijoje, Vokietijoje ir kt.) atliktais moksliniais tyrimais ir gaisriniais bandymais nustatytas karkasinių presuotų šiaudų ryšuliais apšiltintų sienų atsparumas ugniai. 1993 metais Jungtinėse Amerikos Valstijose buvo išbandytos tinkuota ir netinkuota presuotų šiaudų sienos. Tyrimo metu išaiškinta kad tinkuota siena atlaiko dviejų valandų trukmės bandymą (tai atitiktų atsparumą ugniai R120), netinkuota – apie 30 min. (R30). 2001 m. Vienos technikos universitete atliktais tyrimais nustatyta, kad tinku dengta karkasinė presuotų šiaudų siena išlaiko 90 minučių trukmės bandymą (atsparumas ugniai – R 90) (22 pav.). Ši klasė priskiriama mažos rizikos grupei [36].



21 pav. Šiaudų degumo bandymas



22 pav. Tinkuotos šiaudinės sienos degumo bandymas

Remiantis atliktais bandymais, galima teigti, kad pastatai presuotų šiaudų sienomis, kurios padengtos tinku ar kitomis nedegiomis medžiagomis, atitinka gyvenamųjų namų gaisrinės saugos reikalavimus (STR 2.02.01:2004, STR 2.02.09:2005, STR 2.01.04:2004). Jei presuotų šiaudų sienos būtų nepadengtos tinku ar kitomis medžiagomis (tokių pastatų pasaulyje yra), toks pastatas atitiktų III atsparumo ugniai laipsnį. Kadangi šiaudų degumo klasė E, tai tarp III atsparumo ugniai laipsnio pastatų nustatytas 15 m minimalus priešgaisrinis atstumas turi būti didinamas 20 proc., t. y. tarp tokių pastatų turi būti išlaikomas ne mažesnis kaip 18 m atstumas.

Higienos, sveikatos ir aplinkos apsauga

Pagal STR 2.01.01(3):1999 esminis higienos, sveikatos ir aplinkos apsaugos reikalavimas yra užtikrintas, kai statinyje ar prie jo esančių žmonių yra nepažeidžiamos higienos sąlygos ir nekyla grėsmė žmonių sveikatai dėl šių priežasčių: kenksmingų dujų išsiskyrimo, pavojingų kietųjų dalelių ar dujų atsiradimo ore, pavojingos spinduliuotės,

vandens ar dirvožemio taršos, nuotėkų, dūmų, kietųjų ar skystųjų atliekų netinkamo šalinimo, statinių konstrukcijų ar statinių vidaus drėgmės.

Vertinant presuotus šiaudus šiuo požiūriu daugiausia dėmesio skiriama puviną sukeliančių grybų sporų vystymuisi, graužikų apsigyvenimo galimybei, gaisro metu išsiskiriančių dujų ir dūmų kiekiui bei kenksmingumui. Tyrimais nustatyta kad šiaudų puvinas prasideda, kai drėgnis didesnis kaip 18–20 proc. [37]. Todėl būtina prižiūrėti, kad šiaudai būtų presuojami sausu oru, kad jų nesulytų gabenant, sandėliuojant ir statant pastatus. Sandėliuojant šiaudus būtina apsauga nuo grunto kapiliarinės drėgmės ir lietaus. Be to, turi būti užtikrinamas presuotų šiaudų vėdinimas. Renkantis sienų apdailos ir apsaugos tinką atkreiptinas dėmesys į jo laidumą garams: vidinis tinkas turi būti ne toks laidus garams kaip išorinis. Tokios konstrukcijos sienoje nesikaupia drėgmė. Be to, mikrobiologiniais tyrimais nustatyta, kad grybų sporų labai sumažėja, kai presuotų šiaudų siena tinkamai pastatyta. Naudojant pastatą didelė grėsmė presuotiems šiaudams yra jų įmirkimas dėl vandentiekio avarijos, todėl šias sistemas reikia įrengti iš aukštos kokybės medžiagų ir labai patikimai, kad avarijos tikimybė būtų labai maža. Kad šiaudai atitiktų ekologiškos statybinės medžiagos reikalavimus, jėgai prieš pjūtį negali būti purškiami herbicidais ir kitokiomis cheminėmis medžiagomis. Siekiant užtikrinti sienos iš presuotų šiaudų ryšulių apsaugą nuo graužikų (pelių, žiurkių), ją reikia iš abiejų pusių padengti armuotu tinku, įvairiomis plokštėmis. Šiaudų naudojimo patirtis leidžia tvirtinti, kad žieminių javų šiaudų, ypač rugių, graužikai nemėgsta. Visais atvejais reikia naudoti gerai iškultus šiaudus.

Saugaus naudojimo

Pagal STR 2.01.01(4):1999 saugaus naudojimo atžvilgiu naudojant ar prižiūrint statinį turi būti išvengta nelaimingų atsitikimų (paslydimo, kritimo, susidūrimo, nudegimo, sužeidimo ar sužalojimo elektros srove, sprogimo) rizikos. Pastatai iš presuotų šiaudų nekelia nurodytų rizikų.

Apsauga nuo triukšmo

Pagal STR 2.01.01(5):1999 keliamas esminis reikalavimas užtikrinamas jei statinyje ar prie jo būnančių žmonių girdimas triukšmas nekelia grėsmės jų sveikatai, leidžia miegoti, ilsėtis bei dirbti normaliomis sąlygomis. Pastatams privaloma atlikti akustinį sertifikavimą, kurio metu nustatomas atitvarų garso pralaidumas, pastatai priskiriami akustinio komforto klasei. Austrijoje, Vienos technikos universitete, atliktais bandymais nustatyta, kad karkasinės, presuotais šiaudais apšiltintos ir tinkuotos sienos garso įgerties koeficientas yra 55 dB. Tai rodo, kad tokia išorinė siena labai gerai izoliuoja garsą ir atitinka aukščiausius, t. y. ypač gero akustinio komforto sąlygų klasės A, pastatų išorinėms sienoms keliamus reikalavimus (STR 2.01.07:2003) [38].

Energijos taupymas ir šilumos išsaugojimas

Pastatų šildymui naudojamas šiluminės energijos kiekis, atsižvelgiant į vietovės klimato sąlygas ir gyventojų poreikius, neturi būti didesnis už paskaičiuotą pagal higienos normų ir pastato ar jo patalpų paskirties reikalavimus. Didelė dalis šildyti panaudotos energijos prarandama per pastatų aitvaras. Šiluminės energijos kiekis priklauso nuo atitvarų šiluminių rodiklių, tai yra šilumos perdavimo koeficiento U arba šiluminės varžos R . Norminės U vertės atkūrus Lietuvos nepriklausomybę keitėsi 1992, 1999 ir 2005 metais. Pavyzdžiui, gyvenamųjų namų sienų norminis šilumos perdavimo koeficientas U prie 20°C vidaus ir lauko temperatūrų skirtumo yra $0,2\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, tai atitinka visuminę šiluminę varžą $R_t = 5\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$. Šie rodikliai priklauso nuo medžiagos šilumos laidumo koeficiento λ ir medžiagos sluoksnio storio atitvaroje. Austrijoje, Danijoje, JAV, Vokietijoje ir kitose šalyse standartiniais metodais nustatyta kad $70\text{--}150\text{ kg}/\text{m}^3$ tankio presuotų (mažų šiaudų ryšulių tankis – $70\text{--}100\text{ kg}/\text{m}^3$) šiaudų šilumos laidumo koeficientas $\lambda = 0,045\text{--}0,06\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, kai jie sausi, ir kai jie eksploatacinio orasausio drėgnio $\lambda = 0,054\text{--}0,072\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Tokiu būdu karkasinės sienos, užpildytos presuotų šiaudų ryšuliais ir iš abiejų pusių padengtos tinku, įvertinus šilumai laidesnio medinio karkaso įtaką, šilumos perdavimo koeficientas $U = 0,13\text{--}0,14\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, visuminė šiluminė varža $R_t = 7,7\text{--}7,1\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ [39].

2 lentelėje pateikiami Didžiosios Britanijos įmonės Amazonails, aktyviai užsiimančios šiaudinių namų statyba, šiaudinių namų šilumos perdavimo koeficientų reikšmės, priklausomai nuo atitvarų tipo.

Šie rezultatai rodo, kad sienos šilumos perdavimo koeficientas yra 43–54 proc. mažesnis už norminį, nustatytą gyvenamųjų namų sienoms $U_N = 0,2\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ (STR 2.05.01:2005).

2 lentelė. Didžiosios Britanijos statybos normų ir įmonės Amazonails statomų šiaudinių namų šilumos perdavimo koeficientų reikšmės

	Statybos normose pateiktos šilumos perdavimo koeficiento reikšmės (U , $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$)	Amazonails pastatytų namų šilumos perdavimo koeficientas (U , $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$)
Sienos	0,30	0,14
Langai	1,80	1,80
Stogas	0,20	0,12

Drėgmės laidumas

Tiriant drėgmę nustatyta, kad šiaudų drėgnis nepasiekia ribinio, sukeliančio puvinį, jei jie dedami atitvarų išorėje, padengiami garams laidžiomis medžiagomis arba tarp šiaudų ir apdailos paliekamas vėdinamas oro tarpas. Taikomi tie patys reikalavimai, kaip ir šiltinant pastatus tradicinėmis šiltinimo medžiagomis.

2.1.2. Šiaudų panaudojimas statybai

2006 metais Vokietijoje buvo parengtos statybai naudojamų šiaudų techninės sąlygos pagal Statybos iš presuotų šiaudų asociacijos užsakymą. Jose nurodyti konkretūs reikalavimai presuotiems šiaudų ryšuliams: jų matmenims, tankiui, šilumos laidumui, drėgniui, degumui ir t.t. Taip pat yra nurodyti presuotų šiaudų ryšulių, naudojamų statybose, matmenis: plotis – 38, 46, 85 cm, aukštis – 28, 35, 48 cm, ilgis – nuo 50 iki 240 cm kas 10 cm. Presuotų šiaudų ryšulių matmenis nuo nurodytųjų gali skirtis ne daugiau kaip 3 proc. Ryšuliai turi būti spaudžiami presu 1000 Pa slėgiu. 50x35x100 cm matmenų ryšulio svoris turi būti bent 15 kg, drėgmė – ne didesnė nei 20 proc.

Orasausių presuotų šiaudų tankis turi būti 90 – 110 kg/m³. Presuotiems šiaudams surišti naudojamo špagato įtempimo jėga turi būti bent 10 kartų didesnė už ryšulio svorio jėgą. Ryšuliams surišti naudojama stipri mėlynos spalvos šviesai atsparią virvę – 400m/kg.

Techninėse sąlygose taip pat nurodoma, kad presuoti šiaudai pastatų konstrukcijose turi būti apsaugoti nuo kritulių, vėjo, drėgmės, užsidegimo ir kitų nepalankių veiksnių, padengiant juos kitomis šiems veiksniams atspariomis medžiagomis.

Presuotiems šiaudų ryšuliams gaminti naudojamos presavimo – rišimo mašinos. Jos yra įvairių konstrukcijų ir jomis gaminami skirtingų matmenų ryšuliai. Daugelyje Europos šalių, taip pat ir Lietuvoje dažniausiai gaminami maži šiaudų ryšuliai. Jų matmenys – plotis – 40 – 60 cm, aukštis – 30-40 cm, ilgis – 40-120 cm. Jie patogūs naudoti statybose, nes statant iš jų nereikalingi kėlimo mechanizmai.

Statant iš presuotų šiaudų labai svarbu žaliavos kokybė. Žemdirbiai savo reikmėms presuoja ryšulius, kurie nėra tinkami statybai. Statybos tikslui ryšuliai ruošiami išskirtinėmis sąlygomis, naudojami tam tikros rūšies grūdinių kultūrų stiebai. Geriausiai statyboms tinka ruginiai arba kitų žiemkenčių šiaudai. Šiaudai turėtų būti kuo ilgesni, švaresni (be piktžolių ar kitų žolių). Šiaudų drėgnumas negali viršyti 20 proc. Per sausi šiaudai netinka statyboms, jie lūžinėja, trupa, blogiau presuojasi. Sušlapę suspausti šiaudai nebeišdžiūna. Todėl yra labai svarbu parinkti tinkamą laikotarpį šiaudams surinkti, tinkamai sandėliuoti ir statybos procesui pradėti.

2.1.3. Šiaudinių namų ilgaamžiškumas

Tinkamai pastatyti ir prižiūrimi presuotų šiaudų pastatai gali būti eksploatuojami 100 ir daugiau metų. Apie šiaudų ilgaamžiškumą sprendžiama pagal seniau pastatytų pastatų būklę – rasti gerai išsilaikę ir iki šiol pagal paskirtį naudojami presuotų šiaudų pastatai. Pavyzdžiui, Nebraskoje Purdumo gyvenvietėje pastatytas šiaudinis namas 1908 metais yra naudojamas iki

šiol pagal paskirtį. Prancūzijoje, 1921 metais pastatytas dviejų aukštų gyvenamasis šiaudinis namas taip pat yra gyvenamas iki šiol [40].

2.1.4. Šiaudinių namų konstrukcijų tipai

Presuotų šiaudų namų konstrukcijų tipai – bekarkasis, tai yra nenaudojant karkaso, karkasinis tipas ir skydinis, tai statyba iš skydų pildytų presuotais šiaudais.

Bekarkasės iš presuotų šiaudų konstrukcijos gali būti naudojamos statant nedidelius, laikinus, nesudėtingus vienaaukščius pastatus. Pagal šį statybos būdą reikia statyti nelietingu oru bei yra apribojimas langų plotams vienoje sienoje. Taikant bekarkasės statybos metodą šiaudinė siena laiko savo ir stogo svorį. Tai greičiausias ir pigiausias statybos būdas bei išteklių atžvilgiu taupiausias. Šiuo metu ši statybos technologija aktyviai plėtojama ir siekiama sumažinti jos trūkumus.

Pats populiariausias statybos būdas iš presuotų šiaudų yra - karkasinė statyba. Karkasiniai namai pradėti statyti dar praėjusio šimtmečio pradžioje. Šiuo atveju šiaudų ryšuliai yra naudojami kaip šiltinamoji medžiaga, o pastato svorį laiko karkasas. Karkasas gali būti iš įvairių medžiagų: medienos, plytų ir t.t. Karkasinio namo statyba užtrunka ilgiau negu bekarkasio, bet uždengus stogą po juo galima sukrauti ryšulius ir dirbti bet koku oru. Šis statybos būdas turi tam tikrų niuansų. Prieš surenkant karkasą, reikia tiksliai žinoti ryšulių išmatavimus. Ryšuliai į sienas gali būti statomi vertikaliai arba horizontaliai. Karkase šiaudų papildomam suspaudimui naudojami domkratai, vėliau ryšuliai papildomai pririšami prie konstrukcijos. Pagrindinis šio statybos būdo privalumas tas, kad naudojant šį metodą galima statyti trijų ir daugiau aukštų pastatus, taip pat jie yra stabilūs, ilgaamžiai, bei gali būti įvairių plotų.

Skydinių presuotų šiaudų namų statybos technologija naudojama neseniai ir pradėta statyti Didžiojoje Britanijoje, Austrijoje, Vokietijoje, JAV bei kitur (23 pav.). Pagrindiniai šio statybos būdo privalumai – namas „pagaminamas“ dirbtuvėse, o vietoje surenkamas per kelias dienas ir pastato kokybė. Tačiau tai bene brangiausias šiaudinių namų statybos būdas. Didžiojoje Britanijoje šį metodą plačiai taiko įmonė ModCell [41].



23 pav. Skydinių šiaudų namų statybos technologija :a-skydai vežami į statybos vietą; b – šiaudinis skydas

3 lentelė. Bekarkasės, karkasinės ir skydinės statybos palyginimas

Rodikliai	Paaiškinimai	Pastatas be karkaso iš mažųjų ryšulių	Karkasinis pastatas	Skydinis pastatas
Sienų statybos medžiagos		Šiaudų ryšuliai, medienos atliekos, mediena ir kt.	Medžiaga karkasui gaminti, šiaudų ryšuliai, medienos atliekos, mediena ir kt.	Medžiaga karkasui gaminti, šiaudai, medienos atliekos, mediena ir kt.
Kaina	Konstruktyvo įrengimo kaina	Iki 100 lt/ m ²	Nuo 125 lt/ m ²	Nuo 250 lt/m ²
Statybų trukmė	Sienų įrengimo statybos trukmė	Iki 5 dienų	Iki 30 dienų	Nuo 2 iki 6 dienų
Statyba lyjant		Negalima	Galima	Galima
Pastato aukštų skaičius	Maksimaliai galimas aukštų skaičius	Vienas, vienas su mansarda	Trys ir daugiau	Trys ir daugiau
Ilgiausia siena		6 m	Neribojama	Neribojama
Langų ir durų plotas vienoje sienoje		Iki 50 proc. sienos ploto	Priklauso nuo karkaso žingsnio	Neribojama
Vainikai		Turi būti du – apatinis ir viršutinis	Reikalingas apatinis vainikas (viršutinis vainikas reikalingas paskirstyti stogo svorį visu sienos perimetru)	Reikalingas apatinis vainikas (viršutinis vainikas reikalingas paskirstyti stogo svorį visu sienos perimetru)

2.1.5. Šiaudinių namų pamatų įrengimo technologijos

Šiaudinio namo pamatai statomi įprastais būdais, tik būtina sąlyga kad apatinis vainikas turi remtis į pamatus visu savo pločiu. Pamatai neturi būti platesni nei šiaudinė tinkuota siena, nes tuomet tarp pamato ir sienos iš lauko pusės pradėtų kauptis drėgmė. Be to, šiaudai nuo žemės paviršiaus turi būti pakelti 25 – 45 cm ir apsaugoti nuo vandens, kad lietaus vanduo atšokdamas nuo žemės paviršiaus nesudrėkintų sienos. Vandentiekio bei kiti vamzdžiai išvedžiojami kartu su pamatais taip, kad trūkus vandentiekiui nesuslaptų sienos. Pamatus svarbu gerai apšiltinti, kad per juos neišeitų namo šiluma.

Nesudėtingiems statiniams statyti pamatams galima naudoti padėvėtas padangas. Tai yra labai populiari užsienio šalyse. Padangos puikiai atlieka pamato konstrukcijos, pamatams nereikia naudoti cemento, klotinių. Apdailintos padangos akmenimis, lentomis ar kitomis medžiagomis, jos negadina statinio estetinio vaizdo. Montuojant nesudėtingo statinio pamatus iš padangų nereikia ypatingos patirties ar žinių.

Karkasiniams pastatams pamatai gali būti juostiniai betoniniai, iš natūralaus akmens arba poliniai. Pamatams iš akmenų tinka akmenys, kurie nesugeria drėgmės, pavyzdžiui, granitas. Smiltainiai ar kalkakmeniai netinka, nes žiemą jie gali būti sudrėkinti vandeniu, užšalti ir vėliau iširti.

2.1.6. Šiaudinių namų stogų įrengimo technologijos

Šiaudinių namų stogai gali būti įvairūs – apželdinti, čerpių, nendriniai, šiaudiniai ir pan. Šiaudai dėl savo puikių termoizoliacinių savybių gali būti naudojami stogams apšiltinti. Pagrindiniai keliama reikalavimai, kad šiaudai turi būti apsaugoti nuo drėgmės ir gerai ventiliuojami. Tam kad stogas būtų ekologiškas ir atsparesnis ugniai, šiaudus reikia nutinkuoti moliu. Dengiant stogą darbus reikia organizuoti taip, kad visą stogą būtų galima greitai apsaugoti nuo lietaus. Tam galima naudoti tvirtą ir lengvą brezentą arba storesnę polietileno plėvelę. 24 pav. parodytas stogo apšiltinimo šiaudų ryšuliais pavyzdys. 25 pav. parodytas stogo konstrukcijos, apšiltintos šiaudų ryšuliais, pavyzdys.

Atstumas tarp gegnių turi būti lygus dviejų šiaudų ryšulių pločiui, tai yra ryšuliai turi per jėgą išsprausti tarp gegnių. Kad būtų patogiau vaikščioti stogo konstrukcijomis, ant viršutinių gegnių prikalami laikini grebėstai. Prie gegnių iš apačios tvirtinamos OSB plokštės. Iš viršaus klojamas statybinis kartonas ir nutepamas sėmenų aliejumi arba naudojama difuzinę plėvelę. Toliau tvirtinami 2x2 cm tašeliai. Jie tvirtinami tam, kad sulaikytų molio skiedinį ir palengvintų sluoksnių lyginimo procesą. Iš viso yra tepami trys molio skiedinio sluoksniai.

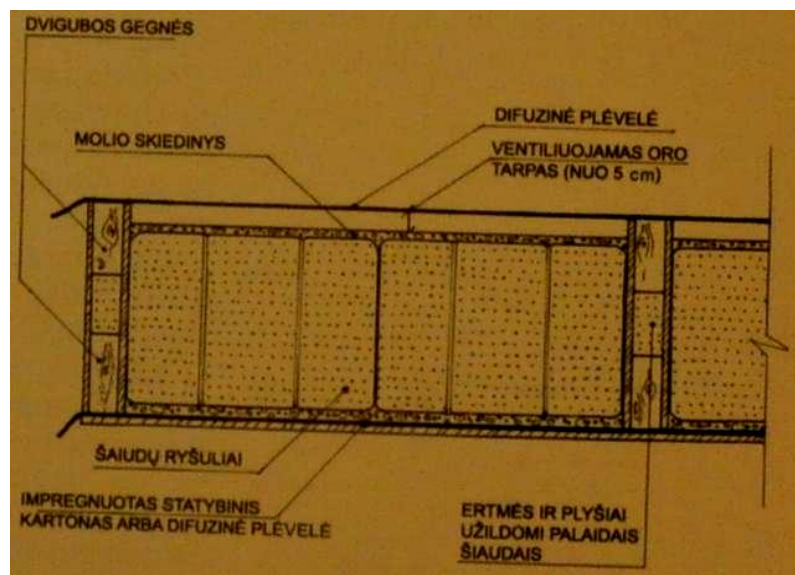
Pirmas sluoksnis – stogas padengiamas 2 cm storio molio skiedinio sluoksniu. Skiedinys imamas labai liesas (1 dalis molio ir 5 dalys smėlio) ir turintis mažai drėgmės. Ant viršaus klojami šiaudų ryšuliai. Kloti pradedama nuo apačios. Plyšiai tarp ryšulių turi būti užklojami palaidais šiaudais.

Antrasis sluoksnis – imamas tirštesnis vidutinio riebumo molio mišinys (1 dalis molio ir 2 dalys vandens). Skiedinys maišomas apie 5 minutes, perkošiamas ir įtrinamas į šiaudus rankomis.

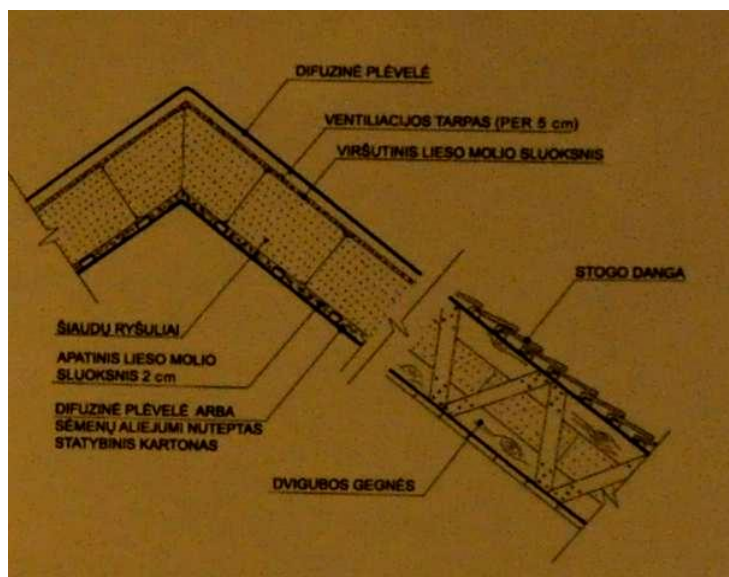
Trečiasis sluoksnis – nelaukiant, kol išdžius antras sluoksnis, stogas padengiamas 2–3 cm storio skiedinio sluoksniu. Jo sudėtis: 1 dalis molio ir 3 dalys smėlio. Paskutinis tinko sluoksnis išlyginamas mentele. Reikia stengtis, kad paskutinis sluoksnis būtų kuo lygesnis, kad nebūtų įdubų ar plyšių, nes juose gali kauptis sniegas ar vanduo, kuris ardymai veiks stogą.

Baigus tinkavimo darbus tarp molio sluoksnio ir viršutinės gegnės turi likti ne mažiau nei 5 cm ventiliacijos tarpo.

Kitu etapu klojama difuzinę plėvelę, montuojami grebėstai ir klojama stogo danga.



24 pav. Stogo apšiltinimo šiaudų ryšuliais pavyzdys



25 pav. Stogo konstrukcijos, apšiltintos šiaudų ryšuliais, pavyzdys

2.1.7. Šiaudinių namų sienų statybos technologijos

2.1.7.1. Bekarkasė statyba

Bekarkasė statybos technologija dažniausiai naudojama nesudėtingiems statiniams statyti, tai gali būti pirtis, sandėliukai, laikini būstai ir pan. Tai yra greitas ir pigus statybos būdas, bet jis reikalauja palankių oro sąlygų. Naudojant bekarkasę statybos būdą reikia atsižvelgti į tam tikrus niuansus – pastato sienos turi būti ne ilgesnės nei 6 metrai, statiniai turi būti tik vieno aukšto. Dviejų aukštų pastatus gali statyti tik profesionalai, tokias statybos technologijas praktikuoja Didžiosios Britanijos įmonė Amazonails.

Šiaudinė siena statoma ant specialiai paruošto vainiko. Vainikas daromas išmatavus ryšulių ilgį bei plotį ir suplanavus pastato dydį. Sujungus vainiko dalis patikrinamas patikrinimas kampų statumas ir plokštumos horizontalumas. Prieš dedant pirmą šiaudų ryšulį

eilę į vainiką susmeigiami apie 30 cm ilgio lazdynų kuoliukai. Taip pat įstatomi durų ir langų karkasai. Pirma ryšulių eilė užmaunama ant lazdynų kuoliukų. Sudėjus pirmuosius ryšulius galima pritvirtinti kampus – jie padės išlaikyti reikiamą sienos formą bei vertikalumą. Nuimti kampus, bet tai nebūtina, galima sutvirtinus suslėgtą sieną.

Šiaudų ryšuliai dedami ne kolonomis vienas ant kito, o kaip plytos. Dedant trečią šiaudų eilę, ryšuliai sukalami apie 1 metro ilgio lazdynų kuolais. Į kiekvieną šiaudų ryšulį kalama po du kuolus, jie kalami vertikaliai žemyn. Šiaudų ryšulių eilės dedamos skirtingais šonais, pavyzdžiui jei pirma eilė sudėta dantytuoju šonu į išorę, antra – pašiauštuoju šonu į išorę. Jei pastatas statomas kupolo forma, tai visos eilės dedamos dantytuoju šonu į išorę. Perkalus paskutinę šiaudų eilę ant jų dedamas viršutinis vainikas ir siena suslegiama tiek vertikalia, tiek horizontalia kryptimi. Slegiant svarbu patikrinti plokštumų horizontalumą bei vertikalumą, ir aptikus nelygumus išlyginti sienas bei vainikus.

2.1.7.2. Karkasinė statyba

Karkasas gali būti montuojamas iš įvairių medžiagų, tokių kaip mediena, plytos ir pan. Karkasas daromas iš anksto žinant šiaudų ryšulių matmenis. Karkasas suformuotas taip, kad tarp medienos vertikaliai tilptų vienas ar du šiaudų ryšuliai. Ryšulių paruošimas prieš dedant į karkasą: apvalūs kampai padaromi statesni, perskirstant šiaudus ryšulių kampuose. Vertikaliai dedamų ryšulių šonų nereikia nulyginti pjūklų, nes jie bus karkase. Paruošti ryšuliai dedami į karkasą, vienas šalia kito ir vienas ant kito. Jei tarp karkaso ir viršutinio šiaudų ryšulio yra likęs tarpas, jis užpildomas reikiamų matmenų šiaudų ryšuliu. Prieš suspaudžiant sieną visi tarpai tarp ryšulių užkaišomi palaidais šiaudais. Tai padaroma tam, kad siena būtų neperpučiama, kad ateityje nesusidarytų šalčio tiltelių. Prieš suspaudžiant ryšulius reikia vietos tarp ryšulio ir karkaso sutvirtinti medinėmis juostelėmis, kad spaudžiami ryšuliai neišsprūstų iš karkaso, tam naudojamos trikampės juostelės ir priveržiamos varžtais per visą karkaso ilgį. Taip paruošus ryšulius specialiais kėlikliais spaudžiama siena, paprastai suspaudžiama apie 20 – 30 cm. Laikino fiksavimo pagaliukus būtina išimti, nes likę jie trukdys apatinėmis eilėmis suspausti viršutinę ir susidarys šalčio tilteliai, siena gali būti nesandari (26 pav.) [29].

Gera suspaudus sieną, ryšulių virvės atsipalaiduoja, bet nukirptų nereikia – tinkuoti jos netrukdo. Konstrukcijai sutvirtinti būtina ryšulius pririšti prie vidinio karkaso įstrižų lentelių. Sienų lyginti nereikia, todėl pririšus ryšulius prie karkaso galima pradėti tinkuoti sienas.

Tokiu principu pastatytas pastatas Septynių liepų ekologinėje gyvenvietėje – Villa Communia, Vokietija (27 pav.).

taip lygiai, kad tinkuojant tokio tipo skydus sunaudojama maždaug du kartus mažiau tinko, nei tinkuojant kitokius skydus ar šiaudinius paviršius.

Ypatingas šių skydų privalumas yra jų montavimo greitis statybų aikštelėje. Priklausomai nuo pasiruošimo lygio, maždaug 100 m² sienos plotą galima sumontuoti per 1 – 2 dienas. Dėl ypatingos konstrukcijos skydus galima jungti nenaudojant jokių specialių mechanizmų ar įrankių, užtenka vien gręžtuvo. Skydai nėra labai sunkūs (svoris siekia iki 200 kg), todėl juos galima kelti rankomis, taip atsisakant brangiai kainuojančių keltuvų. Montuojant skydus išsprendžiamos kai kurios techninės problemos, pavyzdžiui, visiškai išvengiama šalčio tiltų susidarymo, nes jungiant skydus vieno skydo šiaudinė kraštinė glaudžiama prie kito skydo šiaudinės kraštinės. Dėl to ne tik nelieta šalčio tiltų, bet ir pasiekiamas ypatingas konstrukcijos sandarumas.



28 pav. Skydo medinis karkasas

Iš pradžių padaromas medinis karkasas (28 pav.). Vėliau jis užpildomas šiaudų ryšuliais (29 pav.). Jei gaminamas ištisos sienos fragmentas, tai užpildomas visas karkasas, jei reikia palikti angas durims ar langams, tai atitinkamos vietos paliekamos neužpildytos.

Vėliau sienos tinkuojamos. Tinkuoti galima gamykloje. Tokiu atveju išvengiame lietaus pavojaus, nereikia vežti molio į statybvieta, galima greičiau išdžiovinti tinko sluoksnį, tačiau nutinkuotas skydas labai daug sveria, todėl jį galima pakelti ir transportuoti tik su galinga technika. Antras variantas tinkavimas statybvietaje. Gamykloje tik į karkasą sudedami šiaudai, o tinkuoti pradeda atvežus į statybvieta. Pirmoji šalis, kurioje pradėta taikyti skydinę šiaudinių namų gamybos technologiją buvo Didžioji Britanija. Tuo užsiima įmonė ModCell.



29 pav. Skydas užpildytas šiaudais

Lietuvoje šį statybos technologiją atsirado neseniai. Skydus gamina įmonė Eurococon. Skydai gaminami Kauno rajone, ir paskui išvežiojami po visą Lietuvą. Gaminami dideli skydai 2 x 3 metrų. Jie tinkuojami gamykloje ir yra sunkūs. Taip pat gaminami maži skydai 1,2 x 3. Jie netinkuojami, todėl yra lengvi. Juos gali pakelti, pernešti ir sustatyti į vietą keletas vyrų rankomis. Nereikia papildomos krovimo įrangos. Iš skydų galima statyti ne tik sienas, bet ir grindis, stogą [42].

2.1.8. Šiaudinių namų statybos ekologiškumas

Statyba iš presuotų šiaudų ryšulių yra aplinkai palanki technologija, nes žaliava pastato sienų statybai gali būti užauginta per vienerius metus netoli pastato statybos vietos, o nugriovus

pastatą po jo eksploatacijos, gaunasi biodegraduojančios atliekos. Šiaudiniai pastatai yra labai šilti, jų apšildymui žiemos metu reikia nedaug kuro. Tai reiškia kad indėlis į klimato kaitą yra minimalus. Javai augimui naudoja saulės energiją ir iš aplinkos sugeria CO₂, taigi, šiaudų naudojimas statyboms akumuliuoja anglies dvideginį, jis nepatenka į atmosferą.

Paskaičiuota, kad vienos šeimos pastato iš šiaudų statyba leidžia sutaupyti 25 tonas CO₂, lyginant su statyba, kai apšiltinimui naudojamas akmens vata. Energijos kiekio, sunaudoto pagaminti šiam kiekiui akmens vatos, užtektų pastatyti visą pastatą iš presuotų šiaudų ir jį šildyti 10 – 15 sezonų. Jei šiaudinės sienos derinamos su saulės architektūra, kaip Vokietijoje Septynių Liepų ekologinėje gyvenvietėje, tai toks namas sunaudoja dešimt kartų mažiau energijos, nei tokio pat dydžio pastatas iš kitų medžiagų [43].

2.1.9. Šiaudinių namų statybai naudojami įrankiai

Šiaudiniams namams statyti reikalingi įprastiniai statybos įrankiai, bet yra ir specifinių. Naudojami statybos įrankiai yra rankiniai ir elektriniai.

Rankiniai įrankiai

Kablys. Naudojamas ryšulio formai taisyti, išpešant šiaudus, sustumiant juos ties virvėmis į kampus, jei kampai suapvalėję.

Strypas – adata. Naudojama ryšuliams padalyti į mažesnius, perveriant naujomis virvėmis, taip pat pritvirtinant ryšulius naujomis virvėmis prie karkaso.

Rėžiukas. Naudojamas patogumui nupjaunant nereikalingas virves.

Medinis įrankis šiaudams kimšti į skyles. Juo pagalba galima sandarinti tarpus tarp ryšulių ir įvairių ertmių kitose vietose.

Lopetėlė arba kastuvas. Naudojama tapšnojanč išlyginti nedidelius sienos nelygumus.

Argumentas (sunkus medinis plaktukas). Naudojamas ryšuliams įsprausti ir sienai lyginti.

Rankinis presas. Veikia sverto jėgos principu. Naudojamas perspaudžiant laisvai supresuotus ryšulius bei gaminant mažesnius ryšulius iš suirusio šiaudų ryšulio.

Kėliklis. Įvairių tipų kėlikliai naudojami ryšuliams karkase suspausti.

Tinkavimo įrankiai (mentelės, grandikliai, minkšti vamzdžių apšiltinimo kevalai, kempinės). Skirtingų dydžių mentelės pasigaminamos iš supjaustytų padangų, pritvirtinus rankenėlę, apvaliems kampams ar kupolo formos sienoms tinkuoti. Minkšti kevalai naudojami suapvalinti, kempinės – galutinai išlyginti tinką ar dažyti.

Elektriniai įrankiai

Tandeminis pjūklas. Naudojamas ryšuliams išpjaušyti ir ryšulių šonams šlifuoti prieš dedant juos į sieną, o vėliau ir visai sienai išlyginti prieš tinkuojant.

Kampinis šlifuklis su grandininio disku. Naudojamas kampams šlifuoti.

Kitos priemonės

Pakavimo juostos. Naudojamos surišti du ir daugiau ryšulių.

Tvirtinimo diržas. Naudojamas suveržti sienoms, kai statoma be karkaso.

Dirbant su šiaudais taip pat reikia naudoti kokybiškas asmeninės saugos priemones – respiratorius, pirštines, specialius batus ir t.t. Statybų aikštelėje turi būti vienas ar keli gesintuvai.

2.1.10. Šiaudinių sienų tinkavimas

Tinkuoti šiaudinės sienas patartina natūraliomis ekologinėmis medžiagomis. Tam naudojamas molio arba kalkių tinkas. Šios medžiagos padeda palaikyti reikiamą drėgmės balansą sienoje. Cemento naudoti nepatartina, nes jis traukia drėgmę, nepraleidžia vandens garų ir po kažkiek laiko šiaudai pradeda pūti. Tinkui taip pat galima naudoti jau pagamintus tinko mišinius, tuomet reikia patikrinti ar jo sudėtyje cemento nėra daugiau kaip 5 proc.

Tinkas yra svarbi sienos konstrukcijos dalis, nes atlieka keletą funkcijų:

- Sutvirtina sieną;
- Saugo nuo ugnies;
- Palaiko optimalią drėgmę sienoje;
- Saugo šiaudus nuo kritulių;
- Yra vėjo izoliacija;
- Akumuliuoja šilumą.

Pagal gaisrinės saugos reikalavimus šiaudinės sienos tinko storis turi būti 3 cm. Sienos yra tinkuojamos keliais etapais, iš viso yra dedami 3 – 4 tinko sluoksniai. Svarbu, kad vidinis tinko sluoksnis būtų mažiau pralaidus vandens garams, o išorinis – geriau, nes priešingu atveju į šiaudus patekę vandens garai negalės lengvai pasišalinti į pastato išorę. Geriausia tam tinka molio tinkas pastato viduje ir kalkių tinkas išorėje. Taip pat tinkuotas sienas galima apdailinti kitomis medžiagomis, reikia tik palikti oro tarpą tarp apdailos ir tinkuotos sienos. Reikia papildomai namo fasadą apsaugoti nuo šoninio lietaus. Tai galima padaryti papildomai apdailinus siena lentomis. Lietuvoje šiaudinius namus dėl drėgno klimato, kaip ir Didžiojoje Britanijoje rekomenduojama tinkuoti kalkių tinku, nes tinkamai paruoštas jis apsaugo sienas nuo lietaus.

Sienos paruošimas tinkuoti

Prieš tinkuojant reikia sieną išlyginti, užkamšyti plyšius ir uždėti tinklelį. Ertmės tarp šiaudų ryšulių turėtų būti užkaišomos palaidais šiaudais prieš suslegiant sieną, arba prieš

tinkuojant. Šiaudų geriau nesuvilgyti moliu, nes taip sienoje gali susidaryti šalčio tiltelis.

Tinklelis dedamas :

- Ties šiaudinės sienos sąlyčio su medinėmis konstrukcijomis vieta (statramsčiais, langų ir durų dėžėmis, kt.);
- Sienos jungimosi su pamatų bei kitose vietose, pro kurias į pastatą gali patekti graužikai.

Neuždėjus tinklelio šiose vietose tinkas gali įtrūkti, ir per atsiradusį plyšį į šiaudus pateks drėgmė. Tinklelis turi dengti patį statramstį ir iš abiejų pusių užtepti ant šiaudų ne mažiau kaip 15 – 20 cm. Prie medinės konstrukcijos tinklelis prikalamas arba pritvirtinamas kabėmis, o prie šiaudinės dalies tvirtinamas iš 2 – 3 mm storio vielos pasigamintomis U formos kabėmis su 15 – 20 cm ilgio ūsais.

Tinkuojant storesnę nei 5 cm pločio medinę konstrukciją, tarp medžio ir tinklelio patartina dėti tarpinę medžiagą, ant kurios geriau kimba tinkas, pavyzdžiui, molyje įmirkytus šiaudus.

Šiaudinių sienų tinkavimas Lietuvoje

Lietuvoje yra išbandyta šiaudinių namų tinkavimo moliu technologija.

Molio tinkas – tai molio, vandens ir smėlio ar žvyro mišinys, į kurį gali būti įdėta tinką armuojančios medžiagos (kapotų šiaudų, stambių pjuvenų, karvių mėšlo ir kt.) Molio tinką sudaro viena dalis molio ir trys dalys smėlio ar žvyro.

Tinko gaminimas: 1. Molis suplakamas su vandeniu kol gaunama grietinėlės tirštumo molio masė, vadinasi šlikeriu. 2. Į 100 litrų šlikerio įdedamas kibiras šviežio karvių mėšlo (jis turi rišamųjų, armuojamųjų, antiseptinių, plastiškumą didinančių savybių). 3. Supylus šį mišinį į tinko maišymo indą pilama sijotų rėminio gaterio pjuvenų bei smėlio ar sijoto žvyro.

Iš viso dedami 3 tinko sluoksniai.

1. Pirmas sluoksnis įtrinamas rankomis arba užpurškiamas ant sienos. Jo sudedamosios dalys: molis, sijotas žvyras arba smėlis, karvių mėšlas ir vanduo. Pjuvenų į šį sluoksnį nededama.

2. Antras tinko sluoksnis daromas su pjuvenomis. Tinko sudėtis: 6 – 8 kibirai likerio, 16 kibirų pjuvenų, 2 – 3 kibirai smulkaus žvyro. Šis tinkas užteptas storiau nei 1 cm sluoksniu netrūkinėja, nes pjuvenos gerai armuoja. Šis tinkas namo viduje gali būti naudojamas kaip baigiamasis tinko sluoksnis. Tačiau namo išorėje tokios sudėties tinkas turi būti padengtas kitu sluoksniu, nes sušlapusios pjuvenos laiko drėgmę.

3. Į trečią tinko sluoksnį galima įdėti kalkių bei kitų komponentų (kaolino, marmuro miltelių, marmuro grūdelių, kazeino, sodos, talko ir kt.)

Šiaudų sienų tinkavimas Vokietijoje

Šiame skyrelyje aprašysiu šiaudinės sienos tinkavimo technologiją, kuri buvo panaudota statant šiaudinį namą ekologinėje Septynių liepų gyvenvietėje. Tinkas buvo pagamintas iš vietinio molingo grunto, vietoj tinkliuko buvo panaudoti palaidi šiaudai. Pastatas buvo nutinkuotas 3 tinko sluoksniais.

1. Pirmas sluoksnis – tai užpurkšta ant sienos skysta ištirpinto vandenyje molio tyrė. Purkšti galima mechanizmais arba rankiniu būdu. Apipurškus sieną pirmas sluoksnis rankomis įtrinamas į šiaudus, o medinės karkaso dalys nuvalomos, nubraukta nuo jų molio tyrė įtrinama į šiaudus. Reikia palaukti pusdienį ar net visą dieną, kol šis sluoksnis įsigers į šiaudus.

2. Antras sluoksnis – gaminamas iš viso ilgio šiaudų ir molingo grunto, įbėrus truputį smėlio bei įpylus vandens. Šis mišinys prieš tinkuojant turi pastovėti savaitę ar dvi, kad įvyktų mikrobiologinis procesas – mikroorganizmai turi apardyti vaškinį šiaudo sluoksnį. Tuomet geriau sukimba skirtingos medžiagos, o nuo to priklauso tinko kokybė. Prieš naudojant mišinys dar kartą permaišomas. Mišinį rankomis paminkius tarp delnų reikia įtrinti į sieną. Įtrynus šį sluoksnį svarbu išlyginti, nes palikus nelygumų padidėja kito tinko sluoksnio sąnaudos.

3. Trečias sluoksnis gaminamas sumaišius molingą gruntą su smėliu ir trumpais šiaudų galiukais (1 – 3 cm) ir praskiedus reikiamu kiekiu vandens. Masės konsistencija turi būti tokia, kad paėmus tinko lopetėlę ir ją pavertus tinkas kurį laiką nenukristų.

Ištinkavus molio tinku pastato vidaus sienos būna tamsios, todėl galima paruošti dažus iš baltojo molio ir kvarcinio smėlio, atskiedus juos vandeniu. Mišinys turi būti skystesnis nei tinko. Jis kempine dengiamas ant sienos. Prieš dažant tinkas turi būti gerai išdžiūvęs.

2.2. Molinių namų statybos technologijos analizė

Plaušamolis (angl.- cob, rus. - Каман) - tai kompozitinė medžiaga, žemės, molio, smėlio, šiaudų ir vandens mišinys, kurį naudojama statant monolitines sienas rankiniu būdu. Kitaip tariant, tai yra saulėje džiovinti moliniai blokai. Šis terminas „cob“ reiškia ir medžiaga, ir namo, pastatyto iš jo, sąvoka, bei apibrėžia statybos būdą. Šis statybos būdas naudojamas lietingame, šaltame ir vėjingame klimate jau kelis šimtmečius visoje Europoje ir net Aliaskoje. Plaušamolis – tai vienas iš daugelių statybos būdų iš natūralaus nedegto molio. Pagal darbo paprastumą ir neriboto dizaino galimybes plaušamolis aplenkia statybą iš plūkto grunto ir presuotų žemės blokų. Kadangi šis statybos būdas nereikalauja stačiakampio formų, jį galima naudoti statant išlenktas sienas, arkas ir pan.

2.2.1. Molinių namų atitikimas esminiams statinio reikalavimams

Šiuo metu nėra iki galo ištirtos kai kurios molinių namų savybės, neparuoštos statybos taisyklės ir normos. Nepriklausomai nuo to, pasaulyje yra pastatyta ne vienas šimtas molinių namų, kurie yra sėkmingai užregistruoti bei yra nuolat gyvenami.

Mechaninis atsparumas ir pastovumas

Indijoje energijos ir išteklių institute buvo atliktas molinių namų sienų mechaninis atsparumas ir nustatyta kad molinė monolitinė siena atlaiko iki 2 N/mm^2 jėgą gniuždant [44]. Taip pat apie molinio namo stiprumą galima spręsti iš jo atsparumo žemės drebėjimams. Tam yra akivaizdus pavyzdys, kaip 1855 – 1856 metais Nelsone, Naujojoje Zelandijoje, didelio seisminio aktyvumo zonoje, pastatytas dviejų aukštų dvaras iš plaušamolio. Per 150 metų laikotarpį namas „išgyveno“ du stiprus žemės drebėjimus, 1870 ir 1931 metais atitinkamai, kurių metu buvo sugriautą beveik pusę miestelio. Šiuo metu šiame pastate įrengtas muziejus. Šis faktas parodo molinių namų patikimumą ir pastovumą.

Gaisrinė sauga

Plaušamolio sudėtyje esančios sudedamosios dalys – molis, smėlis, dirvožemis, yra priskiriamos prie neužsiliepsnojančių bei nedegių medžiagų. Indijoje energijos ir išteklių universitete atliktais tyrimais nustatyta, kad plaušamolio siena atlaiko dviejų valandų trukmės bandymą. Tai atitinka atsparumą ugniai R120 [45]. Ši medžiaga priskiriama prie A1 degumo klasės – nedegi medžiaga.

Higienos, sveikatos ir aplinkos apsauga

Pagal STR 2.01.01(3):1999 esminis higienos, sveikatos ir aplinkos apsaugos reikalavimas yra užtikrintas, kai statinyje ar prie jo esančių žmonių yra nepažeidžiamos higienos sąlygos ir nekyla grėsmė žmonių sveikatai dėl šių priežasčių: kenksmingų dujų išsiskyrimo, pavojingų kietųjų dalelių ar dujų atsiradimo ore, pavojingos spinduliuotės, vandens ar dirvožemio taršos, nuotėkų, dūmų, kietųjų ar skystųjų atliekų netinkamo šalinimo, statinių konstrukcijų ar statinių vidaus drėgmės.

Molinių namų statybos metu neišsiskiria pavojingų dalelių ir dujų, neteršiama aplinka. Nes statyboms naudojamos ekologiškos natūralios medžiagos – molis, smėlis, šiaudai, vanduo.

Šioje statybinėje medžiagoje, plaušamolyje nėra pavojaus graužikų atsiradimui, nes medžiaga yra kieta.

Saugaus naudojimo

Pagal STR 2.01.01(4):1999 saugaus naudojimo atžvilgiu naudojant ar prižiūrint statinį turi būti išvengta nelaimingų atsitikimų (paslydimo, kritimo, susidūrimo, nudegimo, sužeidimo ar sužalojimo elektros srove, sprogimo) rizikos. Pastatai iš presuotų šiaudų nekelia nurodytų rizikų.

Tokių namų statybose nereikia naudoti papildomos technikos, elektros prietaisų, pavojingų įrankių. Statybos procesas yra nepavojingas sveikatai ir gyvybei, kadangi nėra aštrių kampų, sunkių statybos medžiagų ir nuodingųjų emisijų. Statybos procese gali dalyvauti pensinio amžiaus žmonės, vaikai, moterys, paaugliai – tai smagus bendravimo procesas. Jis nereikalauja ypatingų žinių ir kvalifikacijų.

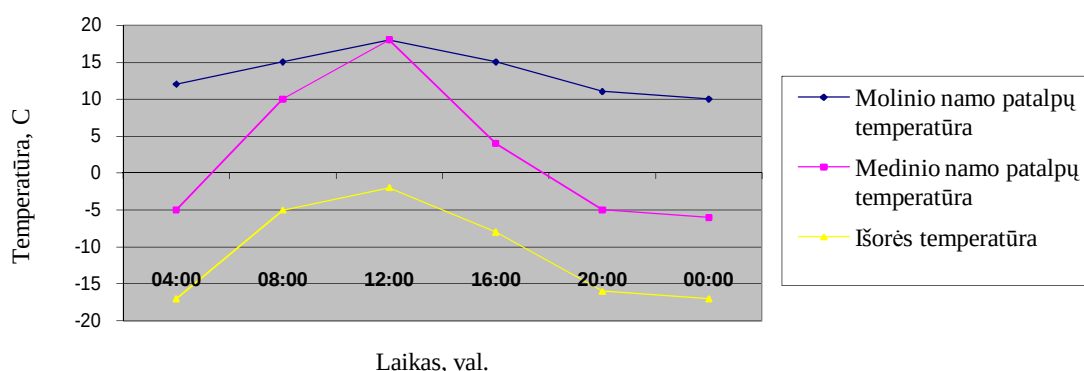
Apsauga nuo triukšmo

Plaušamolio namai puikiai sugeria garsą. Jis puikiai tinka statyti vietose, kur šalia yra judrios gatvės, geležinkeliai, oro uostai, gamyklos ir pan. Plaušamolis sugeria ne tik išorinius, bet ir vidinius garsus, pavyzdžiui jei name įrengta muzikinė studija. Molinio namo tinkuotos sienos garso įgerties koeficientas yra 40 – 47 dB.

Energijos taupymas ir šilumos išsaugojimas

Pastatų šildymui naudojamas šiluminės energijos kiekis, atsižvelgiant į vietovės klimato sąlygas ir gyventojų poreikius, neturi būti didesnis už paskaičiuotą pagal higienos normų ir pastato ar jo patalpų paskirties reikalavimus. Didžiojoje Britanijoje Plimuto universitete buvo nustatyta kad molinių sienų šilumos laidumo koeficientas $\lambda = 0,6 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Šiluminė varža $R_t = 4 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ [46].

Jungtinės Amerikos Valstijose, Oregone, viena šeima atliko eksperimentą – pastatė du nedidelius vieno aukšto gyvenamus namukus apie 13 m^2 . Vienas buvo iš plaušamolio, kitas medinis, apšiltintas stiklo vata. Juose buvo fiksuojama patalpų temperatūra žiema ir vasara, šildant pastatą ir be šildymo. Ryte moliniame name patalpų temperatūra siekė apie 10° C šilumos, mediniame apie 6° C šalčio. Žemiausia temperatūra žiema buvo 17° C šalčio, maksimalus sniego sluoksnis iki 45 cm. Molinio namo išorinės sienos nebuvo pažeistos nei nuo sniego nei nuo lietaus. Vasara aukščiausia temperatūra buvo 32° C šilumos. Esant tokiai temperatūrai molinio namo viduje patalpų temperatūra ne buvo aukštesnė nei 24° C šilumos, o mediniame name siekė net 35° C šilumos. 30 pav. pateikiama temperatūrų skirtumų palyginamoji analizė molinio ir medinio namų viduje. Šilumos šaltinis – saulė.



30 pav. Molinio ir vidinio namų vidaus patalpų temperatūrų skirtumas

Drėgmės laidumas

Didžiojoje Britanijoje yra pastatyta dešimties tūkstančių plaušamolių namų, kai kurie iš jų yra naudojami daugiau nei penki šimtai metų. Plaušamolio namas tinka statyti lietingo ir šalto klimato zonose. Pagrindinis reikalavimas tokio namo statybai – turi būti gerai įrengtas stogas, tvirti pamatai ir kokybiškas tinkas. Paprastai, tokio tipo namai geriausiai tinka šalims, kur yra daug karštų dienų ir vėsios naktys, kur vyrauja jūrinis klimatas.

2.2.2. Molio panaudojimas statybai

Plaušamolis – tai mišinys susidedantis iš viršutinio dirvožemio sluoksnio, molio, smėlio, šiaudų ir vandens. Plaušamolis yra natūrali statybinė medžiaga, išgaunama iš įvairių žemės sluoksnių. Ideali statyboms mišinio sudėtis turi turėti daug grubaus smėlio ir truputi molio. Santykinė reikšmė šių medžiagų yra 4 : 1 (keturios dalys smėlio ir viena dalis molio).

Gruntas (vok. Grund – pagrindas) žemės paviršiaus uolienų sluoksnis, su kuriuo susiduriama inžinerinėje veikloje. Gaminti nedegtojo molio dirbinius tinka rišlusius smulkiagrūdį gruntą. Gruntas gali būti pasitelkiamas į nedegtojo molio dirbinių kompoziciją kaip inertinis mineralinis užpildas. Statybinius užpildus iš nedegtojo molio, norint pastarąjį suliesinti, kad neskeldėtų džiūdama, taip pat gerinti dirbinio šilumos izoliacines savybes, mechaninį atsparumą ir sumažinti tūrio svorį, į molio masę dedama įvairių plaušinių organinių atliekų. Iš jų mūsų sąlygomis naudotini šiaudai, nendrės, spalviai, pakulos, durpės, sapropelis [47].

Smėlis. Nuosėdinė uoliena, sudaryta iš nuotrupinių dalelių. Dalelių skersmuo svyruoja nuo 0,063 mm iki 2 mm. Plaušamolio mišiniui geriausiai naudoti fliuvioglacialinį arba aliuvinį smėlį, kurį galima lengvai rasti prie ežerų ir upių.

Molis. Nuosėdinė uoliena, neorganinė koaguliacinė rišamoji medžiaga, susidedanti iš kaolinito, montmorilonito, hidrožėručių ir įvairių kitų mineralų ir uolienų priemaišų, taip pat augalų ir gyvūnų liekanų. Plaušamolio sudėtyje molis yra svarbi sudedamoji dalis. Svarbu molio nesumaišyti su dumbliu ar durpėmis, kurie gali būti išvaizda ir sudėtimi panašūs į molį. Molį galima atskirti pagal kelias savybes:

- Lipnumas. Reikia paimti dirvožemio bandinuką ir sumaišyti su vandeniu. Tuomet suspausti bandinuką tarp nykščio ir smiliaus, jei norint paleisti bandinuką pirštai bent truputi sulimpa, vadinasi dirvožemio sudėtyje yra molio.
- Plastiškumas. Dirvožemio bandinuką sumaišyti su vandeniu taip, kad konsistencija būtų panaši į plastiliną. Tuomet reikia iškočioti bandinuką iki 0,5 mm skersmens ir apvynioti aplink pirštą. Jei bandinukas nesuskilinės, vadinasi jo sudėtyje yra molio ir jis tinkamas naudoti statybose.

Taip pat jeigu šį bandinuką suspausti kumštyje ir iš jo pradės lašėti vanduo, vadinasi dirvožemio sudėtyje yra daugiau dumblo negu molio.

- **Blizgesys.** Bandinuką su dideliu vandens kiekiu reikia paimti į delną ir paploti kitu delnu tol, kol bandinuko paviršiuje atsiras vandens lašai. Molis pradės blizgėti, o dumblas bus blyškus.

Šiaudai. Išskyrus geologinius komponentus plaušamolis savo sudėtyje turi šiaudus. Šiaudai šiam mišiniui duoda lengvumo, stiprumo, nes atstoja armatūra ir veikia kaip šilumos izoliacija. Plaušamoliui geriau naudoti ilgus šiaudus. Šiaudai turi būti sausi. Plaušamoliui geriausiai tinka avižų, rugių ir žieminių kviečių šiaudai.

Plaušamolio paruošimo technologijos

Tradiciškai plaušamolis buvo maišomas kojomis arba gyvūnų letenomis. Yra įvairių plaušamolio paruošimo būdų ir technologijų. Tai gali būti mišinio maišymas kojomis arba traktoriumi. Vieno iš senesnių būdų, kuris buvo naudojamas Didžiojoje Britanijoje, aprašymas: iškasama duobė, kuri turi būti šalimais būsimos namo sienų. Duobė dažniausiai būdavo 5 metrų ilgio ir 0,3 metrų aukščio. Plaušamoliui ruošti buvo reikalingi keturi žmonės. Iš duobės buvo šalinami dideli akmenys. Toliau vienas žmogus pila vandenį, kitas šiaudus. Du kiti žmonės maišo kojomis plaušamolį [48].

Tam kad gauti geros kokybės plaušamolį reikia kruopščiai sumaišyti vandenį, smėlį, molį ir šiaudus. Kad būtų pasiektas geresnis rezultatas, reikia iš pradžių vandenį sumaišyti su moliu, o paskui tik įdėti smėlį ir šiaudus.

1994 metais Bekai Bi išrado naują sistemą plaušamoliui paruošti. Ši technologija leido ruošti plaušamolį greičiau, paprasčiau ir reikalauja mažiau įrankių. Šiuo būdu ruošus plaušamolį reikia turėti brezentą gabalą 1,5 x 2,5 metrų matmenų. Iškasama duobė 2,5 metrų skersmens ir apie 15 cm gylio. Į ją dedamas brezentas. Toliau paeiliui dedami kibiras smėlio, kibiras molio ir pradėdama maišyti kaip parodyta 31 pav.

Ši stadija vadinasi – sausoji stadija. Kai du organiniai komponentai yra gerai sumaišyti, reikia įpilti vandens. Ir kartojamas maišymas kojomis kaip ir sausosios stadijos metu 32 pav. Kai tik mišinys yra sumaišytas ir vientisos masės, įdedami šiaudai. Šiaudai po truputį dedami ir vienu metu maišomas mišinys. Mišinio masė turi būti tokios konsistencijos kad ją sunku būtų maišyti kojomis, jo forma nekinta.

Mišinį taip pat galima maišyti traktoriumi, arba ekskavatoriumi, tai paspartina mišinio paruošimą. Tačiau paruoštą mišinį reikia iš karto naudoti, nes pagulėjęs kurį laiką šiaudai pradeda pūti ir mišinys jau netinkamas statyboms.



31 pav. Plaušamolio maišymo technologija



32 pav. Plaušamolio mišinio paruošimas

2.2.3. Molinių namų ilgaamžiškumas

Molinės statybos istorija prasideda nuo senų laikų. Anglijoje yra pastatyta 40 tūkstančių molinių namų, Kinijoje yra apie 90 milijonų molinių namų. Šios statybos tradicijos yra saugomos JAV. Pensilvanijoje yra išlikęs namas, kuris buvo pastatytas 1830 metais [49].

2.2.4. Molinių namų pamatų įrengimo technologijos

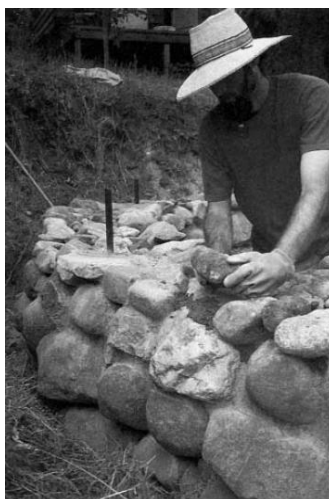
Plaušamolis gali įsigerti daug vandens be jokios rizikos suirti tik tuomet, jeigu jis greitai išdžiūs. Bet jeigu plaušamolis bus ilgą laiką veikiamas vandeniu be galimybių išdžiūti, tuomet šiaudai pradės greitai pūti ir siena suirs. Dėl to įrengiant pamatus reikia pasirūpinti kokybiška vandens nuvedimo sistema.

Pamatai – tai stipri konstrukcija iš akmenų, ant kurio laikosi visas namas. Pamatai perima viso namo apkrovas perduodamas į žemę, taip pat apsaugo pastatą nuo drėgmės, žemės drebėjimų. Molinio namo pamatai susideda iš pačių pamatų, kurie perima visas apkrovas ir laikančiosios sienos, kuri pakelia plaušamolio sieną nuo žemės paviršiaus, tokiu būdu apsaugodama ją nuo drėgmės bei lietaus. Laikančioji siena, tai pamato dalis virš žemės paviršiaus. Laikančioji siena gali būti pastatyta praktiškai iš bet kurios tvirtos statybinės medžiagos, pavyzdžiui, akmuo, keramikinė plytelė, betonas, cementas. Laikančioji siena turi būti ne mažiau nei 45 cm aukščio. Tokio aukščio sienelės pakanka, kad ji galėtų apsaugoti molines sienas nuo vandens, kad lietaus vanduo atšokdamas nuo žemės paviršiaus nesudrėkintų sienos, truputi apsaugo grindis nuo vandentekio vamzdžių trūkimo. Didžiojoje Britanijoje kai kurių namų pastatytą iš molio laikančioji siena yra nuo 1 iki 2 metrų aukščio (33 pav.)



33 pav. Molinio namo laikančiosios sienos pavyzdys, Didžioji Britanija, Devonas

Pamatai neturi būti platesni nei molinė siena, nes tuomet tarp pamato ir sienos iš lauko pusės pradėtų kauptis drėgmė. Netikslinga ekologiškam namui naudoti monolitinius betono arba gelžbetonio pamatus. Mažo seisminio aktyvumo zonose galima įrengti monolitinius pamatus naudojant akmenis ir cemento - smėlio skiedinį (34 pav.)



34 pav. Pamatų įrengimas iš akmenų su cemento – smėlio skiediniu

2.2.5. Molinių namų stogų įrengimo technologija

Moliniam namui stogas yra labai svarbi konstrukcija, kadangi netinkamai įrengtas arba stogas su plyšiais gali negrįžtamai paveikti sienų stiprumą.

Gera įrengto stogo savybės ir funkcijos:

- Saugoti nuo lietaus ir kitų kritulių, nuvedant lietaus vandenį nuo sienų;
- Saugo namą nuo šilumos praradimo ir jos pertekliaus;
- Saugo namo gyventojus nuo vėjo, triukšmo, dulkių ir kitų nepalankių veiksnių;
- Saugo pastatą nuo stiprių vėjų, žemės drebėjimų ir uraganų;
- Laiko veikiančias apkrovas (žmonių, sniego, kritulių ir pan.);

- Saugo pastatą nuo ugnies;
- Laiko įrengtas saulės baterijas;
- Surenka vandenį įvairiems tikslams (laistymui, vartojimui);

Stogas turi būti suprojektuotas tuo pačiu laiku kaip ir visas pastatas. Stogo dizainas tiesiogiai susijęs su namo aukštingumu, tai yra ar namas bus vieno ar dviejų aukštų. Taip pat stogo dizainas priklauso nuo jos ploto, ilgio. Stogo plotas priklauso nuo daugelių faktorių, tokių kaip medžiagos, medžiagų kainą, svorio, atsparumo ugniai, ar stogas bus naudojamas kaip vandens surinktuvas arba kaip sniego šalintuvas. Jeigu stogo paskirtis, bus šalinti sniegą, tai jo paviršius turi būti slydus su dideliu stogo nuolydžiu. Tam tikslui labiausiai tinka plienas arba aliuminis. Jeigu stogo paskirtis surinkti vandenį laistymui, tuomet stogo dangos medžiagos gali būti įvairios. Tačiau jeigu surenkamas vanduo bus vartojamas, tuomet reikia vengti bituminių medžiagų bei kedro dangos. Daugelyje šalių, tokiose kaip Australija, Naujoji Zelandija, Brazilija surenkantys vandenį stogai yra labai populiarūs, o kai kuriuose namuose net nėra kitų vandens šaltinių.

Stogų formai nėra ypatingų reikalavimų. Stogas gali būti plokščias, vienslaidis, dvišlaidis, mansardinis, kūginis, mišrus ir pan. Lietingame klimate labiausiai tinka dvišlaidis stogas. Jis apsaugo sienas nuo vandens, jį nesudėtinga įrengti, tokį stogą veikiančios vertikalios apkrovos pasiskirsto vienodai.

Kaip jau buvo minėta, molinių namų stogams nėra ypatingų reikalavimų apdailos medžiagoms. Tačiau ekologiškame name netikslinga rinktis asfaltbetonio dangos, betono plytelių arba asbestcementinės dangos. Ekologiškų statybų šalininkai labiausiai vertina natūralias stogų dangas – „gyvas“ stogas, tai yra apželdintas, nendrės arba šiaudai.

„Gyvas“ stogas reiškia apželdintas stogas. Apželdinto stogo privalumai: mažina sklindantį išorės triukšmą; mažina ir filtruoja vandens nuotėkį; sklaido saulės šilumą, tuo tarpu mažinant patalpų temperatūrą vasara. Apželdinti stogai lengvi ir esant geram aptarnavimui gali būti naudojami kelis dešimtmečius. Apželdinti stogai gerai įsipiešia į aplinką, gražiai ir natūraliai atrodo, o esant galimybėms ant stogo galima auginti augalus, gėles, net daržoves. 1994 metais Australijoje buvo išleistas straipsnis apie molinį namą su apželdintu stogu, kuris išlaikė didelį gaisrą Sidnėjaus apylinkėse. Gaisro metu visi namai sudegė, o moliniame name tik langas įskilo.

2.2.6. Molinių namų sienų statybos technologijos

Yra trys molinių namų sienų statybos būdai – naudojant grubų plaušamolį, statyba iš plaušamolio kamuoliukų ir statyba su Gab plaušamoliu. Kiekvienas statybos būdas gali būti

pritaikytas pagal sąlygas, bet dažniausiai visi trys būdai yra naudojami vieno namo statybos metu.

Statyba naudojant grubų plaušamolį. Grubus plaušamolis – tai molio ir žvyro mišinys. Privalumas – labai greitai ir lengvai paruošiamas. Naudojamas statant storas sienas, dažniausiai apatines sienų dalis. Tačiau jį galima naudoti statant bet kokio aukščio sienas. Statant iš grubaus plaušamolio reikalingi du žmonės – vienas žemėje paruošia ir paduoda plaušamolio mišinį, kitas, stovintys ant sienos ir suspaudžia plaušamolį. Plaušamolio mišinį suspaudžia į plokštelę 5 – 8 cm storio, šakėmis pakelia plokštelę ir uždeda ant sienos viena ant kitos.

Statyba iš plaušamolio kamuoliukų. Tradicinis statybos būdas, sėkmingai naudojamas Jungtinėje Karalystėje, Afrikoje ir Jemene. Ruošiamas ilgiau negu grubus plaušamolis, tačiau statybos kokybė iš jų yra geresnė. Iš plaušamolio mišinio formuojami nedideli kamuoliukai ir paduodami žmogui ant sienos, kuris juos sutvirtina. Naudojami viršutiniams aukštams statyti, ten kur reikalaujamos plonesnės sienos, taip pat statant arkas ir lentynas.

Statyba su Gab plaušamoliu. Šį statybos būdą 1994 m. atrado Dana Gab. Iš to kyla ir statybos būdo pavadinimas – gab plaušamolis. Mišinys gaunasi labai drėgnas, jis šakėmis arba rankomis dedasi ant sienos. Optimaliausias statybos būdas, nes mišinys gaunasi lankstesnis. Šis statybos būdas yra sąlyginai naujas, tačiau labai greitai tapo populiarius ir plačiai naudojamas. Pagrindinis trūkumas – plaušamolis ilgiau džiuina, o tai gali būti problematiška statant šaltame drėgname klimate, arba jeigu reikia greitai pastatyti aukštus statinius.

Sienų monolitinės struktūros sukūrimas. Nesvarbu kokį statybos būdą pasirinkti statant namą, svarbu kad sujungimas tarp atskirų plaušamolio sluoksnių būtų tvirtas ir stiprus. Plaušamolis kaip statybinė medžiaga yra labai stipri ir tvirta, tačiau geras sluoksnių sujungimas leidžia namui išlaikyti žemės drebėjimus, žemės po pamatais nusėdimo bei kitas apkrovas. Gerai sujungtų tarpusavio plaušamolio mišinio sluoksnių negali atskirti vieno nuo kito jau po kelių minučių nuo sujungimo. Po darbų pabaigos turi būti sunku atskirti kur vienas sluoksnis baigiasi ir prasideda naujas. Turi gautis vienaalytė struktūra. Statybos metu reikia stebėti, kad viršutinis sluoksnis nepradėtų džiūti, nepasikeistų jo spalva. Reikia palaikyti nuolatinę drėgmę, nes ant pridžiūvusio sluoksnio naujas plaušamolio sluoksnis gali neištvirtinti, o tai pablogina sienų kokybę.

Sienų storis ir forma. Sienos prie pamatų turi būti storesnės, nei viršutinių aukštų. Labiausiai tinkanti sienų forma – kūginė. Judant nuo apačios į viršų sienas reikia ploninti apie 5 proc., tai reiškia kad siena kas 45 cm plonėja 2 cm. Sienos ploninimas turi būti protingas, kad viršutinė sienų dalis atlaikytų stogo svorį. Rekomenduojamas minimalus išorinių sienų storis – 30 cm, ir 5 cm vidaus pertvaroms.

Sienų džiovinimas. Sienų džiovinimas priklauso nuo daugelių faktorių, oro temperatūros, drėgmės, vėjo, smėlio ir molio santykio mišinyje, bei mišinio drėgnumo. Svarbi sąlyga džiūstant sienoms – tai oro judėjimas. Priklausomai nuo oro sąlygų sienos gali išdžiūti per savaitę, mėnesį, arba esant storoms sienoms ir šaltam ir drėgnam klimatui ir metų metus.

Sienų susitraukimas. Džiūstant plaušamolis susitraukinėja iki 15 proc. Susitraukinėjant plaušamoliui, sienoje gali atsirasti plyšių. Tam, kad tai neįvyktų reikia ruošiant mišinį įdėti tinkamą kiekį smėlio, tai padės išvengti didelių plyšių bei sustiprins sieną.

Sienų statybos greitis. Jaunas, energingas ir patyręs plaušamolio statytojas gali paruošti 0,4 – 0,7 m³ plaušamolio mišinio per dieną, ruošiant mišinį kojomis. Pavyzdžiui, 90 m² namą su 50cm storio sienomis, dviems durimis ir langais dviejų žmonių brigada, dirbant 5 dienas per savaitę po 8 val. sienų konstruktyvą gali pastatyti mažiau negu per mėnesį.

2.2.7. Molinių namų statybai naudojami įrankiai

Moliniams namams statyti reikalingi įprastiniai statybos įrankiai, bet yra ir specifinių. Naudojami statybos įrankiai yra rankiniai.

Rankiniai įrankiai

Kastuvas. Reikalingas žemei kasti.

Brežentas. Reikalingas plaušamoliui maišyti, 0,5 – 0,7 m².

Bakelis, kurio talpa apie 20 litrų. Jų gali prireikti iki 20 vnt. Reikalingas vandens nešiojimui, arba plaušamolio laikymui, nešiojimui.

Mačetė. Naudojamos dviejų rūšių: kieta ir trumpa bei ilga ir lanksti. Trumpa ir kieta reikalinga plaušamoliui nupjauti, ilga ir lanksti – medžiagai skobti ir pjaustyti.

Dildė.

Dideli mediniai strypai. Reikalingi plaušamolio perforacijai.

Peilis. Reikalingas virvių ar brežento pjaustymui.

Karutis. Geriau naudoti 0,17 m³ talpos.

Statinė 200 litrų talpos. Reikalinga vandens laikymui statybos vietoje.

Purkštukai. Reikalingi tam, kad būtų galima purkšti vandeniu plaušamolį arba tinką.

Sietai su 1,25 ; 0,6 ir 0,3 mm tinklelio skylutėmis.

Kirviai ir pjūklai.

Žarnelė su vandeniu. Reikalinga vandeniui purkšti į plaušamolio mišinį.

Tinkavimo įrankiai (mentelės, grandikliai, minkšti vamzdžių apšiltinimo kevalai, kempinės).

Elektriniai įrankiai

Elektrinis pjūklas. Reikalingas šiaudams pjaustyti.

Kitos priemonės

Markeris, flomasteris. Naudojamas aukščio pažymėjimui.

Kopėčios. Šluostės. Lipnios juostos.

Dirbant su moliu taip pat reikia naudoti kokybiškas asmeninės saugos priemonės – respiratorius, pirštines, specialius batus ir t.t. Statybų aikštelėje turi būti vienas ar keli gesintuvai.

2.2.8. Molinių sienų tinkavimas

Moliniai namai kai kuriuose klimatuose gali puikiai stovėti metų metus be išorinių sienų tinko, bet dažniausiai neapsaugojus pastato sienas tinku jos suyra, praranda savo tvirtumą. Pavyzdžiui, minkštame nevėjingame klimate, tokia kaip Oregone daugelis molinių namų yra pastatyti be išorinio tinko. Tačiau vėjingame, drėgname klimate sienos turi būti apsaugotos, ypač jeigu viena diena yra ir šaltis ir lietus. Neapsaugojus sienų tinku gali padidėti šildymo išlaidos, sienoje atsiras plyšių. Išorinių sienų tinkas turi ne tik jas apsaugoti nuo drėgmės, bet ir būti laidžiu vandens garams. Molinių namų sienos yra „kvėpuojančios“, vandens garai laisvai išeina pro sienas į išorę, todėl tinkas turi būti taip pat „kvėpuojančia“ medžiaga. Molinių namų išorės sienų tinkas yra penkių rūšių: dirvožemis; molis su gyvūnų išmatomis; smėlis su kalkėmis; molis su kalkėmis, kartais gipsas. Nju Meksike tradiciškas tinkas yra smėlis su šiaudais su nedideliu smėlio kiekiu. Turi būti atnaujintas kas 5 metai. Nuolatinės drėgmės sąlygomis šiaudai pradeda pūti, todėl Didžiojoje Britanijoje molinės sienos yra tinkuojamos kalkėmis. Gipsą galima naudoti tik sausame, karštame klimate, pavyzdžiui, Afrikoje. Nerekomenduojama tinkuoti sienas cementiniu tinku. JAV, Didžiojoje Britanijoje ir Naujojoje Zelandijoje atlikti tyrimai parodė, kad pagrindinė molinių namų griūčių priežastis yra cementinio tinko naudojimas.

Tinkui naudojamos medžiagos

Dirvožemis – pagrindinis komponentas. Dirvožemio sudėtyje turi būti reikiamas kiekis molio, kad tinkas gerai galėtų sukibti su siena. Pagrindiniam tinko sluoksniui dirvožemį reikia prasieti per 6 mm sietus.

Molis. Tinkui tinka bet kokio tipo molis. Norint išgauti reikiamos spalvos tinką, reikia į molį įdėti natūralių pigmentų.

Smėlis. Pagrindiniam tinko sluoksniui smėlio kokybė neturi reikšmės. Gali tikti grubus smėlis, su stambiais grudeliais. Tačiau vidaus tinkui reikia naudoti smulkų smėlį, jūros arba dykumos smėlį.

Šiaudai. Šiaudai tinkui turi būti trumpi ir lankstūs. Šiaudai turi būti labai susmulkinti ir juos reikia prasieti per 3 mm sietus.

Miltų pasta. Viena stiklinė miltų ir dvi stiklinės vandens, mišinį reikia sumaišyti iki vientisos masės. Šešias stiklines su verdančiu vandeniu įpilti į mišinį ir virti kol masė nesutirštės. Mišinys turi būti bespalvis.

Kitos medžiagos. Kad tinkas būtų lipnus, galima įpilti PVA klijų.

Siena prieš dedant tinką turi būti tinkamai paruošta, ji turi būti išlyginta. Skirtingo storio tinkas gali būti plyšių priežastimi.

2.2.9. Atvejai, kai molis netinka statyboms

- *Regionuose su šaltu klimatu.* Klimato zonose, kur vyrauja tamsios ir šaltos žiemos ir mažai saulėtų dienų, molis gali pasireikšti priešingai. Tai yra medžiaga, su aukšta termomase, šaltu ir nesaulėtų metu laiku gali reikalauti daugiau šilumos nei įprasta statybinė medžiaga, pavyzdžiui šiaudai ar mediena. Tačiau tokius namus galima statyti, tik apšiltinus sienas iš išorės šiaudais.

- *Vietose su didele potvynių tikimybe.* Sienos iš molio turi didelį atsparumą drėgmei, tačiau didžiausias pavojus tokio tipo namui yra nuolatinis ir ilgalaikis drėgmės poveikis.

- *Vietose, kur nėra molio arba žemės.* Jei šalimais nėra žemės arba vandens, molinius namus statyti netikslinga. Galima transportuoti šias medžiagas į statybos vietą, tačiau tai jau neatitiks ekologinio namo sąvokos, kadangi transportavimo metu į aplinką išmetama daug CO₂ dujų.

- *Didelio seisminio aktyvumo zonose.* Nors namai iš molio yra gana stiprūs kad atlaikyti žemės drebėjimus. Tačiau statant namus, tokiose zonose, yra tam tikri reikalavimai statybos technologijoms. Seisminio aktyvumo zonose, namai iš molio turi būti ne didesni nei du aukštai, turi būti naudojamos sijinės konstrukcijos stogui laikyti, bei turi būti statomos storos, ypač prie pamatų, sienos. Taip pat stogui dengti turi būti naudojamos lengvos statybinės medžiagos.

- *Pastatuose, kur reikalingas nepastovus pastato šildymas.* Didelėse patalpose, pavyzdžiui, salėse, klasėse ar bažnyčiose, reikalinga daug energijos kad jas sušildyti. Todėl šalto klimato zonose statyba iš molio labiau naudojama statant šiltnamius, nedidelius gyvenamuosius namus.

2.3. SKYRIAUS IŠVADOS

Šiame skyriuje buvo trumpai išanalizuota šiaudinių ir molinių namų statybos technologijos. Abi dvi technologijos priskiriamos prie ekologiškų statybos būdu, kadangi konstrukcijų statyboms bei apdailai naudojamos ekologinės statybinės medžiagos, tai yra šiaudai, molis, smėlis, dirvožemis, akmenys, vanduo.

Tokio tipo namai atitinka visiems žaliosios statybos kriterijams:

1. Energijos efektyvumas ir atsinaujinanti energija: tokio tipo namuose naudojami atsinaujinantys energijos šaltiniai, dažniausiai tai saulės energiją.

2. Tiesioginis ir netiesioginis poveikis aplinkai: pastato natūralumas harmoningai įsilieja į gamtinę aplinką, pastate gali būti įrengtas apželdintas stogas, tai sukuria natūralią aplinką, neteršiama gamta, oras, vandens telkiniai, nėra pavojingų aplinkai CO₂ emisijos, bei kitų nuodingųjų dujų išmetimo.

3. Išteklių saugojimas ir perdirbimas: statant tokio tipo namus nelieka statybinių atliekų, statant molinius namus, kai kuriose šalyse stogas įrengiamas taip, kad būtų galimybė panaudoti lietaus vandenį laistymui arba vietiniam panaudojimui.

4. Vidaus aplinkos kokybė: vidaus patalpų tinkavimui naudojamos natūralios medžiagos – smėlis, molis, vanduo, dirvožemis, jų sudėtyje nėra lakių organinių junginių, kenkiančių gyventojų sveikatai, tokio tipo namų sienos yra „kvėpuojančios“, tai reiškia, kad vyksta natūralus patalpų oro judėjimas, nesikaupia drėgmė, mažai rizikos pelėsių ar grybelių veisimuisi.

5. Socialinė aplinka: tokio tipo namų statyba skatina žmones bendrauti, vienytis, vyksta aktyvus bendradarbiavimas su žaląją statybą palakančiomis institucijomis bei savivaldybėmis, skatina statyboms naudoti vietinius produktus.

4 lentelėje trumpai palyginamos šiaudų ir plaušamolio statybos technologijos.

Apibendrinant visą aukščiau pateiktą informaciją galima teigti, kad Lietuvos Respublikos klimato sąlygomis statyti labiau tinka šiaudai. To įrodymas - sėkmingai pastatyti gyvenamieji namai Dievogalos kaime, Taraldžių kaime bei kitur. Tačiau kokybiškai pastatytas ir tinkamai prižiūrimas molinis namas taip pat gali būti pastatytas Lietuvos klimato sąlygomis.

4 lentelė. Šiaudų ir plaušamolio statybos technologijų palyginimas

Rodiklis	Plaušamolio mišinys	Šiaudų briketai
Forma ir dydis	Medžiaga gaminama statybos vietoje tokiame kiekyje, kiek reikalinga pastatyti namą. Plastiškas, galima lipdyti namą bet kokios formos. Gali būti gaminamas bet kokio tankio ir stiprio	Turi būti surenkami laukuose ir presuojami su presavimo mašina. Supresuoti yra vientisos struktūros su vidutiniu tankiu 90 – 110 kg/m ³ . Įvairių dydžių, stačiakampės formos. Reikalauja sąnaudų medžiagos atvežimui į statybos vietą. Turi būti sandėliuojami sausose patalpose
Šiluminės savybės	Blogos šilumos izoliacinės savybės, išsaugo arba šaltį arba šilumą. Šiluminės savybės gerinamos įdėjus daugiau šiaudų	Geros šilumos izoliacinės savybės
Laikančiųjų konstrukcijų savybės	Nereikalauja papildomų laikančiųjų konstrukcijų. Plaušamolis nusėda džiovavimo metu, išdžiūvusi medžiaga yra labai stabili. Gerai išsilaiko per žemės drebėjimus. Negali būti ilgai veikiamas drėgmei, nes sudrėkusi ir neišdžiūvusi medžiaga gali lengvai iširti	Esant vertikalioms apkrovoms šiaudų briketai nusėda. Šiaudiniai namai neišsilaiko per žemės drebėjimus. Nuo šiaudų briketo pagaminimo svarbu palaikyti tam tikrą drėgmės lygį, nes kitaip gali supūti

4 lentelės tęsinys. Šiaudų ir plaušamolio statybos technologijų palyginimas

Rodiklis	Plaušamolio mišinys	Šiaudų briketai
Statybos sąlygos	Negali būti statomas esant šalčiui, didelės drėgmės sąlygose. Reikia saugoti nuo užšalimo ir stipraus lietaus	Statyboms tinka bet kuri oro temperatūra, išskyrus lietingų orų. Svarbu išlaikyti šiaudų briketus sausus
Apsauga	Nuo stipraus lietaus ir staigių šalčių	Nuo drėgmės, graužikų ir ugnies
Statybos trukmė	Lėtesnė statyba, tačiau nereikalauja papildomo tinkavimo	Karkaso surinkimas yra greitas procesas, tačiau daug laiko užtrunka tinkavimas
Geriau naudoti	Tinka statyti nedidelius pastatus, įvairaus dizaino gyvenamus namus. Nedidelio seisminio aktyvumo zonose gali būti statomi iki 3 aukštų namai. Šiltnamiams, gyvenamiesiems nuolatos šildomiems namams. Tinka sausas, lengvai drėgnas klimatas. Nerekomenduojama statyti klimato, kur yra daug lietingų dienų ir stiprių šalčių.	Tinka statyti didelius namus ir nesudėtingus statinius. Taip pat seisminio aktyvumo zonose. Tinka kaip sienų, stogų ir grindų šilumos izoliacinę medžiagą. Bažnyčioms, mokykloms, viešojo naudojimo statiniams. Tinka bet kokio tipo klimatas.

3. EKOLOGIŠKO NAMO RACIONALUS VARIANTO PARINKIMAS

Sprendimui priimti reikalinga tam tikra informacija ar informacijos sprendimo argumentai. Statybos projektiniams sprendimams priimti yra sukurta sprendimų paramos sistema.

Sprendimų paramos sistema – tai informacinė sistema, kuri kaupia duomenis ir žinias iš įvairių šaltinių, juos apdoroja, naudodama įvairius matematinius ir loginius modelius, sprendimų priėmėjui teikia informaciją, reikalingą galimų sprendimų alternatyvoms analizuoti, sudaryti ir įvertinti, priimti sprendimą; gautus rezultatus išvesti ir saugoti. Taigi sprendimų paramos sistema, galinti remtis įvairių šaltinių duomenimis, turi leisti vartotojams transformuoti milžinišką neapdorotą duomenų kiekį į sprendžiamos problemos analizei ir sprendimo priėmimui reikalingus informacinius pranešimus [50].

Daug yra situacijų, kuriose sprendimus reikia priimti remiantis ne tik kiekybiniais, bet ir kokybiniais vertinimais, kai ieškomų sprendimų vertinimų negalima arba netikslinga išmatuoti tiksliai, kai reikia atsižvelgti į kelis (ar daugiau) tarpusavyje nesuderintus veiksnius arba sprendimų optimalumą kriterijus [51].

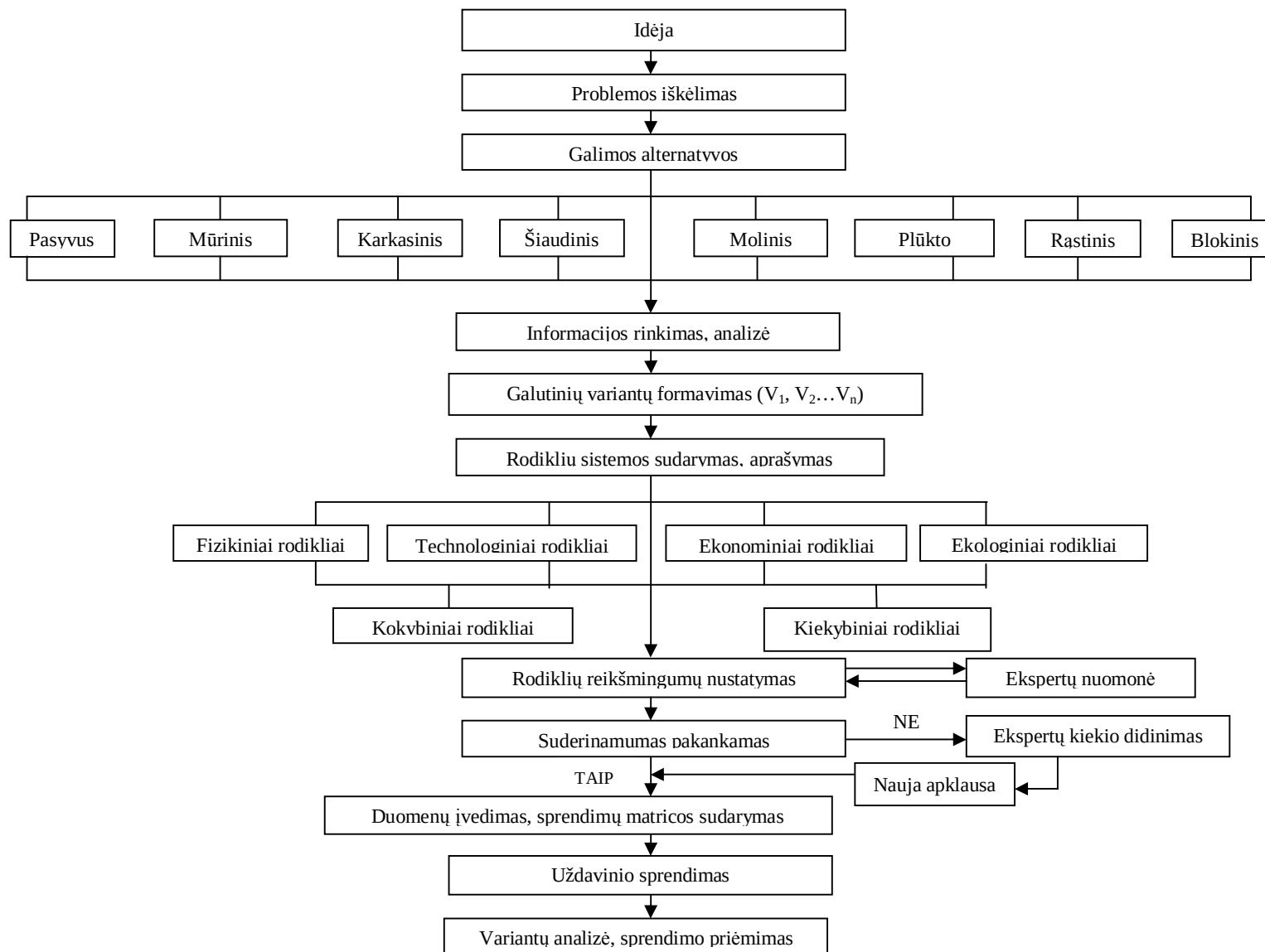
Vienas iš pagrindinių sprendimų teorijos uždavinių yra pasirinkti tikslingus kriterijus (rodiklius). Vertinant skirtingus sprendimo variantus būtina naudotis kriterijais, kurie atspindi operacijos tikslą. Operacija – tai kokia nors veiksmų sistema, kurios paskirtis pasiekti tam tikrą tikslą [51].

3.1. Racionalaus varianto parinkimo modelio sudarymas

Modeliavimas – tai modelių kūrimas, kad būtų galima išnagrinėti arba ištirti objektus, procesus, reiškinius. Modelis – tai faktiškai analogas (pakaitalas) realiai egzistuojančių arba įsivaizduojamų objektų, procesų, reiškinių [51].

Modeliavimo pradžia – objekto, proceso, reiškinio prototipo sukūrimas. Modeliavimo pabaiga – sprendimo priėmimas: arba sukuriamas naujas objektas, kurio modelį buvo nagrinėtas, arba pagerinamas jau egzistuojantis objektas, arba gaunamos papildomos žinios apie šį objektą [51].

35 pav. pateikiamas ekologiško būsto statybos technologijų racionalaus varianto parinkimo modelis.



35 pav. Ekologiško būsto statybos technologijų racionalaus varianto parinkimo modelis

3.2. Variantų formavimas

Baigiamajame darbe užduoties sprendimui parenkami penki namų variantai iš skirtingų statybos medžiagų: šiaudai, molis, plūktas gruntas, rąstai ir plytų mūras. Visos medžiagos yra skirtingos ir turi skirtingas fizikines, technologines savybes. Parenkami realūs namų variantai: Lietuvoje, Kauno raj., Ukrainoje, Australijoje.

1 variantas (V₁). Šiaudinis vieno aukšto skydinis namas Lietuvoje, Kauno raj. Namo plotas – 130 m². Konstrukcijų tipas – skydai. Pamatai – monolitiniai betoniniai. Sienos skydinės. Stogas dvišlaitis (36 pav.).



36 pav. Šiaudinis skydinis namas

2 variantas (V₂). Molinis vieno aukšto gyvenamasis namas pastatytas Ukrainoje. Namo plotas - 100 m². Konstrukcijų tipas – bekarkasis. Pamatai – juostiniai iš akmenų ir betono. Sienos monolitinės. Stogas dvišlaitis (37 pav.).



37 pav. Molinis namas

3 variantas (V₃). Plūkto grunto (rammed earth) dviejų aukštų gyvenamasis namas pastatytas Pietų Australijoje. Namo plotas – 130 m². Konstrukcijų tipas – bekarkasis su armatūra. Pamatai – monolitiniai gelžbetoniniai. Sienos – monolitinės. Stogas – šlaitinis (38 pav.)



38 pav. Plūkto grunto namas

4 variantas (V₄). Rąstinis vieno aukšto gyvenamasis namas pastatytas Lietuvoje, Kauno rajone. Namo plotas - 100 m². Konstrukcijų tipas – bekarkasis. Pamatai – poliniai betoniniai. Sienoms panaudoti rąstai yra apvalūs, mašininio apdirbimo. Stogas dvišlaitis (39 pav.).



39 pav. Rąstinis namas

5 variantas (V₅). Mūrinis vieno aukšto gyvenamasis namas Lietuvoje, Klaipėdos rajone. Namo plotas – 125 m². Konstrukcijų tipas – bekarkasis. Pamatai – monolitiniai betoniniai. Sienos iš mūro blokelių. Apšiltinimas – minkšta mineralinė vata. Stogas – šlaitinis (40 pav.).



40 pav. Mūrinis namas

3.3. Rodiklių sistemos sudarymas ir aprašymas

Norint parinkti ekologiško namo statybos technologijų racionaliausią variantą, reikia tuos variantus palyginti tarpusavyje. Variantai palyginami pagal tam tikrus rodiklius. Rodiklis – tai nagrinėjamo objekto savybės apibrėžimas (pvz.: įrengimo kaina, šilumos laidumas, ilgaamžiškumas, ekologiškumas ir t.t.) [51].

Sprendimų matricoje rodikliai grupuojami į dvi grupes: kiekybinius ir kokybinius. Kiekybiniais rodikliais gali būti: metinės išlaidos, kapitaliniai įdėjimai, įrengimo kaina, pelnas, rentabilumas, darbo apimtis per laiko vienetą, darbo trukmė, darbo imlumas, ilgaamžiškumas ir pan. Kokybiniais rodikliais gali būti: estetinis vaizdas, skonis, prestižas, patogumas ir pan. [50].

Taip pat rodiklius galima skirstyti: į ekonominius, techninius - technologinius, subjektyvius, normatyvinius. Ekonominiai rodikliai - tai rodikliai, kurie dažniausiai gali būti apibūdinami pinigine išraiška. Normatyviniai rodikliai - kurių reikšmės, dydžiai užfiksuoti normatyviniuose dokumentuose.

Techninių - ekonominių rodiklių reikšmės ir reikšmingumus nustatome tokiais metodais: normatyviniai, skaičiavimo ir analogijos. Normatyviniu metodu techninių - ekonominių rodiklių reikšmės ir reikšmingumai nustatomi remiantis normatyviniais dokumentais, sąmatomis, vienetiniais įkainiais, rekomendacijomis. Skaičiavimo metodu norimi dydžiai nustatomi panaudojant empirines ir teorines priklausomybes, statinius duomenis, įvairias formules. Analogijos metodas taikomas tada, kai nagrinėjamas projektas (jo kai kurių rodiklių reikšmės ir reikšmingumai dar nėra žinomi) lyginamas su analogu. Remiantis šiuo metodu, pagal tam tikrus keliamus reikalavimus nagrinėjamam projektui parenkamas analogas. Išnagrinėjus nagrinėjamo projekto ir etalono analogijos požymius, nustatomi perskaičiavimo koeficientai. Visas reikalingas etalono rodiklių reikšmės ir reikšmingumus padauginus iš perskaičiavimo koeficientų, gaunamos trūkstamos nagrinėjamo projekto rodiklių reikšmės ir reikšmingumai [52].

Kiekvienam rodikliui reikia priskirti reikšmingumą, t.y. tam tikru būdu išskirti, kurie iš rodiklių yra labai svarbūs ir kurie ne itin svarbūs. Tam tikslui daroma apklausa. Apklausos duomenys apdorojami, remiantis apklausos rezultatais nustatomas rodiklių reikšmingumas. Rodiklio reikšmingumas - rodiklio įtakos laipsnis galutiniam rezultatui. Pakankamai tiksliai rodiklių reikšmingumus galima nustatyti taikant ekspertų apklausos ir statistinius metodus [53].

3.3.1. Rodiklių aprašymas

Optimalaus ekologiško namo parinkimui pasirinkau rodiklius atspindinčius ekologiškumo koncepciją ekologiško namo apibrėžime. Rodikliai suskirstyti į keturias grupes: fizikinius, technologinius, ekonominius ir ekologinius.

Fizikiniai rodikliai

Fizikiniai rodikliai išreiškia statybinių medžiagų fizikines savybes, tai reiškia medžiagos sugebėjimą reaguoti į fizikinių veiksnių (gravitacijos, vandens, šilumos, garso, elektros srovės, radiacijos ir kt.) poveikius. Fizikiniai rodikliai apima – tankį, šilumos laidumo koeficientą, šiluminę varžą, stiprį, garso izoliavimą, vandens įmirkį, gaisrinę saugą. Fizikinės medžiagų savybės nustatomos specialiose laboratorijose, nustatytais standartiniais metodais. Lietuvoje ir Europoje naudojami Europos Sąjungos standartai (LST EN), tarptautinės standartizacijos organizacijos standartai (LST ISO, LST EN ISO) ir pan.

1. *Tankis* - tai fizikinis dydis, rodantis masės kiekį tūrio vienetu. Kuo didesnis tankis, tuo daugiau masės tenka tūrio vienetui. Tai medžiagą apibūdinantis dydis. Žinant medžiagų tankį galima palyginti iš įvairių medžiagų pagamintų kūnų masę ir neklystant pasakyti, kuri tokio pat tūrio medžiaga yra sunkesnė, o kuri – lengvesnė. Tai kokybinis rodiklis, kuris yra maksimizuojamas. Kuo medžiagos tankis yra didesnis, tuo medžiaga yra stipresnė, sunkesnė. Kadangi medžiagų tankis priklauso nuo daugelių sąlygų, tokių kaip temperatūra, drėgnumas ir pan., tai 11 lentelėje rodiklių reikšmių lentelėje medžiagų tankio reikšmės pateiktos nuo minimalaus iki maksimalaus dydžio. Rodiklis išreiškiamas koeficientu ρ , SI vienetais - kg/m^3 [54].

2. *Šilumos laidumo koeficientas*. Vienas iš svarbiausių medžiagų fizikinių parametrų yra šilumos laidumo koeficientas, nes jis apibūdina medžiagos gebėjimą praleisti šilumos srautą. Kuo šilumos laidumo koeficientas mažesnis, tuo šiluminės savybės yra geresnės. Įvairių kietųjų kūnų šilumos laidumas yra nevienodas. Vieni iš jų, pavyzdžiui, metalai ir įvairūs kristalai, yra geri šilumos laidininkai, o kiti, pavyzdžiui, oras, medis, putplasčiai, yra blogi šilumos laidininkai (jie vadinami šilumos izoliatoriais). Vadinasi, šilumos laidumas priklauso nuo medžiagos sandaros. Medžiagų šilumos laidumas yra nevienodas. Kadangi dujos yra blogas šilumos laidininkas, tai visos medžiagos, turinčios didesnę oro kiekį (putplasčiai, šiaudai), yra vadinamos termoizoliacinėmis medžiagomis. Žinant tam tikros medžiagos šilumos laidumo koeficientą, galima pasakyti, ar ši medžiaga yra geras, ar blogas šilumos laidininkas. Šilumos laidumo koeficientas priklauso ir nuo medžiagos temperatūros, ir nuo savitosios šiluminės talpos. Esant įvairioms kūno temperatūroms, šis koeficientas yra skirtingas. Pagal šilumos laidumo koeficientą reikėtų išskirti efektyvias termoizoliacines medžiagas, kai šilumos laidumo koeficientas išmatuotas esant vidutinei $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūrai, yra $< 0,05\text{ W/m}\cdot\text{K}$. Šią medžiagų grupę sudaro įvairūs putplasčiai, mineralinės vatos gaminiai, celiuliozinė vata, Lietuvoje žinoma kaip ekovata, pustos kamštienos plokštės. Į kitą grupę termoizoliacinių medžiagų, kurių šilumos laidumo koeficientas $0,05 - 0,20\text{ W/m}\cdot\text{K}$, patenka įvairūs medienos ir jos atliekų gaminiai, lengvieji aktyieji betonai, keramzitas ir jo gaminiai. Trečiajai grupei priskiriami

gaminiai, kurių šilumos laidumo koeficientas $> 0,20 \text{ W/m}\cdot\text{K}$. Ją sudaro konstrukciniai akytieji betonai, keraminiai blokeliai, įvairūs tuštymėtieji gaminiai [54].

Tai yra kokybinis rodiklis, kuris matuojamas koeficiento λ dydžiu, kuo šilumos laidumo koeficiento reikšmė yra mažesnė tuo yra geresnės šiluminės savybės. Rodiklis minimizuojamas. SI vienetais rodiklis išreiškiamas $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.

3. *Šiluminė varža*. Šis rodiklis parodo, kaip tam tikro storio gaminis sugeba priešintis šilumos prasiskverbimui. Rodiklis išreiškiamas koeficientu R . Kuo koeficiento reikšmė yra didesnė, tuo geriau medžiagos pasipriešinimas šilumos prasiskverbimui. Rodiklis yra kokybinis, kuris maksimizuojamas. Šiluminė varža priklauso nuo medžiagos šilumos laidumo koeficiento (λ), izoliacinio sluoksnio storio (d). Kitaip tariant, tai medžiagos sluoksnio storio ir šilumos laidumo koeficiento santykis. Šiluminė varža tai atvirkščias dydis šilumos perdavimo koeficientui (U). Gyvenamųjų namų sienos šiluminė varža R , pagal STR 2.05.01:2005 „pastatų aitvarų šiluminė technika“, turi būti lygi arba didesnė nei 5 ($R \geq 5 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$). Nustatant šiluminę varžą reikia vertinti ne vien konstrukcinės medžiagos varžą, o visos sienos šiluminę varžą. Pagal SI vienetų sistemą rodiklis yra išreiškiamas $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ [47].

4. *Stiprumas*. Tai medžiagų sugebėjimas priešintis irimui ir deformacijoms, kuriuos sukelia išorinės jėgos (gniuždymo, tempimo, lenkimo, sukimo ir kt.), kiti faktoriai (temperatūros pokyčiai, nevienodas pamatų sėdimas ir kt.). Rodiklis apibūdinamas stiprumo riba, t.y. didžiausiais įtempiais, kuriems esant medžiaga suyra. Skaitine stiprumo reikšmė vadinama stipriu. Projektuojant statybines konstrukcijas ypač svarbu žinoti medžiagų gniuždymo stiprį, tempimo stiprį, lenkimo stiprį ir kt. Šie medžiagų rodikliai nustatomi bandant standartinius bandinius specialiomis bandymo mašinomis. Gniuždymo ir tempimo stipris išreiškiamas bandinio irimą sukeliančios jėgos F ir skerspjūvio ploto A santykiu. Rodiklis SI vienetų sistemoje išreiškiamas N/mm^2 . Rodiklis yra kokybinis, maksimizuojamas. Kuo rodiklio reikšmė yra didesnė, tuo konstrukcija yra stipresnė [42]. Pavyzdžiui, akmens pavidalo medžiagos yra žymiai (5 – 10 kartų) atsparesnės gniuždant nei tempiant, lenkiant. Metalai, mediena, dauguma plastikų pasižymi panašiai vienodai dideliu gniuždymo stipriu, tempimo ir lenkimo stipriais. Išdžiūvusio molio stipris gniuždant gali siekti $20 \text{ N}/\text{mm}^2$ [54].

5. *Garso izoliavimas*. Triukšmas yra atsitiktiniai netvarkingi svyravimai – garso (akustinis triukšmas) arba elektros srovės ir įtampos (elektrinis triukšmas). Triukšmą sukelia netvarkingas oro slėgio arba elektros įtampos kitimas. Garso slėgio lygiui palyginti su standartiniu girdos slenksčiu ($2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$) akustikoje naudojamas vienetas decibelas, dB. Nuolatinis triukšmas matuojamas garso slėgio lygiu decibelais (dB), o kintantis, vibruojantis – ekvivalentiniu garso lygiu – dB(A). Su triukšmu dažniau susiduriame fiziologinėje, muzikinėje akustikoje. Akustinis triukšmas mažina žmogaus darbingumą, kenkia jo sveikatai. Su

nuolatinio triukšmo susiduria gyvenviečių, ypač didelių miestų, gyventojai, žmonės, gyvenantys šalia autostradų, kertančių miestų pakraščius. Triukšmo šaltinių pasiskirstymas, dB: mažiausias girdimas garsas – 0–10; lapų šnaresys – 20; žmogaus šnabždesys – 30; biblioteka – 40; rami įstaiga – 50; paprastas pokalbis, lengvojo automobilio triukšmas – 60; telefono skambutis – 70; dainavimas (solo) – 90; automobilio signalas – 110; lėktuvo variklio garsas – 120; didžiausias ištveriamas garsas – 130. Pagal higienos normas HN 33-1:2003 „Akustinis triukšmas. Leidžiami lygiai gyvenamojoje ir darbo aplinkoje. Matavimo metodikos bendrieji reikalavimai“ leistinas triukšmo lygis šalia gyvenamųjų namų priklauso nuo paros laiko kinta nuo 45 dB (naktį 22.00 val. – 6.00 val.) iki 55 dB (dieną 6.00 val. – 18.00 val.). Triukšmas ne tik trukdo miegoti, bendrauti, ilsėtis, bet ir kenkia pagrindinėms žmogaus funkcinėms sistemoms – nervų, kraujotakos, virškinimo, endokrininėms liaukoms funkcionuoti. Triukšmo poveikis asmenims labai įvairus, tačiau netgi žmogaus, kuris psichologiškai adaptuojasi prie nuolatinio triukšmo fono, organizmas nuolat priverstas būti gynybinės reakcijos. Tai yra kokybinis rodiklis, kuris matuojamas decibelais (dB). Rodiklis maksimizuojamas. Kuo didesnis dB skaičius, tuo medžiagą geriau sugeria garą [54].

6. *Gaisrinis saugumas.* Atsparumas ugniai – tai medžiagų savybė, apibūdinanti jų elgseną gaisro metu. Pagal tai medžiagos skirstomos į degumo klases. 2000 m. priimta bendroji statybinės produkcijos degumo klasifikacija, atitinkanti ES direktyvos 89/106/EEC nuostatas, pagal kurias visos statybinės medžiagos skirstomos į euroklases. Euroklasifikacija – tai statybos produktų skirstymas į septynias degumo klases: A1, A2, B, C, D, E ir F (5 lentelė).

Degdamos statybinės medžiagos išskiria dūmus. Gaminiai pagal dūmų susidarymą skirstomi į 3 klases: s1, s2, s3 (kuo skaičius didesnis, tuo daugiau išsiskiria dūmų) ir pagal degančiųjų dalelių susidarymą – dar į 3 klases: d0, d1, d2 (d0 – degančiųjų dalelių neišsiskiria). Rodiklis yra kokybinis, matuojamas balais nuo 1 iki 7. Kuo aukštesnis balas, tuo geresnis medžiagos atsparumas ugniai. Rodiklis maksimizuojamas. A1 klasei priskiriamas aukščiausias balas – 7, F klasei – 1. Presuotų šiaudų tinkuota siena priskiriama prie R90 – R120 atsparumo ugniai klasės, pagal euroklasifikaciją tai atitinka B degumo klasei, tai yra mažai degi medžiaga.

5 lentelė. Statybinių medžiagų degumo klasės

Degumo klasė	Apibūdinimas	Medžiagų elgsena gaisro metu	Medžiagų pavyzdžiai	Balai
A1	Nedegios	Visiškai nepalaiko degimo	Akmens vata, betonas, keramika, natūralus akmuo, molis, plūktas gruntas, plytų mūras	7
A2	Nedegios	Visiškai nepalaiko degimo	Stiklo vata	6
B	Sunkiai degiosios	Nežymiai palaiko degimą	Cementu sujungtos smulkinių plokštės, presuoti šiaudai nutinkuoti molio tinku, specialiomis medžiagomis apdoroti rąstai	5

5 lentelės tęsinys. Statybinių medžiagų degumo klasės

Degumo klasė	Apibūdinimas	Medžiagų elgsena gaisro metu	Medžiagų pavyzdžiai	Balai
C	Sunkiai degiosios	Kažkiek palaiko degimą	Fanera su degumą mažinančiais priedais	4
D	Degiosios sunkiai užsiliepsnojančios	Ženkliai palaiko degimą	Mediena, OSB plokštės, fanera be degumą mažinančių priedų	3
E	Degiosios vidutiniškai užsiliepsnojančios	Skatina degimą	Polistireniniai putplasčiai su degumą mažinančiais priedais, linoleumas, presuoti šiaudai	2
F	Degiosios lengvai užsiliepsnojančios	Elgsena nereglamentuojama	Polistireniniai putplasčiai be degumą mažinančių priedų	1

Technologiniai rodikliai

Konstrukciniu požiūriu svarbiausi yra techniniai reikalavimai. Jie turi užtikrinti, kad pastatas būtų stiprus, tvirtas, ilgaamžis, patikimai apsaugotų žmones ir įrangą nuo įvairių atmosferos poveikių, saugus gaisro atvejais, atitiktų visus higienos reikalavimus. Nagrinėjama ir estetinė konstrukcijų pusė. Medžiagų sąnaudos požiūriu ekonomiškiausia yra tokia konstrukcija, kai iki galo yra išnaudojamos medžiagų fizikinės mechaninės savybės.

7. Konstrukcijų tipai. Egzistuoja įvairūs statinių konstrukcijų tipai bei jų statybos būdai ir technologijos. Jie pasirenkami priklausomai nuo būsimos statinio paskirties, vietovės, finansinių lėšų ir pan. Galima išskirti kelis pagrindinius gyvenamųjų namų konstrukcijų tipus: bekarkasiai, karkasiniai, skydiniai arba stambiaplokščiai. Bekarkasiai – su laikančiosiomis skersinėmis ir išilginėmis sienomis; karkasiniai – su visu ir ne visu karkasu; stambiaplokščiai – montuojami paeiliui aukštais iš stambių surenkamųjų plokščių. Nuo pasirinkto konstrukcijos tipo priklauso namo aukštingumas, jo plotas, atitvarų konstrukcijų tipas, statybinių medžiagų pasirinkimas, statybos trukmė ir pan.

Bekarkasiai namai. Tai namai, kurių sienos pačios laiko savo ir stogo svorius. Tai yra skersinės ir išilginės sienos yra laikančios. Naudojant šį konstrukcijų tipą, priklausomai nuo statybinių medžiagų pastatyti namai gali būti iki dviejų aukštų. Jei bekarkasis namas statomas iš presuotų šiaudų ryšulių, tai namas gali būti tik vieno aukšto, yra apribojimai langų plotams vienoje sienoje. Statant namą iš plaušamolio ar plūkto grunto, sienos gaunasi monolitinės, tvirtos. Tačiau naudojant šį konstrukcijų tipą, namą galima statyti tik iki 2 aukštų. Statant sudėtingesnius pastatus, statinio tvirtumui ir stiprumui naudojama metalinė armatūra. Rąstiniuose namuose sienos statomos iš apdorotų rąstų. Statant tokį namą karkasas nenaudojamas, rąstai po du vienas ant kito suneriami ir tvirtinami mediniais kaiščiais. Montavimo metu tarp rąstų ir sąsparose sandarinimui klojamas izoliacinis sluoksnis. Tam gali būti naudojamas lino pluoštas, vilnos audinys arba specialiai sandarinimui skirta akmens vata. Mūriniams namams statyti nenaudojamas karkasas. Namo stabilumui ir tvirtumui naudojami armatūriniai tinklai, jie sustiprina mūrą horizontaliose siūlėse.

Karkasiniai namai. Karkasas – svarbiausias namo struktūros elementas, nuo kurio priklauso pastato ilgaamžiškumas, stiprumas ir patvarumas. Karkasiniai namai nuo skydinių skiriasi tuo, kad karkasiniai renkami tiesiai statybos aikštelėje ant įrengtų pamatų. Lanksti statybos technologija leidžia įgyvendinti įvairiausias architektų idėjas, namo projektas gali būti pačių įvairiausių formų, turėti daug kampų, stogas gali turėti nuo vienos iki keliasdešimties plokštumų, pusapvalis, namo viduje erdvės be sienų gali būti itin didelės. Karkasiniai namai pasižymi trumpu statybos laikotarpiu. Namo konstrukcinė dalis gali būti pastatyta per porą savaičių, visas kitas laikas skiriamas apdailai ir komunikacijoms. Karkasinis namas – lengvas, tad jam reikia pigesnių pamatų nei vykdant mūrinę statybą. Karkasinius namus lengva remontuoti ir rekonstruoti bei galima lengvai keisti namų išplanavimą nedidinant sąnaudų ir sąmatos. Karkasinį namą negalima statyti lietingu oru, nes mediena gali sudrėkti ir namo konstrukcijos gali deformuotis.

Skydiniai namai yra paprastas ir ekonomišką būdas gyvenamojo būsto statybai. Skydas – tai gamykloje pagaminta medinio karkaso pagrindu namo siena. Prieš pradedant sienų gamybą, kiekvienai iš jų padaromas detalus brėžinys. Namo sienos yra paruošiamos gamykloje ir atvežamos į statybos vietą tik surinkimui. Sienos gali būti gaminamos kartu su išorės apdaila ir vidaus apdaila. Pagamintas sienų komplektas transportuojamas į statybos aikštelę ir surenkamas ant pamatų vidutiniškai per tris dienas. Lengvas montavimas ir langų bei durų įstatymas žymiai pagreitina namo statybą, dėl to galima visiškai išvengti kritulių poveikio konstrukcijų kokybei.

Tai yra kokybinis rodiklis, kuris yra vertinamas balais nuo 1 iki 3 (6 lentelė). Geriausiam variantui suteikiamas maksimalus balas – 3, blogiausiam – 1. Rodiklis maksimizuojamas.

6 lentelė. Konstrukcijų tipo įvertinimas, balais

Konstrukcijų tipai	Bekarkasė konstrukcija	Karkasinė konstrukcija	Skydinė konstrukcija
Balai	2	1	3

8. Pamatų tipai. Pamatas – tai pastato dalis, kuri yra žemiau žemės paviršiaus. Jis perima visas pastato apkrovas ir perduoda į gruntą. Pamatais vadinamos požeminės konstrukcijos, į kurias remiasi antžeminės pastatų konstrukcijos ir perduoda aukščiau esančių konstrukcijų apkrovas gruntui. Pamatas gali būti akmeninis, betoninis, gelžbetoninis. Pagal konstrukcijas pamatai skirstomi į atskiruosius, juostinius, ištisinius ir polinius. Pamatų tipo pasirinkimui didelę įtaką turi konkrečios vietovės gruntinės sąlygos (grunto tipas, išalimo gylis, gruntinių vandenų kiekis ir lygis, paviršiaus reljefas ir pan.) bei būsimą pastato konstruktyvas (laikančiųjų konstrukcijų medžiagos, stogo danga, inžinierinė įranga).

Juostiniai pamatai po sienomis dažniausiai surenkami iš gelžbetoninių pado blokų ir betoninių sienos blokų. Kai gruntas yra silpnas, rekomenduojama daryti gelžbetoninius

monolitinius juostinius pamatus. Jei name įrengiamas rūsys, tuomet klojami juostiniai pamatai. Tai sudėtingesnis, brangesnis ir užimantis daugiau laiko pamatų įrengimo būdas, palyginus su poliniu. Prisideda daug žemės darbų, reikia taisyklingai įrengti hidroizoliaciją, ventiliaciją ir pan. Tai yra patys populiariausi pamatai Lietuvoje. Tai pamatai, kurie montuojami iš gelžbetoninių blokų arba liejami iš paprasčiausio betono prieš tai paruošus klojinius. Tačiau jų montavimas kiek ilgesnis, ypač monolitinių, kuriems dar reikia paruošti klojinius. Ekskavatoriumi iškasamas reikiamo gylio pamatas. Dugnas nuklojamas 15 – 20 cm. storio smėliu, sutankinamas. Surenkami klojiniai, sudedama armatūra ir išpilamas betonas. Gaunami lygūs pamatai. Teisingai įrengus pamatus, jų ilgaamžiškumas gali siekti iki 100 metų [55].

Poliniai pamatai daromi, kai yra nepakankamai stiprus gruntas. Polinius pamatus sudaro vienas polis arba jų grupė, viršuje sujungta rostverku. Polinių pamatų tipai: gręžtiniai, kaltiniai, spaustiniai, plūktiniai, sraigtiniai, vibromonolitiniai, kombinuotieji. Poliniams pamatams naudojami poliai būna: kaltiniai arba plūktiniai. Kaltiniai poliai yra surenkamieji, jie gaminami gamykloje. Jie į gruntą gramzdinami kalant. Plūktiniai poliai yra monolitiniai, jie betonuojami statybos aikštelėje, iš anksto padarytose skylėse. Plūktiniai poliai įrengiami išgręžtose arba kitu būdu padarytose skylėse. Šie poliai daromi 10–50 m ilgio. Jie būna betoniniai arba gelžbetoniniai iš B20–B30 klasės betono [55]. Gręžtiniai poliai įrengiami žemėje išgręžus skylę, į kurią įleidžiamas armatūros karkasas ir užpilamas betonas. Jie įrengiami grunte pastatams, kurie perduoda dideles vertikalias bei horizontalias jėgas. Jie standūs, pagrindo laikomoji galia didelė, nes gruntas negali būti išspausstas iš po pamato į žemės paviršių.

Polinių pamatų privalumai: jų naudojimas gerokai sumažina žemės darbų apimtį (80 proc. lyginant su juostiniais pamatais), sumažina medžiagų sąnaudą (betono - 40 proc.), nereikia ruošti pagrindo ar žeminti aukštų gruntinių vandenų. Poliniai pamatai laikomi vienu iš tvirčiausių pamatų tipų. Į žemę iki 10-12 metrų gylio yra kalami poliai, suteikiantys ne tik atramą, bet ir sutankinantys gruntą.

Rodiklis yra kokybinis, vertinamas surinktų balų kiekiu (7 lentelė). Ties kiekvienu teiginiu surašomi balai nuo 1 iki 2. Geresniam variantui suteikiamas 1 balas, blogesniui – 2. Rodiklis minimizuojamas.

7 lentelė. Pamatų tipo vertinimas, balais

Rodiklio pavadinimas	Poliniai pamatai	Juostiniai pamatai
Betono/ g/b sunaudojimas	1	2
Darbų trukmė	1	2
Žemės darbų apimtis	1	2
Įrengimo kaina	2	1
Iš viso:	5	7

9. *Pamatų medžiagos.* Pastato pamatai yra svarbi statinio elemento dalys. Nuo jų pasirinkimo ir įrengimo kokybės priklauso viso statinio stiprumas, gyvavimo laikotarpis. Todėl

medžiagų parinkimas pamatams, yra ne mažiau svarbus procesas. Statant ekologišką namą, tai yra namą iš natūralių medžiagų, tokių kaip šiaudai, molis, gruntas, netikslinga rinktis medžiagą pamatams – betoną. Šiuo atveju labiau tinka natūralūs akmenys. Nors pamatų medžiagos pasirinkimas tiesiogiai priklauso nuo pastato paskirties, konstrukcijų sudėtingumo, jo ploto ir pan. Statant įprastinį mūrinį namą, kurio perduodamos apkrovos yra žymiai didesnės nei šiaudinio namo, atvirkščiai akmenys gali neatlaikyti namo svorio. Šis rodiklis yra kokybinis, vertinamas balais. Aukščiausias balas suteikiamas ekologiškoms medžiagoms, tokioms kaip akmenys, žemiausias balas standartinėms – betonui, gelžbetoniui (8 lentelė). Rodiklis maksimizuojamas.

8 lentelė. Pamatų medžiagų įvertinimas, balais

Medžiagų tipas	Betonas	Gelžbetonis	Natūralūs akmenys	Padangos	Žemės maišai
Balai	2	1	5	4	3

10. Sienų tipai. Sienos - tai vertikaliosios pastatų atitvaros, stovinčios ant pamato. Pagal jų padėtį skiriamos vidinės ir išorinės sienos. Sienos, kurios perima apkrovas (dažniausiai nuo perdangų ir stogo) yra vadinamos laikančiosiomis sienomis. Sienos – svarbus pastatui konstrukcinis elementas, todėl pastatai dažnai vadinami pagal sienų rūšį: mediniai, mūriniai, plytiniai ir kt. Išorinės sienos turi užtikrinti patalpų apsaugą nuo atmosferos poveikių, reikiamą temperatūrą juose, leistiną drėgmę. Izoliuoti patalpas nuo garso. Galimo gaisro atveju tam tikrą laiką atlaikyti aukštos temperatūros poveikį. Kaip laikantys elementai išorės sienos suteikia pastatui standumą, pastovumą, stiprumą, jungia atskiras pastato dalis, atskirus pastato konstrukcinius elementus į erdvinę konstrukcinę sistemą. Nuo sienų konstrukcijų sprendinio priklauso statybos darbo sąnaudos, statybos būdai, pastato statybos trukmė. Pagal naudojamus elementus, iš kurių statomos sienos, jos būna iš akmenų, plytų, blokelių, medinių rastų (tašų) ir lentų, taip pat stambių akmenų (bloku), stambiaplokštės ir monolitinės.

Monolitinės sienos – tai vientisas konstrukcinis elementas, kuris yra statomas tiesiogiai statybos vietoje. Monolitinės sienos gali būti statomos iš betono, gelžbetonio, plaušamolio, plūkto grunto ir pan. Privalumai: nėra apribojimų konstrukcijų žingsniui; visas sienos gamybos ciklas yra pernešamas į statybos aikštelę; greitas statinių kėlimas; monolitinės sienos neturi siūlių, dėka to gerinama konstrukcijos šiluminės ir garso izoliacinės savybės; tokios sienos ilgaamžiškesnės; pigesnė pastato konstrukcija; patalpų projektavimo variantų įvairenybė [56].

Mūrinės sienos pagal konstrukciją skirstomos: vienasluoksnė mūro siena (nėra termoizoliacinės medžiagos); dvisluoksnis mūras (konstrukcija apšiltinta termoizoliacine medžiaga); trisluoksnis mūras (tarp laikančiojo ir apdailinio mūro dedama termoizoliacinė medžiaga). Mūrinės sienos gali būti pastatytos iš plytų ir blokelių. Namo statybai iš blokelių, galima rinktis iš gausybės jų rūšių: keraminių, silikatinių, keramzitinių, akytojo betono (dujų silikato) blokelių. Mūrijant iš plytų būtina atkreipti dėmesį į oro temperatūros sąlygas -

nerekomenduojama mūryti per lietų, ar esant minusinei temperatūrai. Mūrinių sienų privalumai: turi aukštą atsparumo ugniai klasę (A1); sienos yra ilgaamžės ir tvirtos; plytos pasižymi itin geru atsparumu cheminiam ir atmosferos poveikiui, gniuždymui [57].

Skydinės sienos gaminamos iš surenkamų stambių, gamyklose pagamintų skydų. Skydinių sienų privalumai: gerai sumontuotos skydinė sienos techniniais parametrais nenusileidžia plytinėms arba iš blokelių pastatytoms sienoms, jų statybos trukmė trumpesnė ir kaina žemesnė; fasadų ir vidaus apdailai galima naudoti pačias įvairiausias medžiagas; skydinė statyba nepriklauso nuo oro sąlygų, nes skydai ruošiami uždarose patalpose, o montavimas vyksta iš automobilių transporto – nereikia laikinų patalpų statybvietėje, mediena išvengia drėgmės- nesideformuoja. Statybos vietoje nelieka daug atliekų, tai „švari“ statyba; skydinės sienos eksploatavimo metu nesideformuoja, nes sienos cechuose gaminamos horizontalioje padėtyje ir suspaudžiamos presais; visi skydinių namų elementai, elektros ir santechnikos ertmės gali būti projektuojami specialia kompiuterine programa, kuri užtikrina gerą ir tikslų montavimą statybos vietoje; sienos sumontuojamos per 3–6 dienas (prieš tai sienų gamyba cechuose užtrunka tik 2–4 savaites); skydiniams namams užtenka pigesnių pamatų nei vykdant mūrinę statybą, nes namo konstrukcijos lengvesnės. Skydinių sienų trūkumai: būtina apsaugoti nuo graužikų (tai išsprendžiama gamybos metu taikant papildomas priemones); neilgaamžės (eksploatacija apie 50 metų, vėliau juos reikia atnaujinti); inžinerinių komunikacijų name keisti beveik neįmanoma; nerekomenduotini statiškaai sudėtingi architektūriniai sprendimai; ribotas atstumas tarp namo tarpatramių, sudėtingiau keisti išplanavimą [58].

Rąstinio namo sienos surenkamos iš rąstų (tašų). Pagal pagaminimo būdą rąstiniai namai skirstomi į 3 pagrindinius tipus: rankinio apdirbimo; mašininio apdirbimo; klijuotų rąstų namus. Rankinio apdirbimo rąstinio namo sienos sureštos iš natūralių, rankiniu būdu apdirbtų rąstų. Tokio rąsto privalumas yra tai, kad net po apdirbimo jis nepraranda savo natūralumo. Namo sienos renčiamos montuojant horizontalius rąstų žiedus vieną ant kito. Kadangi natūralūs rąstai yra skirtingo skersmens, tai klojant viršutinį žiedą, guldymo rąsto išilginis griovelis rankiniu būdu priderinamas, kad tiksliai atitiktų apatinio rąsto nelygumus. Mašininio apdirbimo rąstinių namų sienos daromos iš vienodų, mechaniškai apdirbtų rąstų. Rąstai yra ištekinami ir gaunami apvalūs (cilindruoti) rąstai, arba frezuojamos ir gaunamos įvairios stačiakampio profilio formos. Statybos metu tarp rąstų dedamas apšiltinimas. Jeigu rankinio apdirbimo rąstų namai yra jau statomi šimtmečius, tai klijuotų rąstų namų gamyba yra palyginti nauja technologija. Rąstai tokiems namams yra suklijuojami iš medienos tašų ir toliau mechaniškai apdirbami, dažniausiai frezuojami. Rąstai gali būti klijuojami vertikalčiai arba horizontalčiai. Labai svarbu, kad rąstai būtų suklijuoti ekologiškais klijais, tada rąstinis namas nepraranda savo savybių. Rąstinių sienų privalumai: gyvenamajam namui rąstai turėtų būti ne mažiau kaip

20-24 cm skersmens, tada namo šiluminė varža būtų pakankama ir jo nebereikėtų papildomai šiltinti; greita ir sąlyginai nebrangi jų statyba (150 kv. m. ploto namą 3 statybininkų brigada gali pastatyti per 2-3 mėn.)

Rodiklis yra kokybinis, vertinamas balais nuo 1 iki 5 (9 lentelė). Geriausiam variantui suteikiamas aukščiausias balas – 5, blogiausiam – 1. Rodiklis maksimizuojamas.

9 lentelė. Sienų tipo įvertinimas, balais

Rodiklio pavadinimas	Monolitinės	Mūrinės	Skydinės	Sienos iš rąstų
Kaina	4	1	3	2
Montavimo sudėtingumas	3	1	4	2
Oro sąlygų įtaka statybai	1	2	4	3
Montavimo laikotarpis	3	1	4	2
Iš viso:	11	5	15	9

11. Sienų šiltinimo medžiaga. Nuo sienų apšiltinimo medžiagos parinkimo priklauso viso namo šilumas, komfortiškumas. Parenkant šiltinimo medžiagą svarbu atsižvelgti į jos šiltinti namus galima ekologiškomis (šiaudai, nendrių dembliai, linų ir kanapių pluoštas, medienos plaušas, avių vilna, ekovata) ir sintetinėmis medžiagomis (putų polisterolis, mineralinė vata ir pan.). Šiaudai pastatų apšiltinimui naudojami seniai. Šiaudai, kaip pastatų šiltinimo medžiaga, yra išsamiai ištirti. Austrijoje, Danijoje, JAV, Vokietijoje ir kt. šalyse standartiniais metodais nustatytos pagrindinės šiaudų savybės: šilumos laidumas $\lambda = 0,045 - 0,072 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$; degumo klasė E (palaidų šiaudų) ir B klasė (presuotų ir tinku padengtų šiaudų); atsparumas drėgmei – šiaudų drėgnis nepasiekia ribinio, puvinimą sukeliančio, jei jie instaliuojami aitvarų išorėje, padengiami garams laidžiomis medžiagomis arba tarp šiaudų ir apdailos paliekamas vėdinamas oro tarpas. Sienų apšiltinimui iš išorės naudojami maži presuotų šiaudų ryšuliai (ryšulio matmenys 23x45x55 cm). Šiaudais galima šiltinti mūrinius, rąstinius, šiaudinius, molinius namus [59].

Bene populiariausia Lietuvoje namų šiltinimo medžiaga – mineralinė vata. Mineralinė vata - tai bendras neorganinių plaušinių medžiagų pavadinimas. Mineralinė vata yra labai minkšta, lanksti šilumą izoliuojanti medžiaga. Pagal žaliavos rūšį mineralinė vata skirstoma į stiklo vatą, akmens vatą ir šlako vatą. Akmens vata gaminama iš bazalto uolienos, dolomito ir kitų priedų; stiklo vatos žaliava yra kvarcinis smėlis, perdirbamas stiklas, soda ir kiti priedai. Abiem atvejais žaliavos išlydomos, pluoštinamos, įpurškiamas rišiklis, pluoštas nusodinamas ant konvejerio ir patenka į krosnį, kurioje apdorojamas 250°C temperatūroje. Čia iš rišiklio pašalinamos lakiosios substancijos, rišiklis sukietėja; medžiaga įgauna vientisumą, reikiamą tvirtumą. Jeigu reikia, vata gali būti padengiama aliuminio folija, stiklo audiniu ar metaliniu tinklu. Paskui vatos kilimas pjaustomas į plokštes ar demblius ir pakuojamas. Akmens vatos

pagrindinės savybės: šilumos laidumas $\lambda = 0,040 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$; degumo klasė – A1; atsparumas drėgmei – Lietuvoje pabuvusi akmens vata gali atrodyti šlapia, bet iš tikrųjų sušalpa tik keli paviršiaus milimetrai. Impregnuota akmens vata yra vandens neįgerianti, nors ir aktyva medžiaga [60].

Ekovata - termoizoliacinė medžiaga iš celiuliozės, naudojama pastatų konstrukcijoms apšiltinti. Ekovata gaunama, naudojant perdirbtą celiuliozės pluoštą, sumaišant su netoksiškais, nekeliančiais jokie pavojaus žmogaus sveikatai medžiagomis: boro rūgštimi ir boroksu. Ekovatos pagrindinės savybės: šilumos laidumas $\lambda = 0,038 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$; degumo klasė – B (sunkiai degios medžiagos); atsparumas drėgmei – drėgmė priklauso nuo ją supančios aplinkos, tai yra jos drėgmė keičiasi kaip ir medienos. Keičiantis santykinei oro drėgmei, drėgmė patenka ant viršutinio sluoksnio, jos plaušeliai tarpusavyje sulimpa, sudarydami ploną plėvelę, kuri užkerta kelią orui patekti į medžiagos vidų. Todėl namų apšiltinimui naudojant ekovatą nebūtina naudoti drėgmę izoliuojančias plėveles [61].

Šis rodiklis yra kokybinis, vertinamas balais nuo 1 iki 3 (10 lentelė). Didžiausias balas – 3, priskiriamas ekologiškai šiltinimo medžiagai, pasižyminčiai geromis šilumą izoliuojančiomis savybėmis. Mažiausias balas duodamas medžiagai, kuri pasižymi geromis savybėmis, tačiau nėra ekologiška ir yra kenksminga aplinkai ir žmogaus sveikatai. Rodiklis maksimizuojamas.

10 lentelė. Sienų šiltinimo medžiagos vertinimas, balais

Šiltinimo medžiaga	Šiaudai	Akmens vata	Ekovata
Balai	2	1	3

12. Galimybė keisti aitvarų formą. Standartinės namo aitvarų formos yra stačiakampės, kvadratinės. Tai lemia standartinių statybinių medžiagų, tokių kaip plytų mūras, betono blokai, mediena, panaudojimas. Tačiau statant iš ekologiškų nestandartinių medžiagų, tokių kaip šiaudai, plaušamolis, plūktas gruntas, galima pasiekti įvairaus dizaino ir skirtingų namų aitvarų formų. Namai gali būti apvalūs, sraigės formos, arkiniai ir pan. Pavyzdžiui, Airijoje pastatytas sraigės formos dviejų aukštų gyvenamasis namas iš šiaudų briketų. Rodiklis yra kokybinis, vertinamas balais nuo 1 iki 5 (11 lentelė). Aukščiausias balas suteikiamas tai alternatyvai, kurios galimybės keisti aitvarų formos yra didesnės.

11 lentelė. Aitvarų formos įvertinimas, balais

Statybinė medžiaga	Šiaudai	Molis	Plūktas gruntas	Rąstai	Plytų mūras
Balai	4	5	3	2	1

13. Būtina išorės apdaila. Fasadas - tai architektūrinis namo stiliaus elementas, į kurį pirmiausia atkreiptinas dėmesys. Šis faktas atveria neribotas menines galimybes: kuriant namo viziją, svarbiu uždaviniu tampa optimalaus sprendimo pagal formą, spalvą ir faktūrą radimas, naudojant architektūrinio dekorą elementus, kartu sukuriant unikalią ir šiuolaikišką namo išvaizdą. Be estetiškos funkcijos, dekoratyvinei apdailai taip pat tenka atlikti apsauginę nuo oro

sąlygų (liūčių, vėjų, temperatūrų skirtumo) funkciją. Tinkamai parinkta namo išorės apdaila pagerina ne tik jo estetinį vaizdą, bet ir šilumos izoliaciją, apsaugo nuo aplinkos poveikio, taigi, didina namo išliekamąją vertę. Taip pat išorinė apdaila yra namo vizitinė kortelė, tad ji turėtų būti suderinta su viso namo stilistika. Tačiau yra tokių namų, kur išorės apdaila nereikalinga. Prie tokių namų galima priskirti rąstinius, plūkto grunto. Tais atvejais, kai išorės pastato fasado apdaila nereikalinga, sumažinami statybos kaštai. Tai yra gana svarbus privalumas. Išorės apdaila gali būti pagaminta iš ekologiškų medžiagų, tokių kaip molis, smėlis, kalkių ir vandens mišinys. Tokio tipo apdaila naudojama ne tik ekologiškuose namuose, bet gali būti panaudota ir įprastiniuose namuose, plytų mūro, blokinio ir pan. Ji yra nebrangi, savo sudėtyje neturi toksiškųjų medžiagų, apsaugo statinio sienas nuo atmosferinių poveikių.

Rodiklis yra kokybinis, maksimizuojamas, vertinamas balais nuo 1 iki 5. Aukščiausias balas suteikiamas namui, kuris nereikalauja apdailos. Žemiausias – neekologiskoms apdailos medžiagoms.

14. Naudojamų priemonių poreikis. Rodiklis parodo pastato statybos metu naudojamų priemonių, tai yra įrankių ir mechanizmų, poreikį. Priemonių poreikis priklauso nuo pastato sudėtingumo, nuo pasirinktų statybinių medžiagų, konstrukcijų tipo, gamtinių sąlygų ir pan. Rodiklis yra kokybinis, vertinamas balais nuo 1 iki 5. Geriausias balas – 1, suteikiamas tam variantui, kurio statybos metu yra reikalaujamas mažiausias priemonių kiekis, taip pat vertinamas priemonių sudėtingumas. Rodiklis minimizuojamas.

15. Ilgaamžiškumas. Pastato konstrukcijos ilgaamžiškumas – savybė, užtikrinanti neįsėdimo ir nesideformuojančio pastato eksploatavimą numatytą laiką ir numatytomis sąlygomis. Tai iš esmės lemia medžiagų ir konstrukcijų ilgaamžiškumas – jų stiprumas, atsparumas šalčiui, drėgmei, korozijai, ugniai ir pan. Medžiagų ir konstrukcijų ilgaamžiškumą galima padidinti įvairiais būdais: naudojant tinkamus konstrukcinius sprendimus, pavyzdžiui, neleidžiant lietaus vandeniui patekti ant šalčiui mažai atsparių plytų arba kitas neilgaamžes medžiagas padengiant atspariomis dangomis ir kt. Kiekybiniu požiūriu pastatų konstrukcijų ilgaamžiškumas nustatomas jų eksploatavimo, neprarandant reikiamų savybių, laiku. Todėl yra keletas pastatų ilgaamžiškumo klasių, kurios nurodo, kiek metų gali būti naudojamas pastatas ar jo konstrukcija – 125, 100, 50, 20, 5. Šiaudinių namų ilgaamžiškumas siekia 100 metų. To įrodymas išlikę ir tinkamai prižiūrėti pastatai Prancūzijoje, JAV. Šie pastatai iki šiol yra naudojami pagal savo paskirtį, tai yra gyvenami pastatai [62]. Plūkto grunto namų ilgaamžiškumas gali siekti net kelis šimtmečius. Šiuo metu JAV yra registruota apie 350 000 plūkto grunto gyvenamųjų bei komercinių pastatų, kai kurie iš jų yra iki šiol naudojami pagal paskirtį, jų eksploatavimo laikotarpis siekia 100 metų. Seniausių pastatų statybos metai yra

1600 m. [63]. Plūkto grunto pastato pastatyto drėgname kontinentalniame klimato gyvavimo laikotarpis siekia iki 60 metų [64].

Rodiklis yra kokybinis, maksimizuojamas. Vertinamas balais nuo 1 iki 5. Aukščiausias balas suteikiamas ilgaamžiškesnei konstrukcijai.

16. Maksimaliai galimas aukštingumas. Aukštingumas – tai aukštis nuo vidutinės sklypo paviršiaus altitudės iki aukščiausios pastato dalies (kraigas, ugniasienė). Pastato aukštingumas matuojamas metrais. Šiuo atveju maksimaliai galimo aukštingumo sąvoka apima pastato aukštingumą nenaudojant papildomų konstrukcijų, tvirtinimų. Šiaudinį bekarkasį namą galima statyti tik vieno aukšto, šiaudinis karkasinis ar skydinis namas gali būti iki keturių aukštų. Statant aukštesnius namus, reikia papildomai stiprinti konstrukcijas. Molis pagal stiprumą yra labai panaši statybinė medžiaga į šiaudus. Statant namus iš molio, naudojant bekarkasį konstrukcijų tipą, kai visos išorinės sienos laiko savo ir stogo svorį, galima tik iki dviejų aukštų. Aukštesnė statyba galima tik naudojant papildomus metalinius strypus, linus, sijas konstrukcijų sustiprinimui. Statant namą iš plūkto grunto jo galimas maksimalus aukštingumas nenaudojant armatūros tik iki trijų metrų. Visi aukštingesni pastatai turi būti statomi tik naudojant plieninės armatūros strypus. Rąstiniai namai statomi dažniausiai vieno – dviejų aukštų. Mūras, kaip statybinė medžiaga yra didelio stiprumo, todėl statant namus iš mūro blokelių jų aukštingumas gali būti iki penkių aukštų. Rodiklis kiekybinis, vertinamas metrais. Šis rodiklis yra maksimizuojamas.

17. Galimybė pakeisti planą. Svarbus techninis reikalavimas – galimybė be sudėtingos rekonstrukcijos pakeisti pastato funkcionalumą, planą ir pan. Šis rodiklis priklauso nuo laikančiųjų konstrukcijų medžiagos, jos stiprio, lankstumo ir pan. Šiaudai, plaušamolis dėl savo savybių turi tokią galimybę, tai yra galima nesudėtingai pakeisti vidaus patalpų planą, pastatyti priestatą ir pan. Plūkto grunto, rąstinio bei mūrinio namų galimybės pakeisti planą yra apribotos. Rodiklis yra kokybinis, vertinamas balais. Namai, kuriuose galima nesudėtingai pakeisti planą, įvertinami 2 balais, ir namai, kurie tokios galimybės neturi, įvertinami 1 balu. Rodiklis maksimizuojamas.

Ekonominiai rodikliai

Tai reikalavimai priimti tokius sprendimus, kad pastatas būtų pastatytas mažiausiomis išlaidomis per trumpiausią laiką ir kad per visą naudojimo laiką pastato eksploatacinės išlaidos būtų kuo mažesnės. Ekonominiai rodikliai apima statybos trukmę, statybos kainą, energijos sunaudojimas, energijos sąnaudos per metus, šildymo išlaidos.

18. Statybos trukmė. Tai planuojamas statinio statybos laikotarpis. Statinio statybos trukmė priklauso nuo daugelių faktorių: nuo pasirinktų statybinių medžiagų, nuo pastato paskirties, jo ploto, sudėtingumo, klimatinio, geologinio sąlygų ir pan. 11-oje rodiklių reikšmių

lentelėje pateikti namų iš įvairių medžiagų statybos trukmės laikai yra apytikriai. Kadangi tai labai sąlyginis procesas, kaip minėta aukščiau, priklausantis nuo įvairių faktorių. Pateikti duomenys atspindi tik pastato sienų surinkimo laikotarpį, tai yra į šį statybos laiką neįskaičiuojami pamatų, šilumos izoliacijos, apdailos įrengimai. Rodiklis yra kokybinis ir matuojamas balais nuo 1 iki 5. Geriausias balas - 1, suteikiamas tam variantui, kurio konstruktyvo statybos laikotarpis yra trumpiausias. Šis rodiklis minimizuojamas. 3 – 4 žmonių brigada gali per dieną pastatyti 5 – 10 m² plūkto grunto sienų. Tai 100 m² plūkto grunto namą 3 – 4 žmonių brigada gali pastatyti preliminariai per 20 darbo dienų [65].

19. Statybos kaina. Statybų kainos priklauso nuo technologiškai būtinos ir ilgalaikės darbų trukmės, naudojamų įvairių produktų, konkurencijos, paklausos bei daugelio kitų veiksnių. Kainos nustatomos naudojantis įvairiais kainodaros metodais, vertinant ekspertams bei lyginant su analogais. Visais kainos nustatymo atvejais jos lygi ekonomiškai pagrindžia išlaidų rodiklis. Statybos skaičiuojamosios kainos nustatymo tikslas – apskaičiuoti ir iš anksto numatyti ekonomiškai pagrįstas statinių projektinių sprendinių parengimo, realizavimo, statybos vykdymo, projekto valdymo bei kitas išlaidas ir, atsižvelgiant į rinkos sąlygas bei kitus veiksnius, planuoti bendrąjį investicijų poreikį arba suformuoti tikslinę statybos kainą (biudžeto ribas). Kadangi statinių statybos skaičiuojamoji kaina nustatoma atsižvelgiant į rinkos kainų lygį skaičiuojamuoju laikotarpiu, skaičiuojant taikomos kainos ir bendrieji ekonominiai rodikliai turėtų atspindėti rinkos būseną.

Šiaudinio karkasinio namo 1 m² kaina pateikta remiantis 2005 metais pastatyto tokio tipo namo kaina. Skydinio šiaudinio namo kaina pateikta remiantis Lietuvos Respublikos įmonės Ecococon, vienintelės įmonės, kuri stato skydinius šiaudinius namus, pateikta kaina.

Molinio namo 1 m² pateikta kaina yra apytiksli. Kainos nustatymu buvo remiamasi Kanadoje pastatytų namų kainomis, jos svyruoja nuo 50 iki 100 kanados dolerių, tai yra nuo 132 iki 265 litų (Lietuvos Banko duomenimis, valiutos kursas 2010 m. gegužės 12 d. 1 kanados doleris = 2,6467 litų). Kaina priklauso nuo pastato sudėtingumo, statybos metu naudojamų medžiagų ir mechanizmų.

2005 metų duomenimis plūkto grunto namo 1 m² sienos kaina svyravo 70 – 100 svarų, tai yra nuo 284 – 402 litų (Lietuvos Banko duomenimis, valiutos kursas 2010 m. gegužės 12 d. 1 svaras = 4,0217 litų) [66].

Rąstinio namo 1 m² kaina buvo nustatyta remiantis įvairių Lietuvos Respublikoje registruotų įmonių nustatytomis kainomis. Pateikta kaina yra vidutinė rąstinio namo konstruktyvo statybos 1 m² rinkos kaina. Kaina svyruoja priklausomai nuo rąstų apdirbimo technologijos, kampų sukirtimo tipo bei rąstų skersmens.

Mūrinio namo 1 m² kaina buvo nustatyta remiantis įvairių Lietuvos Respublikoje registruotų įmonių nustatytais kainomis. Pateikta kaina yra vidutinė mūrinio namo konstruktyvo statybos 1 m² rinkos kaina. Kaina svyruoja priklausomai nuo apšiltinimo medžiagos parinkimo, apdailos medžiagų tipo, mūrijimo technologijos, sienos konstrukcijos tipo.

Rodiklis kokybinis, vertinamas balais nuo 1 iki 5. Geriausias balas – 1, suteikiamas variantui, kurio statybos kaina yra mažiausia. Rodiklis minimizuojamas.

Ekologiniai rodikliai

Tai rodikliai, kurie įvertina energijos sąnaudas medžiagų gamybai, teršalų emisijos į aplinką dydį.

20. *Privalumai sveikatos atžvilgiu.* Tai kokybinis rodiklis, kuris yra vertinamas balais. Kiekvienam iš pateiktų teiginių priskiriama po 1 balą ir sprendimų matricoje įrašomas suminis kiekvieno varianto balas. Rodiklis maksimizuojamas.

21. *Galimų pavojų skaičius.* Tai kokybinis rodiklis, kuris yra vertinamas balais. Rodiklis minimizuojamas, kadangi kuo mažiau pavojų atsiranda statybos metu, tuo yra saugesnė statyba. Kiekvienam iš pateiktų teiginių yra priskiriama po 1 balą. Čia įvardijami sunkių statybinių medžiagų kritimas iš aukščio, statytojų aukštos kvalifikacijos reikalavimai pasirengiant statybai, nuodingųjų medžiagų išsiskyrimas statybos metu ir pan.

22. *CO₂ emisija.* Rodiklis parodo, kiek anglies dioksido išmetama į aplinką gaminant vieną kilogramą tam tikros statybinės medžiagos. Rodiklių reikšmių lentelėje neigiamas skaičius parodo, kad gaminant šią medžiagą anglies dioksidas yra sugeriamas iš aplinkos. Rodiklis yra kokybinis, vertinamas balais nuo 1 iki 5. Mažiausias balas – 1, suteikiamas tai statybiniai medžiagai, kurios gamybos metu išsiskiria mažiausiai teršalų. Rodiklis minimizuojamas.

23. *Būtinės klimatinės sąlygos.* Rodiklis parodo varianto pritaikymas klimatinėms sąlygoms, tai yra kokiam klimate gali būti pastatytas pastatas. Rodiklis kokybinis, vertinamas balais nuo 1 iki 5. Aukščiausias balas – 5, suteikiamas variantui, kuris tinka statyti Lietuvos klimatinėse sąlygose. Rodiklis maksimizuojamas.

24. *Biodegradacija.* Tai biologinis medžiagų skilimas. Biodegradacijos proceso metu mikroorganizmai suskaido teršalus į nekenksmingus mineralinius junginius. Šis rodiklis parodo pastato gyvavimo ciklo nugriovimo stadijos atliekų kiekį. Tai yra kokybinis rodiklis, vertinamas balais. Variantui, kuris nepalieka atliekų, neteršia aplinkos yra suteikiamas aukščiausias įvertinimas – 5 balai. Rodiklis maksimizuojamas.

12 lentelė. Bendroji rodiklių reikšmių lentelė

Rodikliai	Mato vnt.	Šiaudinis namas	Molinis namas	Namas iš žemės (plūkto grunto namas)	Rąstinis namas	Mūrinis namas
Fiziniai rodikliai						
Tankis	Kg/m ³	90 – 150	1200 – 1900	1700 - 2200	550 -810	1200 – 1400
Šilumos laidumo koeficientas, λ	W/(m·K)	0,045 – 0,072	0,6	0,46 – 0,81	0,16-0,30	0,68
Šiluminė varža, R	m ² ·K/W	7 - 9	4	0,35 – 0,70	1,95	5 – 5,17
Stiprumas	N/mm ²	1,034 – 2,06	1 – 2	2,07	5	10 – 17,5
Garso izoliavimas	dB	55	40 – 47	50	40	53
Gaisrinė sauga	Klasės	B	A1	A1	B	A1
Technologiniai rodikliai						
Konstrukcijų tipai	Balai	Bekarkasis, karkasinis, skydinis	Bekarkasis	Bekarkasis (gali būti naudojama armatūra)	Bekarkasis	Bekarkasis (naudojama armatūra)
Pamatų tipai	Balai	Juostiniai betoniniai, poliniai plūktiniai	Juostiniai monolitiniai betoniniai	Juostiniai monolitiniai betoniniai arba gelžbetoniniai	Poliniai – gręžtiniai, juostiniai monolitiniai betoniniai	Poliniai - gręžtiniai, surenkamieji, juostiniai monolitiniai betoniniai arba gelžbetoniniai
Pamatų medžiagos	Balai	Natūralus akmuo, betonas	Natūralus akmuo, betonas	Natūralus akmuo, betonas	Betonas, gelžbetonis	Betonas, gelžbetonis
Sienų tipai	Balai	Blokinė iš presuotų šiaudų briketų, skydinė	Monolitinės	Monolitinės	Rankinio apdirbimo, mašininio apdirbimo, klijuotų rąstų	Plytų mūras, blokai, blokeliai
Sienų šiltinimo medžiaga	Balai	Šiaudai	Šiaudai	-	Mineralinė vata, ekovata, šiaudai	Mineralinė vata, ekovata, polistireninis putplastis, šiaudai ir pan.
Galimybė keisti aitvarų formą	Balai	Įvairių formų (kampuotas, apvalus, arkinis, sraigės ir t.t.)	Įvairių formų (kampuotas, apvalus, arkinis ir t.t.)	Įvairių formų (kampuotas, apvalus)	Įvairaus dizaino(stačiakampis)	Įvairaus dizaino(stačiakampis)
Būtina išorės apdaila	Balai	Taip (Molio tinkas)	Taip (molio tinkas, kalkių tinkas)	Nereikalinga	Galima, bet nebūtina	Bet kokio tipo (dekoratyvus tinkas, medinės ar plastikinės dailylentės, plytos ir pan.)
Naudojamų priemonių poreikis	Balai	Rankiniai, elektriniai (pjūklas, šlifluokis)	Rankiniai, elektriniai	Rankiniai	Rankiniai, elektriniai (mechanizmai, autokranai)	Rankiniai, elektriniai (mechanizmai, keltuvai)
Ilgaamžiškumas	Metais	≈ 100 metų	≈ 150 metų	≈ 60 - 100 metų	≈ 100 metų	≈ 100 metų
Maksimaliai galimas aukštingumas	Metrais	Bekarkasė – 3 metrai, karkasinė, skydinė – iki 12 metrų	Iki 6 metrų	Iki 3 metrų	Iki 7 metrų	Iki 15 metrų

12 lentelės tęsinys. Bendroji rodiklių reikšmių lentelė

Rodikliai	Mato vnt.	Šiaudinis namas	Molinis namas	Namas iš žemės (plūkto grunto namas)	Rąstinis namas	Mūrinis namas
Galimybė pakeisti išplanavimą	Balai	Taip	Taip	Ne	Ne	Ne
Ekonominiai rodikliai						
Statybos trukmė	Dienų skaičius	Bekarkasė – iki 5 dienų, karkasinė – iki 30 dienų, skydinė – iki 7 dienų	Iki 30 dienų	Iki 20 dienų	Iki 15 dienų	90 - 120 dienų
Statybos kaina	Litais/m ²	Karkasinė statyba – nuo 125, skydine – nuo 250	264 – 492	300 - 400	195 - 290	150 - 300
Ekologiniai rodikliai						
Privalumai sveikatos atžvilgiu	Balai	„kvėpuojančios“ sienos; nesusidaro dulkių; neišsiskiria sveikatai nuodingų medžiagų (CO ₂ sugeria iš atmosferos); šiaudų sudėtyje nėra sintetinių priedų; labai geros termo- ir garsoizoliacinės savybės; geras patalpų mikroklimatas	„kvėpuojančios“ sienos; nesusidaro dulkių; neišsiskiria sveikatai nuodingų medžiagų; molio sveikatingumo savybės; palaikomas geras mikroklimatas pastato viduje; reguliuoja patalpų drėgnumą; sugeria kvapus	Nėra pavojaus graužikų atsiradimų, pelėsių veisimosi; šilta žiema – vėsu vasara	Nesklando ir nesikaupia dulkės; turi geras garso ir šilumos izoliavimo savybės; palaikoma natūrali drėgmė, oras neišsausėja; medienos sakai teigiamai veikia kvėpavimo takus ir plaučius; šilta medienos spalva ramina nervų sistemą	Geros šilumos ir garso izoliacinės savybės; nėra pavojaus graužikų atsiradimui
Galimų pavojų skaičius	Balai	Klimato pavojai: lietus, šalčiai	Klimato pavojai: lietus, šalčiai; drenažo sistemos įrengimo būtinumas	Klimato pavojai: lietus, šalčiai; sunkių elementų kritimas	Sunkių elementų kritimas iš aukščio; nepakankama statytojų kvalifikacija; papildomos išlaidos mechanizmų nuomai	Sunkių elementų kritimas iš aukščio; nepakankama statytojų kvalifikacija; papildomos išlaidos mechanizmų nuomai; nuodingųjų medžiagų išsiskyrimas; negalima atlikti mūro darbus esant žemesnei nei 5 °C temp.
CO ₂ emisija	kg	-0,73	0	0	0,544	0,23
Būtinios klimatinės sąlygos	Balai	Tinka bet koks klimatas (drėgnas, sausas, jūrinis, žemyninis, arktinis)	Karštas, sausas oras, mažai lietingų dienų, nėra ilgalaikių ir stiprių šalčių	Karštas, sausas oras (dykuma), mažo drėgnumo oras, temperatūra žiema 5 °C šalčio	Tinka bet koks klimatas (jūrinis, žemyninis, arktinis)	Tinka bet koks klimatas (jūrinis, žemyninis, arktinis), mažiau tinka vietoms su karštu sausu klimatu

3.4. Racionalaus varianto parinkimas

Kompleksiniam visų rodiklių įvertinimui taikomi daugiakriteriniai sprendimų priėmimo metodai. Šiuo metu pasaulyje esama dešimtys įvairių daugiakriterinių metodų. Baigiamajame darbe racionaliausio varianto nustatymui bus panaudoti paprastų svorių sudėjimo (SAW), TOPSIS ir daugiakriterinio kompleksinio proporcingo įvertinimo metodai.

3.4.1. Paprastų svorių sudėjimo metodas (SAW)

Paprastų svorių sudėjimo metodas leidžia įvertinti įvairių dimensijų rodiklius. Visų rodiklių reikšmingumų suma turi būti lygi vienetui ($\sum_{i=1}^n w_i = 1$). Šiuo metodu uždavinys sprendžiamas tokiu nuoseklumu [67].

1 etapas. Sprendimo priėmimo matricos normalizavimas:

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{a_{j\max}}; \quad x_{ij} = \frac{a_j^{\min}}{a_{ij}}. \quad (1, 2)$$

Pagal (1) formulę normalizuojami maksimizuojami elementai, o pagal (2) formulę - minimizuojami elementai.

2 etapas. Normalizuotos matricos tos pačios alternatyvos kiekvienas narys dauginamas iš jo reikšmingumo ir sudedamas su kitais alternatyvos nariais.

$$S_{SAW} = \max_j \sum_{i=1}^n x_{ij} \times w_i, \quad j = 1, 2, 3, \dots, m. \quad (3)$$

3 etapas. Geriausios alternatyvos išrinkimas pagal (3) sąlygą.

3.4.2. TOPSIS metodas

Šis metodas vadinamas variantų racionalumo nustatymu artumo idealiam taškui metodu (TOPSIS – Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution). Lietuvoje TOPSIS metodas gerai žinomas ir taikomas statybos uždaviniams spręsti nuo 1986 metų. TOPSIS metodas išsiskiria iš daugelio daugiatikslio alternatyvų vertinimo metodų tuo, kad nėra jokių apribojimų, nustatant rodiklių reikšmingumus ir rodiklių reikšmingumų suma nebūtinai turi būti lygi vienetui [68, 69].

Skaičiuojant šiuo metodu geriausias sprendinys yra tas, kuris yra arčiausiai idealaus sprendinio ir toliausiai nuo blogiausio sprendinio. Topsis išeities duomenys yra sprendimo priėmimo matrica D :

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & x_{n3} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}.$$

1 etapas. Normalizuotos matricos R sudarymas dimensijoms eliminuoti. Kiekvienas sprendimų priėmimo matricos elementas normalizuojamas pagal formulę:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m x_{kj}^2}}. \quad (4)$$

2 etapas. Normalizuotos svertinės matricos sudarymas. Kiekvienas normalizuotos matricos elementas dauginamas iš atitinkamo reikšmingumo w_i . $\sum_{i=1}^n w_i = 1$.

$$V = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_1 r_{12} & w_1 r_{13} & \dots & w_1 r_{1m} \\ w_2 r_{21} & w_2 r_{22} & w_2 r_{23} & \dots & w_2 r_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n r_{n1} & w_n r_{n2} & w_n r_{n3} & \dots & w_n r_{nm} \end{bmatrix}.$$

3 etapas. Idealaus teigiamo A^+ ir idealaus neigiamo A^- sprendinių nustatymas:

$$A^+ = \left\{ (\max_j v_{ij} \mid i \in I), (\min_j v_{ij} \mid i \in I'), j = 1, 2, 3, \dots, m \right\} = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\}; \quad (5)$$

$$A^- = \left\{ (\min_j v_{ij} \mid i \in I), (\max_j v_{ij} \mid i \in I'), j = 1, 2, 3, \dots, m \right\} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}, \quad (6)$$

čia: $I = \{i = 1, 2, 3, \dots, n\}$ ir $I' = \{i = 1, 2, 3, \dots, n\}$.

4 etapas. Atstumų nuo idealaus teigiamo ir idealaus neigiamo sprendinių skaičiavimas.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - v_i^+)^2}, \quad j = 1, 2, 3, \dots, m, \quad (7)$$

čia: S_i^+ – atstumas nuo nagrinėjamos alternatyvos iki idealaus teigiamo sprendinio.

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - v_i^-)^2}, \quad j = 1, 2, 3, \dots, m, \quad (8)$$

čia: S_i^- – atstumas nuo nagrinėjamos alternatyvos iki idealaus neigiamo sprendinio.

5 etapas. Santykinio atstumo iki idealaus sprendinio skaičiavimas. Alternatyvos A_j artumas idealiam taškui A^+ apibrėžiamas taip:

$$C_j^+ = \frac{S_j^-}{S_j^+ + S_j^-}, \quad (9)$$

čia: $1 \geq C_j^+ \geq 0$, $j = 1, 2, 3, \dots, m$. $A_j = A^+$ kai $C_i^+ = 1$ ir $A_j = A^-$ kai $C_i^+ = 0$.

6 etapas. Geriausio varianto išrinkimas, t. y. artimiausio vienetui.

3.4.3. Daugiakriterinio kompleksinio proporcingo įvertinimo metodas (COPRAS)

Daugiakriterinio kompleksinio proporcingo įvertinimo metodą (COPRAS) 1994 metais sukūrė E.V. Zavadskas ir A. Kaklauskas. Skaičiuojant šiuo metodu nagrinėjamų variantų prioritetiškumas ir jų naudingumo laipsnis tiesiogiai ir proporcingai priklauso nuo alternatyvas adekvačiai apibūdinančių rodiklių sistemos, rodiklių reikšmių ir reikšmingumų dydžių. Kriterijų reikšmės ir pradinius reikšmingumus apskaičiuoja ekspertai. Visą šia informaciją gali pakoreguoti suinteresuotos grupės (užsakovas, vartotojai ir pan.), atsižvelgdamos į savo siekiamus tikslus ir esamas galimybes. Todėl alternatyvų įvertinimo rezultatai išsamiai pateikia ekspertų ir suinteresuotų grupių bendrai pateiktus pradinius duomenis. Nagrinėjamų alternatyvų prioritetiškumas ir reikšmingumas skaičiuojamas keliais etapais [70, 71].

1 etapas. Sudaroma įvertinta normalizuota sprendimų priėmimo matrica D . Šio etapo tikslas – iš lyginamųjų rodiklių gauti bedimensius (normalizuotus) įvertintus dydžius. Kai žinomi bedimensiai įvertinti dydžiai, galima palyginti visus skirtingų matavimo vienetų rodiklius. Tam naudojama tokia formulė:

$$d_{ij} = \frac{x_{ij} \cdot q_i}{\sum_{j=1}^m x_{ij}}, i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, m, \quad (10)$$

čia x_{ij} – i kriterijaus reikšmė j sprendimo variantu; q_i – kriterijų reikšmingumas.

Kiekvieno kriterijaus x_i gautų bedimensių įvertintų reikšmių d_{ij} suma visada lygi šio kriterijaus reikšmingumui q_i :

$$q_i = \sum_{j=1}^m d_{ij}, i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, m. \quad (11)$$

2 etapas. Apskaičiuojamos j variantą apibūdinančių minimizuojančių S_{-j} ir maksimizuojančių S_{+j} įvertintų normalizuotų rodiklių sumos. Jos apskaičiuojamos pagal formulę:

$$S_{+j} = \sum_{i=1}^n d_{+ij}; S_{-j} = \sum_{i=1}^n d_{-ij}; i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, m. \quad (12)$$

3 etapas. Lyginamų variantų santykinis reikšmingumas (efektyvumas) nustatomas remiantis juos apibūdinančiomis teigiamomis S_{+1} ir neigiamomis S_{-1} savybėmis. Kiekvieno varianto a_j santykinis reikšmingumas Q_j nustatomas pagal formulę:

$$Q_j = S_{+j} + \frac{S_{-\min} \cdot \sum_{j=1}^m S_{-j}}{S_{-j} \cdot \sum_{j=1}^m \frac{S_{-\min}}{S_{-j}}}, j = 1, 2, 3, \dots, m. \quad (13)$$

4 etapas. Nustatomas variantų prioritetiškumas. Juo didesnis Q_j , tuo varianto efektyvumas (prioritetiškumas) yra didesnis. Pavyzdžiui, jeigu $Q_1 > Q_2 > Q_3$ tai geriausias yra pirmasis variantas. Remiantis šiuo metodu paprasta įvertinti, po to ir išrinkti racionaliausius projektus, aiškiai matant šio proceso fizinę prasmę. Be to, juo remiantis suformuotas apibendrintas (redukuotas) kriterijus Q_j tiesiogiai ir proporcingai priklauso nuo lyginamų kriterijų reikšmių x_{ij} ir reikšmingumų q_i santykinės įtakos galutiniam rezultatui.

5 etapas. Pagal (14) formulę apskaičiuojamas varianto naudingumo laipsnis:

$$N_j = \frac{Q_j}{Q_{\max}} \times 100. \quad (14)$$

3.5. Rodiklių reikšmių ir reikšmingumų nustatymas

Sprendžiant ekonomines bei socialines problemas, lyginant skirtingų technologijų arba inovacijų projektus, prognozuojant proceso plėtrą, vertinant skirtingas veiklos strategijas arba objekto strateginį potencialą, neįmanoma apsieiti be specialistų (ekspertų) pagalbos. Ekspertų nuomonės ir požiūris į sprendžiamą problemą dažnai skiriasi, gali būti ir prieštaringi. Jeigu reikia priimti sprendimą ekspertų vertinimų pagrindu, būtina įvertinti ekspertų nuomonių suderinamumo laipsnį. Labai svarbu nustatyti ekspertų nuomonių suderinamumą, taikant daugiakriterinių vertinimų metodus [72].

Vienas svarbiausių daugiakriterinės analizės etapų – alternatyvas apibūdinančių kriterijų reikšmių ir reikšmingumų nustatymas. Apskaičiavus kriterijų reikšmes ir reikšmingumus bei taikant daugiakriterinės projektų analizės metodus, nustatomi lyginamųjų variantų prioritetiškumas, naudingumo laipsnis ir vertė. Naudojantis rekomendacijomis, kainynais, normatyvais, žinynais, nagrinėjamais projektais, kitais informacijos šaltiniais apskaičiuojamos kiekybinių kriterijų reikšmės. Kokybinių kriterijų reikšmės dažniausiai nustatomos remiantis ekspertiniais metodais [72].

Taikant ekspertinius metodus, kokybinių rodiklių reikšmės gali būti nustatomos taip [72]:

1. Išreiškiama konkreta us kriterijaus geriausia reikšmė;
2. Nagrinėjamo kriterijaus geriausiai reikšmei suteikiama reikšmė, lygi 1 balui (100 proc.);
3. Nustatomas santykinis tarp geriausios rodiklio reikšmės ir visų likusių to paties kriterijaus reikšmių;
4. Likusioms rodiklių reikšmėms suteikiamos santykinės reikšmės.
5. Visų rodiklių reikšmės perskaičiuojamos tokiu būdu, kad jų suma būtų lygi 1.

Panašiai nustatomi ir rodiklių reikšmingumų dydžiai. Konkretaus rodiklio reikšmingumo dydžio prasmė yra ta, kad ji parodo, kiek kartų jos naudingumas projektui kompleksiskai vertinant alternatyvas yra didesnis arba mažesnis už kito rodiklio reikšmingumą [72].

Jei ekspertų skaičius didesnis už du, grupės ekspertų suderinamumo lygį rodo konkordancijos koeficientas. Konkordancijos koeficientui skaičiuoti tinka tik ekspertų rodiklių rangavimas. Jei ekspertų vertinimai buvo bet kokio kitokio pavidalo, juos preliminarai reikia ranguoti. Rangavimas yra procedūra, kai pačiam svarbiausiam rodikliui suteikiamas rangas, lygus vienetui, antram pagal svarbumą - rangas du ir t.t., paskutiniui pagal svarbumą - rangas m , čia m - lyginamų rodiklių skaičius. Ekvivalentiniams rodikliams suteikiama vienoda reikšmė – eilinių rangų aritmetinis vidurkis [68].

Ekspertų nuomonių vieningumas arba konkordancijos koeficientas, apibūdinantis individualių nuomonių sutapimo laipsnį, skaičiuojamas pagal formulę [71]:

$$W = \frac{12S}{r^2(n^3 - n) - r \sum_{k=1}^r T_k}, \quad (15)$$

čia S - kiekvieno rodiklio įvertinimo rezultatų nuokrypio kvadratų suma, r - ekspertų skaičius, n - įvertinamų rodiklių skaičius.

Rodiklio įvertinimo rezultatų nuokrypio kvadratų suma S apskaičiuojama pagal formulę [68]:

$$S = \sum_{j=1}^n \left[\sum_{k=1}^r t_{jk} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r t_{jk} \right]^2, \quad (16)$$

$$T_k = \sum_{l=1}^{H_l} (h_l^3 - h_l), \quad (17)$$

(15), (16), (17) formulėse vartojami žymėjimai: T_k – k ranžiruotėje susijusių rangų rodiklis; H_l – lygių rangų grupių skaičius k ranžiruotėje; h_l – lygių rangų, l susijusių rangų grupėje, skaičius, įvertinus k ekspertui; t_{jk} – k eksperto j kriterijui priskiriamas rangas; k – ekspertų skaičius; n – įvertinamų kriterijų skaičius [71].

Jei ekspertų nuomonės suderintos, konkordancijos koeficiento W reikšmė yra arti vieneto, jei vertinimai labai skiriasi – W reikšmė yra arti nulio [72].

3.6. Rodiklių reikšmingumų nustatymas rangavimo metodu

Kompleksinis rodiklių reikšmingumų nustatymo metodas taikomas tada, kai sprendimų alternatyvos vertinamos remiantis keliais kiekybiniais kriterijais [71]. Siekiant ištirti ir nustatyti

vertinimo rodiklių reikšmingumus, atlikta anketinė ekspertų apklausa (žr. priedus). Iš viso yra apklausti 51 ekspertas. Ekspertizę atlikusių ekspertų atsakymų rezultatai pateikti 13 lentelėje. Remiantis apibendrintais ekspertų apklausos rezultatais, nustatomas kiekvieno rodiklio reikšmingumas ir ekspertų nuomonių vieningumas.

13 lentelė. Ekspertų apklausos rodiklių vertinimo rezultatai

Nr.	Rodiklis	E_1	E_2	...	E_n	S_i	Vieta	ΔS_i	ΔS_i^2	Reikšmingumas
1		a_{ij}			a_{in}					
2		...								
3		...								
...		...								
m		a_{im}			a_{mn}					

Skaičiavimo eiga:

1. Nustatoma rangų suma pagal formulę :

$$S_i = \sum_{j=1}^n b_{ij}, j = \overline{1, n}, \quad (18)$$

čia b_{ij} – i rodiklio j eksperto įvertinimas balais; S_i – i rodiklio visų j ekspertų įvertinimų suma.

2. Skaičiuojamas rangų sumos vidurkis (S^*) pagal formulę:

$$S^* = \frac{\sum_{i=1}^m S_i}{m}, i = \overline{1, m}, \quad (19)$$

čia S_i – rodiklių i verčių suma, m – rodiklių skaičius.

3. Skaičiuojamas nuokrypis nuo rangų sumos vidurkio (ΔS_i) pagal formulę:

$$\Delta S_i = S_i - S^*. \quad (20)$$

4. Skaičiuojamas nuokrypio kvadratas (ΔS_i^2) ;

5. Skaičiuojama nuokrypio kvadrato suma pagal formulę:

$$S = \sum_{i=1}^5 \Delta S_i^2. \quad (21)$$

6. Skaičiuojamas rodiklio reikšmingumas pagal formulę:

$$q_i = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^m S_i}. \quad (22)$$

3.7. Rodiklių reikšmingumų skaičiavimas rangavimo metodu

Kaip jau buvo minėta 3.6 poskyryje rodiklių reikšmingumui nustatyti atlikta anketinė ekspertų apklausa. Anketoje visi kriterijai buvo suskirstyti į keturias rodiklių grupes – fizikiniai rodikliai, technologiniai rodikliai, ekonominiai bei ekologiniai rodikliai. Kiekvienai rodiklių grupei kriterijų reikšmingumai buvo nustatyti atskirai, nes vertinant ekologiško būsto statybos technologijas parinktos rodiklių grupės gali turėti visiškai skirtingus reikšmingumus. Kas gali pasirodyti svarbu statant šiaudinį namą, tas gali būti nereikšminga statant mūrinį namą. Respondentams buvo pasiūlyta 10 balų vertinimo sistema (1 – nereikšmingas rodiklis; 10 – labai reikšmingas rodiklis). Kiekviena rodiklių grupė buvo vertinama atskirai. Iš pradžių respondentai turėjo išsirinkti, jų manymu, reikšmingiausius rodiklius ir įvertinti juos 10 balais, o likusius vertinti lyginant su reikšmingiausiu ir atitinkamai skirti balus.

Gauti ekspertų įvertinimai buvo apskaičiuoti taikant rangavimo metodo formules (žr. 3.6 skyrių). Gauti rezultatai pateikiami 14, 15, 16, 17 lentelėse.

14 lentelė. Ekspertų apklausos fizikinių rodiklių vertinimo rezultatai

Nr.	Rodiklis	S_i	Vieta	ΔS_i	ΔS_i^2	Reikšmingumas
1	Tankis	265	6	-144,30	20822,49	0,1079
2	Šilumos laidumo koeficientas	464	2	54,67	2988,81	0,1889
3	Šiluminė varža	457	3	47,67	2272,43	0,1861
4	Stiprumas	356	5	-53,33	2844,09	0,1450
5	Garso izoliavimas	471	1	61,67	3803,19	0,1918
6	Gaisrinė sauga	443	4	33,67	1133,67	0,1804
7		$S_{i(\text{vidurkis})} = 409,3$		$\Sigma S_i = 2456$	$\Sigma \Delta S_i^2 = 33864,68$	$\Sigma q_i = 1$

Pastaba: ekspertų apklausos rezultatai pateikti B priede

Ekspertizės patikimumas išreiškiamas ekspertų nuomonių konkordancijos koeficientu, apibūdinančiu individualių nuomonių sutapimo laipsnį.

Apskaičiuojamas rangų sumos S_i vidurkis :

$$S_i = \frac{1}{6}(265 + 464 + 457 + 356 + 471 + 443) = 409,3$$

Apskaičiuojama nuokrypio kvadratų suma $\sum \Delta S_i^2$:

$$(-144,30)^2 + (54,67)^2 + 47,67^2 + (-53,33)^2 + 61,67^2 + 33,67^2 = 33864,68$$

Konkordacijos koeficientui nustatyti reikalingas dydis T_k , tai yra k ranžiruotėje susijusių rangų rodiklis. Jis skaičiuojamas pagal 3.5 poskyryje pateiktą (17) formulę. Čia yra pateikiami pirmųjų penkių T_k dydžių skaičiavimai ir likusių T_k dydžių reikšmės:

$$T_1 = (2^3 - 2) + (2^3 - 2) = 12;$$

$$T_2 = (2^3 - 2) + (2^3 - 2) = 12;$$

$$T_3 = (2^3 - 2) = 6;$$

$$T_4 = (2^3 - 2) = 6;$$

$$T_5 = (3^3 - 3) + (2^3 - 2) = 30;$$

$$T_6 = 6; T_7 = 12; T_8 = 24; T_9 = 24; T_{10} = 6; T_{11} = 12; T_{12} = 6; T_{13} = 6; T_{14} = 12;$$

$$T_{15} = 6; T_{16} = 0; T_{17} = 6; T_{18} = 12; T_{19} = 24; T_{20} = 12; T_{21} = 12; T_{22} = 60;$$

$$T_{23} = 48; T_{24} = 12; T_{25} = 12; T_{26} = 60; T_{27} = 6; T_{28} = 24; T_{29} = 24; T_{30} = 48;$$

$$T_{31} = 24; T_{32} = 24; T_{33} = 6; T_{34} = 6; T_{35} = 24; T_{36} = 6; T_{37} = 6; T_{38} = 12;$$

$$T_{39} = 6; T_{40} = 24; T_{41} = 6; T_{42} = 12; T_{43} = 12; T_{44} = 24; T_{45} = 24; T_{46} = 6;$$

$$T_{47} = 12; T_{48} = 24; T_{49} = 6; T_{50} = 12; T_{51} = 120.$$

$$\text{Visų penkiasdešimt vienerių } T_k \text{ dydžių suma : } \sum_{j=1}^r T_j = 936.$$

Pagal 3.5 poskyryje pateiktą (15) formulę skaičiuojamas konkordacijos koeficientas:

$$W = \frac{12 \cdot 33864,68}{51^2(6^3 - 6) - 51 \cdot 936} = 0,8152.$$

Kadangi konkordacijos koeficiento reikšmė didesnė už nulį ir yra arti vieneto, galima teigti, kad rangų metodo gautų rodiklių reikšmingumą dydžių patikimumas pakankamas.

15 lentelė. Ekspertų apklausos technologinių rodiklių vertinimo rezultatai

Nr.	Rodiklis	S_i	Vieta	ΔS_i	ΔS_i^2	Reikšmingumas
1	Konstrukcijų tipai	419	3	76,91	5915,01	0,1113
2	Pamatų tipai	429	5	86,91	7553,19	0,1140
3	Pamatų medžiagos	416	6	73,91	5462,55	0,1106
4	Sienų tipas	438	4	95,91	9198,55	0,1164
5	Sienų šiltinimo medžiaga	495	1	152,91	23381,19	0,1315
6	Galimybė keisti aitvarų formą	236	8	-106,09	11255,28	0,0627
7	Būtina išorės apdaila	320	9	-22,09	488,01	0,0850
8	Naudojamų priemonių poreikis	417	10	74,91	5611,37	0,1108
9	Ilgaamžiškumas	134	2	-208,09	43301,83	0,0356
10	Maksimaliai galimas aukštingumas	90	11	-252,09	63549,83	0,0239
11	Galimybė pakeisti išplanavimą	369	7	26,91	63549,83	0,0981
		$S_{i(\text{vidurkis})} = 342,09$		$\Sigma S_i = 3763$	$\Sigma \Delta S_i^2 = 176441$	$\Sigma q_i = 1$

Pastaba: ekspertų apklausos rezultatai pateikti C priede

Ekspertizės patikimumas išreiškiamas ekspertų nuomonių konkordancijos koeficientu, apibūdinančiu individualių nuomonių sutapimo laipsnį.

Apskaičiuojamas rangų sumos S_i vidurkis :

$$S_i = \frac{1}{11} (419 + 429 + 416 + 438 + 495 + 236 + 320 + 417 + 134 + 90 + 369) = 176441.$$

Apskaičiuojama nuokrypio kvadratų suma $\Sigma \Delta S_i^2$:

$$76,91^2 + 86,91^2 + 73,91^2 + 95,91^2 + 152,91^2 + (-106,09)^2 + (-22,09)^2 + 74,91^2 + (-208,09)^2 + (-252,09)^2 + 26,91^2 = 176441.$$

Konkordacijos koeficientui nustatyti reikalingas dydis T_k , tai yra k ranžiruotėje susijusių rangų rodiklis. Jis skaičiuojamas pagal 3.5 poskyryje pateiktą (17) formulę. Čia yra pateikiami pirmųjų penkių T_k dydžių skaičiavimai ir likusių T_k dydžių reikšmės:

$$T_1 = (2^3 - 2) + (3^3 - 3) = 30;$$

$$T_2 = (2^3 - 2) + (2^3 - 2) + (2^3 - 2) = 18;$$

$$T_3 = (2^3 - 2) + (2^3 - 2) + (3^3 - 3) = 36;$$

$$T_4 = (2^3 - 2) + (2^3 - 2) + (4^3 - 4) = 72;$$

$$T_5 = (2^3-2) + (3^3-3) + (3^3-3) + (2^3-2) = 60;$$

$$T_6 = 36; T_7 = 18; T_8 = 18; T_9 = 48; T_{10} = 30; T_{11} = 36; T_{12} = 36; T_{13} = 66;$$

$$T_{14} = 66; T_{15} = 48; T_{16} = 54; T_{17} = 66; T_{18} = 36; T_{19} = 30; T_{20} = 18;$$

$$T_{21} = 66; T_{22} = 210; T_{23} = 90; T_{24} = 72; T_{25} = 18; T_{26} = 54; T_{27} = 30;$$

$$T_{28} = 36; T_{29} = 72; T_{30} = 123; T_{31} = 30; T_{32} = 72; T_{33} = 36; T_{34} = 66;$$

$$T_{35} = 36; T_{36} = 36; T_{37} = 36; T_{38} = 36; T_{39} = 30; T_{40} = 36; T_{41} = 36;$$

$$T_{42} = 54; T_{43} = 30; T_{44} = 42; T_{45} = 30; T_{46} = 30; T_{47} = 36; T_{48} = 36;$$

$$T_{49} = 24; T_{50} = 30; T_{51} = 60.$$

$$\text{Visų penkiasdešimt vienerių } T_k \text{ dydžių suma : } \sum_{j=1}^r T_j = 2418.$$

Pagal 3.5 poskyryje pateiktą (15) formulę skaičiuojamas konkordacijos koeficientas:

$$W = \frac{12 \cdot 176441}{51^2(11^3 - 11) - 51 \cdot 2418} = 0,6396.$$

Kadangi konkordacijos koeficiento reikšmė didesnė už nulį ir yra arti vieneto, galima teigti, kad rangų metodo gautų rodiklių reikšmingumų dydžių patikimumas pakankamas.

16 lentelė. Ekspertų apklausos ekonominių rodiklių vertinimo rezultatai

Nr.	Rodiklis	S_i	Vieta	ΔS_i	ΔS_i^2	Reikšmingumas
1	Statybos trukmė	457	2	- 21,00	441,00	0,4780
2	Statybos kaina	499	1	21,00	441,00	0,5220
		$S_{i(\text{vidurkis})} = 478$		$\Sigma S_i = 956$	$\Sigma \Delta S_i^2 = 882$	$\Sigma q_i = 1$

Pastaba: ekspertų apklausos rezultatai pateikti D priede

Ekspertizės patikimumas išreiškiamas ekspertų nuomonių konkordancijos koeficientu, apibūdinančiu individualių nuomonių sutapimo laipsnį.

Apskaičiuojamas rangų sumos S_i vidurkis :

$$S_i = \frac{1}{2}(457 + 499) = 478.$$

Apskaičiuojama nuokrypio kvadratų suma $\sum \Delta S_i^2$:

$$(-21,00)^2 + 21,00^2 = 882.$$

Konkordacijos koeficientui nustatyti reikalingas dydis T_k , tai yra k ranžiruotėje susijusių rangų rodiklis. Jis skaičiuojamas pagal 3.5 poskyryje pateiktą (17) formulę.

$$T_1 = (2^3 - 2) = 6; \quad T_3 = (2^3 - 2) = 6; \quad T_8 = (2^3 - 2) = 6; \quad T_{11} = (2^3 - 2) = 6; \quad T_{12} = (2^3 - 2) = 6;$$

$$T_{14} = (2^3 - 2) = 6; \quad T_{16} = (2^3 - 2) = 6; \quad T_{17} = (2^3 - 2) = 6; \quad T_{19} = (2^3 - 2) = 6; \quad T_{21} = (2^3 - 2) = 6;$$

$$T_{24} = (2^3 - 2) = 6; \quad T_{33} = (2^3 - 2) = 6; \quad T_{48} = (2^3 - 2) = 6.$$

$$\text{Visų } T_k \text{ dydžių suma: } \sum_{j=1}^r T_j = 84.$$

Pagal 3.5 poskyryje pateiktą (15) formulę skaičiuojamas konkordacijos koeficientas:

$$W = \frac{12 \cdot 882}{51^2 (2^3 - 2) - 51 \cdot 84} = 0,9348.$$

Kadangi konkordacijos koeficiento reikšmė didesnė už nulį ir yra arti vieneto, galima teigti, kad rangų metodo gautų rodiklių reikšmingumų dydžių patikimumas pakankamas.

17 lentelė. Ekspertų apklausos ekologinių rodiklių vertinimo rezultatai

Nr.	Rodiklis	S_i	Vieta	ΔS_i	ΔS_i^2	Reikšmingumas
1	Privalumai sveikatos atžvilgiu	498	1	51,20	2621,44	0,2229
2	Galimų pavojų skaičius	399	3	-47,80	2284,84	0,1786
3	CO ₂ emisija	492	2	45,20	2043,04	0,2202
4	Būtinės klimatinės sąlygos	357	5	-89,80	8064,04	0,1598
5	Biodegradacija	488	4	41,20	1697,44	0,2184
		$S_{i(\text{vidurkis})} = 446,8$		$\sum S_i = 2234$	$\sum \Delta S_i^2 = 16710,80$	$\sum q_i = 1$

Pastaba: ekspertų apklausos rezultatai pateikti E priede

Ekspertizės patikimumas išreiškiamas ekspertų nuomonių konkordancijos koeficientu, apibūdinančiu individualių nuomonių sutapimo laipsnį.

Apskaičiuojamas rangų sumos S_i vidurkis:

$$S_i = \frac{1}{5} (498 + 399 + 492 + 357 + 488) = 446,8.$$

Apskaičiuojama nuokrypio kvadratų suma $\sum \Delta S_i^2$:

$$51,20^2 + (-47,80)^2 + 45,20^2 + (-89,80)^2 + 41,20^2 = 16710,80.$$

Konkordacijos koeficientui nustatyti reikalingas dydis T_k , tai yra k ranžiruotėje susijusių rangų rodiklis. Jis apskaičiuojamas pagal 3.5 poskyryje pateiktą (17) formulę. Čia yra pateikiami pirmųjų penkių T_k dydžių skaičiavimai ir likusių T_k dydžių reikšmės:

$$T_1 = (2^3 - 2) + (2^3 - 2) = 12;$$

$$T_2 = (3^3 - 3) = 24;$$

$$T_3 = (2^3 - 2) = 6;$$

$$T_4 = (2^3 - 2) + (3^3 - 3) = 30;$$

$$T_5 = (2^3 - 2) = 6;$$

$$T_6 = 6; T_7 = 24; T_8 = 24; T_9 = 6; T_{10} = 6; T_{11} = 24; T_{12} = 6; T_{13} = 6; T_{14} = 12;$$

$$T_{15} = 12; T_{16} = 6; T_{17} = 6; T_{18} = 24; T_{19} = 24; T_{20} = 6; T_{21} = 24; T_{22} = 6;$$

$$T_{23} = 60; T_{24} = 12; T_{25} = 6; T_{26} = 6; T_{27} = 6; T_{28} = 12; T_{29} = 6; T_{30} = 30;$$

$$T_{31} = 6; T_{32} = 6; T_{33} = 24; T_{34} = 12; T_{35} = 24; T_{36} = 6; T_{37} = 12; T_{38} = 12;$$

$$T_{39} = 24; T_{40} = 12; T_{41} = 12; T_{42} = 30; T_{43} = 12; T_{44} = 24; T_{45} = 12; T_{46} = 12;$$

$$T_{47} = 12; T_{48} = 30; T_{49} = 12; T_{50} = 24; T_{51} = 30.$$

Visų penkiasdešimt vienerių T_k dydžių suma: $\sum_{j=1}^r T_j = 786$.

Pagal 3.5 poskyryje pateiktą (15) formulę skaičiuojamas konkordacijos koeficientas:

$$W = \frac{12 \cdot 16710,80}{51^2(5^3 - 5) - 51 \cdot 786} = 0,7371.$$

Kadangi konkordacijos koeficiento reikšmė didesnė už nulį ir yra arti vieneto, galima teigti, kad rangų metodo gautų rodiklių reikšmingumų dydžių patikimumas pakankamas.

4. EKOLOGIŠKO BŪSTO RACIONALIAUS VARIANTO NUSTATYMAS

Siekiant surasti ekologiško būsto racionaliausią statybos technologijos variantą skaičiavimams buvo panaudoti tris daugiakriterinės analizės metodai: paprastų svorių sudėjimo metodas (SAW), TOPSIS metodas bei Daugiakriterinio kompleksinio proporcingo įvertinimo metodas (COPRAS). Skaičiavimams atlikti formuojama pradinė duomenų matrica. Pradiniai duomenys formuojami atskirai pagal keturias rodiklių grupes: fizikiniai, technologiniai, ekonominiai ir ekologiniai rodikliai (18, 19, 20, 21 lentelės). Pradinė duomenų matrica pritaikyta visiems trimis skaičiavimo metodams ir yra vienoda. Dėl šios priežasties pradinė duomenų matrica bus pateikta viena karta šiame skyriuje.

18 lentelė. Fizikinių rodiklių pradinė duomenų matrica

Rodiklis	Mato vnt.	Reikšmingumas	Minimizuojamas/ Maksimizuojamas	Kokybinis/ Kiekybinis	Variantai				
					V1	V2	V3	V4	V5
Fizikiniai rodikliai									
Tankis	Kg/m ³	0,1079	Max.	Kokyb.	120	1550	1920	680	1300
Šilumos laidumo koeficientas	W/(m·K)	0,1889	Min.	Kokyb.	0,06	0,6	0,635	0,23	0,68
Šiluminė varža	m ² ·K/W	0,1861	Max.	Kokyb.	7	4	0,4	1,95	5,17
Stiprumas	N/mm ²	0,145	Max.	Kokyb.	2	2	2,07	5	14,05
Garso izoliavimas	dB	0,1918	Max.	Kokyb.	55	45	50	50	53
Gaisrinė sauga	Balai	0,1804	Max.	Kokyb.	5	7	7	5	7
		Σ q _i = 1							

19 lentelė. Technologinių rodiklių pradinė duomenų matrica

Rodiklis	Mato vnt.	Reikšmingumas	Minimizuojamas/ Maksimizuojamas	Kokybinis/ Kiekybinis	Variantai				
					V1	V2	V3	V4	V5
Technologiniai rodikliai									
Konstrukcijų tipai	Balai	0,1113	Max.	Kokyb.	3	2	2	2	2
Pamatų tipai	Balai	0,114	Min.	Kokyb.	7	7	7	5	7
Pamatų medžiagos	Balai	0,1106	Max.	Kokyb.	2	2	1	2	2
Sienų tipas	Balai	0,1164	Max.	Kokyb.	15	11	11	9	5
Sienų šiltinimo medžiaga	Balai	0,1315	Max.	Kokyb.	2	2	0	3	1
Galimybė keisti aitvarų formą	Balai	0,0627	Max.	Kokyb.	4	5	3	2	1
Būtina išorės apdaila	Balai	0,085	Max.	Kokyb.	3	2	5	4	1
Naudojamų priemonių poreikis	Balai	0,1108	Min.	Kokyb.	2	1	3	4	5
Ilgamžiškumas	Balai	0,0356	Max.	Kokyb.	4	5	3	4	4
Maksimaliai galimas aukštingumas	Metrai	0,0239	Max.	Kiek.	3	3	6	3	3
Galimybė pakeisti išplanavimą	Balai	0,0981	Max.	Kokyb.	2	2	1	1	1
		$\sum q_i = 1$							

20 lentelė. Ekonominių rodiklių pradinio duomenų matrica

Rodiklis	Mato vnt.	Reikšmingumas	Minimizuojamas/ Maksimizuojamas	Kokybinis/ Kiekybinis	Variantai				
					V1	V2	V3	V4	V5
Ekonominiai rodikliai									
Statybos trukmė	Balai	0,478	Min.	Kokyb.	1	4	3	2	5
Statybos kaina	Balai	0,522	Min.	Kokyb.	3	4	5	3	4
		$\Sigma q_i = 1$							

21 lentelė. Ekologinių rodiklių pradinio duomenų matrica

Rodiklis	Mato vnt.	Reikšmingumas	Minimizuojamas/ Maksimizuojamas	Kokybinis/ Kiekybinis	Variantai				
					V1	V2	V3	V4	V5
Ekologiniai rodikliai									
Privalumai sveikatos atžvilgiu	Balai	0,2229	Max.	Kokyb.	6	7	2	5	2
Galimų pavojų skaičius	Balai	0,1786	Max.	Kokyb.	1	2	2	3	5
CO ₂ emisija	Balai	0,2202	Min.	Kokyb.	1	2	2	4	5
Būtinės klimatinės sąlygos	Balai	0,1598	Max.	Kokyb.	5	4	1	5	5
Biodegradacija	Balai	0,2184	Max.	Kokyb.	5	5	5	5	1
		$\Sigma q_i = 1$							

4.1. Racionalaus varianto nustatymas paprastų svorių sudėjimo metodu (SAW)

Suformuotą sprendimo priėmimo matricą (18, 19, 20 ir 21 lentelės) bei apskaičiuotus rodiklių reikšmingumus galima normalizuoti, tai yra pirmas paprastų svorių sudėjimo metodo etapas – normalizuotos matricos sudarymas (22, 23, 24, 25 lentelės). Maksimizuojami matricos elementai normalizuojami pagal 3.4.1 poskyryje pateiktą (1) formulę, o minimizuojami matricos elementai pagal 3.4.1 poskyryje pateiktą (2) formulę.

$$x_{11} = \frac{120}{1920} = 0,0625; x_{12} = \frac{1550}{1920} = 0,80729; x_{13} = \frac{1920}{1920} = 1; x_{14} = \frac{680}{1920} = 0,35417; x_{15} = \frac{1300}{1920} = 0,67708;$$

$$x_{21} = \frac{0,06}{0,06} = 1; x_{22} = \frac{0,06}{0,6} = 0,1; x_{23} = \frac{0,06}{0,635} = 0,09449; x_{24} = \frac{0,06}{0,23} = 0,26087; x_{25} = \frac{0,06}{0,68} = 0,08824.$$

22 lentelė. Fizikinių rodiklių normalizuota matrica

Rodiklis	Minimizuojamas / Maksimizuojamas	Variantai				
		V1	V2	V3	V4	V5
Tankis	Max.	0,0625	0,80729	1	0,35417	0,67708
Šilumos laidumo koeficientas	Min.	1	0,1	0,09449	0,26087	0,08824
Šiluminė varža	Max.	1	0,57143	0,05714	0,27857	0,73857
Stiprumas	Max.	0,14235	0,14235	0,14733	0,35587	1
Garso izoliavimas	Max.	1	0,81818	0,90909	0,90909	0,96364
Gaisrinė sauga	Max.	0,71429	1	1	0,71429	1

23 lentelė. Technologinių rodiklių normalizuota matrica

Rodiklis	Minimizuojamas / Maksimizuojamas	Variantai				
		V1	V2	V3	V4	V5
Konstrukcijų tipai	Max.	1	0,66667	0,66667	0,66667	0,66667
Pamatų tipai	Min.	0,71429	0,71429	0,71429	1	0,71429
Pamatų medžiagos	Max.	1	1	0,5	1	1
Sienų tipas	Max.	1	0,73333	0,73333	0,6	0,33333

23 lentelės tęsinys. Technologinių rodiklių normalizuota matrica

Rodiklis	Minimizuojamas / Maksimizuojamas	Variantai				
Sienų šiltinimo medžiaga	Max.	0,66667	0,66667	0	1	0,33333
Galimybė keisti aitvarų formą	Max.	0,8	1	0,6	0,4	0,2
Būtina išorės apdaila	Max.	0,6	0,4	1	0,8	0,2
Naudojamų priemonių poreikis	Min.	0,5	1	0,33333	0,25	0,2
Ilgaamžiškumas	Max.	0,8	1	0,6	0,8	0,8
Maksimaliai galimas aukštingumas	Max.	0,5	0,5	1	0,5	0,5
Galimybė pakeisti išplanavimą	Max.	1	1	0,5	0,5	0,5

24 lentelė. Ekonominių rodiklių normalizuota matrica

Rodiklis	Minimizuojamas / Maksimizuojamas	Variantai				
		V1	V2	V3	V4	V5
Statybos trukmė	Min.	1	0,25	0,33333	0,5	0,2
Statybos kaina	Min.	1	0,75	0,6	1	0,75

25 lentelė. Ekologinių rodiklių normalizuota matrica

Rodiklis	Minimizuojamas / Maksimizuojamas	Variantai				
		V1	V2	V3	V4	V5
Privalumai sveikatos atžvilgiu	Max.	0,85714	1	0,28571	0,71429	0,28571
Galimų pavojų skaičius	Max.	0,2	0,4	0,4	0,6	1
CO ₂ emisija	Min.	1	0,5	0,5	0,25	0,2
Būtinės klimatinės sąlygos	Max.	1	0,8	0,2	1	1
Biodegradacija	Max.	1	1	1	1	0,2

Antru etapu suformuotos normalizuotos matricos tos pačios alternatyvos kiekvienas narys dauginamas iš jo reikšmingumo ir sudedamas su kitais alternatyvos nariais pagal 3.4.1 poskyryje pateiktą (3) formulę. Skaičiavimo rezultatai pateikti 26, 27, 28 ir 29 lentelėse. Ir paskutinis etapas – tai geriausios alternatyvos išrinkimas pagal sąlygą:

$$S_{SAW} = \max_j \sum_{i=1}^n x_{ij} \times w_i, \quad j = 1, 2, 3, \dots, m.$$
 Geriausia alternatyva laikoma ta, kurios galutinė suma yra didesnė.

$$S_{SAW} = (0,0625 \cdot 0,1079) + (1 \cdot 0,1889) + (1 \cdot 1,861) + (0,14235 \cdot 0,145) + (1 \cdot 0,1918) + (0,71429 \cdot 0,1804) = 0,72304.$$

26 lentelė. Fizikinių rodiklių sandaugų matrica

Rodiklis	Variantai				
	V1	V2	V3	V4	V5
Tankis	0,00674	0,08711	0,1079	0,03821	0,07306
Šilumos laidumo koeficientas	0,1889	0,01889	0,01785	0,04928	0,01667
Šiluminė varža	0,1861	0,10634	0,01063	0,05184	0,13745
Stiprumas	0,02064	0,02064	0,02136	0,0516	0,145
Garso izoliavimas	0,1918	0,15693	0,17436	0,17436	0,18483
Gaisrinė sauga	0,12886	0,1804	0,1804	0,12886	0,1804
Sandaugų sumos	0,72304	0,57031	0,51251	0,49416	0,7374
Prioritetų eilutė	2	3	4	5	1
Variantų eilutė	V5	V1	V2	V3	V4

27 lentelė. Technologinių rodiklių sandaugų matrica

Rodiklis	Variantai				
	V1	V2	V3	V4	V5
Konstrukcijų tipai	0,1113	0,0742	0,0742	0,0742	0,0742
Pamatų tipai	0,08143	0,08143	0,08143	0,114	0,08143
Pamatų medžiagos	0,1106	0,1106	0,0553	0,1106	0,1106
Sienų tipas	0,1164	0,08536	0,08536	0,06984	0,0388
Sienų šiltinimo medžiaga	0,08767	0,08767	0	0,1315	0,04383
Galimybė keisti aitvarų formą	0,05016	0,0627	0,03762	0,02508	0,01254
Būtina išorės apdaila	0,051	0,034	0,085	0,068	0,017
Naudojamų priemonių poreikis	0,0554	0,1108	0,03693	0,0277	0,02216
Ilgamžiškumas	0,02848	0,0356	0,02136	0,02848	0,02848
Maksimaliai galimas aukštingumas	0,01195	0,01195	0,0239	0,01195	0,01195
Galimybė pakeisti išplanavimą	0,0981	0,0981	0,04905	0,04905	0,04905
Sandaugų sumos	0,80249	0,79241	0,55015	0,7104	0,49004
Prioritetų eilutė	1	2	4	3	5
Variantų eilutė	V1	V2	V4	V3	V5

28 lentelė. Ekologinių rodiklių sandaugų matrica

Rodiklis	Variantai				
	V1	V2	V3	V4	V5
Privalumai sveikatos atžvilgiu	0,19106	0,2229	0,06369	0,15921	0,06369
Galimų pavojų skaičius	0,03572	0,07144	0,07144	0,10716	0,1786
CO ₂ emisija	0,2202	0,1101	0,1101	0,05505	0,04404
Būtinės klimatinės sąlygos	0,1598	0,12784	0,03196	0,1598	0,1598
Biodegradacija	0,2184	0,2184	0,2184	0,2184	0,04368
Sandaugų sumos	0,82518	0,75068	0,49559	0,69962	0,48981
Prioritetų eilutė	1	2	4	3	5
Variantų eilutė	V1	V2	V4	V3	V5

29 lentelė. Ekonominių rodiklių sandaugų matrica

Rodiklis	Variantai				
	V1	V2	V3	V4	V5
Statybos trukmė	0,478	0,1195	0,15933	0,239	0,0956
Statybos kaina	0,522	0,3915	0,3132	0,522	0,3915
Sandaugų sumos	1	0,511	0,47253	0,761	0,4871
Prioritetų eilutė	1	3	5	2	4
Variantų eilutė	V1	V4	V2	V5	V3

4.2. Racionalaus varianto nustatymas TOPSIS metodu

Kitas pasirinktas racionalaus varianto išrinkimo metodas yra TOPSIS. Skaičiuojant šiuo metodu geriausias sprendinys yra tas, kuris yra arčiausiai idealaus sprendinio ir toliausiai nuo blogiausio sprendinio. Šiam metodui taikomos sudarytos fizikinių, technologinių, ekonominių ir ekologinių rodiklių pradinių duomenų matricos. Pirmuoju etapu, kaip paprastu svorių sudėjimo (SAW) metodu, yra normalizuotos matricos sudarymas. Ji bus sudaroma kiekvienai rodiklių grupei atskirai (30, 31, 32, 33 lentelės). Kiekvienas pradinių duomenų matricos elementas normalizuojamas pagal 3.4.2 poskyryje pateiktą (4) formulę.

$$r_{11} = \frac{120}{\sqrt{120^2 + 1550^2 + 1920^2 + 680^2 + 1300^2}} = 0,04176;$$

$$r_{12} = \frac{1550}{\sqrt{120^2 + 1550^2 + 1920^2 + 680^2 + 1300^2}} = 0,5394.$$

30 lentelė. Fizikinių rodiklių normalizuota matrica

Rodiklis	Minimizuojamas / Maksimizuojamas	Variantai				
		V1	V2	V3	V4	V5
Tankis	Max.	0,04176	0,53945	0,66823	0,23666	0,45245
Šilumos laidumo koeficientas	Min.	0,05299	0,52989	0,5608	0,20312	0,60054
Šiluminė varža	Max.	0,71559	0,40891	0,04089	0,19934	0,52851
Stiprumas	Max.	0,13055	0,13055	0,13512	0,32638	0,91713
Garso izoliavimas	Max.	0,48502	0,39683	0,44093	0,44093	0,46738
Gaisrinė sauga	Max.	0,35624	0,49873	0,49873	0,35624	0,49873

31 lentelė. Technologinių rodiklių normalizuota matrica

Rodiklis	Minimizuojamas / Maksimizuojamas	Variantai				
		V1	V2	V3	V4	V5
Konstrukcijų tipai	Max.	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4
Pamatų tipai	Min.	0,47087	0,47087	0,47087	0,33634	0,47087
Pamatų medžiagos	Max.	0,48507	0,48507	0,24254	0,48507	0,48507
Sienų tipas	Max.	0,62663	0,45953	0,45953	0,37598	0,20888
Sienų šiltinimo medžiaga	Max.	0,4714	0,4714	0	0,70711	0,2357
Galimybė keisti aitvarų formą	Max.	0,53936	0,6742	0,40452	0,26968	0,13484
Būtina išorės apdaila	Max.	0,40452	0,26968	0,6742	0,53936	0,13484
Naudojamų priemonių poreikis	Min.	0,26968	0,13484	0,40452	0,53936	0,6742
Ilgaamžiškumas	Max.	0,44173	0,55216	0,33129	0,44173	0,44173
Maksimaliai galimas aukštingumas	Max.	0,35355	0,35355	0,70711	0,35355	0,35355
Galimybė pakeisti išplanavimą	Max.	0,60302	0,60302	0,30151	0,30151	0,30151

32 lentelė. Ekonominių rodiklių normalizuota matrica

Rodiklis	Minimizuojamas / Maksimizuojamas	Variantai				
		V1	V2	V3	V4	V5
Statybos trukmė	Min.	0,13484	0,53936	0,40452	0,26968	0,6742
Statybos kaina	Min.	0,34641	0,46188	0,57735	0,34641	0,46188

33 lentelė. Ekologinių rodiklių normalizuota matrica

Rodiklis	Minimizuojamas / Maksimizuojamas	Variantai				
		V1	V2	V3	V4	V5
Privalumai sveikatos atžvilgiu	Max.	0,55234	0,6444	0,18411	0,46029	0,18411
Galimų pavojų skaičius	Max.	0,1525	0,305	0,305	0,4575	0,76249
CO ₂ emisija	Min.	0,14142	0,28284	0,28284	0,56569	0,70711
Būtinės klimatinės sąlygos	Max.	0,52129	0,41703	0,10426	0,52129	0,52129
Biodegradacija	Max.	0,49752	0,49752	0,49752	0,49752	0,0995

Antruoju etapu sudaroma normalizuota svartinė matrica (34, 35, 36, 37 lentelės).

Kiekvienas normalizuotos matricos elementas dauginamas iš atitinkamo reikšmingumo w_i .

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1.$$

$$v_{11} = w_1 \cdot r_{11} = 0,1079 \cdot 0,04176 = 0,00451; \quad v_{12} = w_1 \cdot r_{12} = 0,1079 \cdot 0,53945 = 0,05821.$$

34 lentelė. Fizikinių rodiklių normalizuota svartinė matrica

Rodiklis	Variantai				
	V1	V2	V3	V4	V5
Tankis	0,00451	0,05821	0,0721	0,02554	0,04882
Šilumos laidumo koeficientas	0,01001	0,1001	0,10594	0,03837	0,11344
Šiluminė varža	0,13317	0,0761	0,00761	0,0371	0,09836
Stiprumas	0,01893	0,01893	0,01959	0,04733	0,13298
Garso izoliavimas	0,09303	0,07611	0,08457	0,08457	0,08964
Gaisrinė sauga	0,06426	0,08997	0,08997	0,06426	0,08997

35 lentelė. Technologinių rodiklių normalizuota svartinė matrica

Rodiklis	Variantai				
	V1	V2	V3	V4	V5
Konstrukcijų tipai	0,06678	0,04452	0,04452	0,04452	0,04452
Pamatų tipai	0,05368	0,05368	0,05368	0,03834	0,05368
Pamatų medžiagos	0,05365	0,05365	0,02682	0,05365	0,05365
Sienų tipas	0,07294	0,05349	0,05349	0,04376	0,02431
Sienų šiltinimo medžiaga	0,06199	0,06199	0	0,09298	0,03099
Galimybė keisti aitvarų formą	0,03382	0,04227	0,02536	0,01691	0,00845
Būtina išorės apdaila	0,03438	0,02292	0,05731	0,04585	0,01146
Naudojamų priemonių poreikis	0,02988	0,01494	0,04482	0,05976	0,0747
Ilgamžiškumas	0,01573	0,01966	0,01179	0,01573	0,01573
Maksimaliai galimas aukštingumas	0,00845	0,00845	0,0169	0,00845	0,00845
Galimybė pakeisti išplanavimą	0,05916	0,05916	0,02958	0,02958	0,02958

36 lentelė. Ekologinių rodiklių normalizuota svartinė matrica

Rodiklis	Variantai				
	V1	V2	V3	V4	V5
Privalumai sveikatos atžvilgiu	0,12312	0,14364	0,04104	0,1026	0,04104
Galimų pavojų skaičius	0,02724	0,05447	0,05447	0,08171	0,13618
CO ₂ emisija	0,03114	0,06228	0,06228	0,12456	0,1557
Būtinės klimatinės sąlygos	0,0833	0,06664	0,01666	0,0833	0,0833
Biodegradacija	0,10866	0,10866	0,10866	0,10866	0,02173

37 lentelė. Ekonominių rodiklių normalizuota svartinė matrica

Rodiklis	Variantai				
	V1	V2	V3	V4	V5
Statybos trukmė	0,06445	0,25781	0,19336	0,12891	0,32227
Statybos kaina	0,18083	0,2411	0,30138	0,18083	0,2411

Trečias sprendimo etapas – tai idealaus teigiamo A^+ ir idealaus neigiamo A^- sprendinių nustatymas pagal 3.4.2 poskyryje pateiktas (5) ir (6) sąlygas. Sprendiniai grupuojami pagal rodiklių grupes.

Fizikiniai rodikliai:

$$A^+ = \{0,0721; 0,01001; 0,13317; 0,13298; 0,09303; 0,08997\};$$

$$A^- = \{0,02554; 0,11344; 0,00761; 0,01893; 0,07611; 0,06426\}.$$

Technologiniai rodikliai:

$$A^+ = \{0,06678; 0,05368; 0,05365; 0,07294; 0,09298; 0,04227; 0,05731; 0,01494; 0,01966; 0,0169; 0,0591\}.$$

$$A^{-} = \{0,04452; 0,05368; 0,02682; 0,02431; 0; 0,00845; 0,01146; 0,0747; 0,01179; 0,00845; 0,02958\}.$$

Ekonominiai rodikliai:

$$A^{+} = \{0,06445; 0,18083\};$$

$$A^{-} = \{0,32227; 0,30138\}.$$

Ekologiniai rodikliai:

$$A^{+} = \{0,14364; 0,13618; 0,03114; 0,0833; 0,10866\};$$

$$A^{-} = \{0,04104; 0,02724; 0,1557; 0,01666; 0,02173\}.$$

Ketvirtuoju etapu skaičiuojami atstumai nuo idealaus teigiamo ir idealaus neigiamo sprendinių pagal 3.4.2 poskyrio pateiktas (7) ir (8) sąlygas. Sprendiniai grupuojami pagal rodiklių grupes (38, 39, 40, 41 lentelės).

$$S_2^{+} = \sqrt{(0,00451 - 0,0721)^2 + (0,01001 - 0,01001)^2 + (0,13317 - 0,13317)^2 + (0,01893 - 0,13298)^2 + (0,09303 - 0,09303)^2 + (0,06426 - 0,08997)^2} = 0,13505$$

$$S_1^{-} = \sqrt{(0,00451 - 0,02554)^2 + (0,01001 - 0,11344)^2 + (0,13317 - 0,00761)^2 + (0,01893 - 0,01893)^2 + (0,09303 - 0,07611)^2 + (0,06426 - 0,06426)^2} = 0,16489.$$

38 lentelė. Fizikinių rodiklių variantų atstumai iki idealaus teigiamo ir idealaus neigiamo sprendinių

	Variantai				
	V1	V2	V3	V4	V5
S+	0,13505	0,15767	0,19468	0,14237	0,11162
S-	0,16489	0,08124	0,0544	0,0859	0,15043

39 lentelė. Technologinių rodiklių variantų atstumai iki idealaus teigiamo ir idealaus neigiamo sprendinių

	Variantai				
	V1	V2	V3	V4	V5
S+	0,0432	0,05558	0,11113	0,073	0,12033
S-	0,10719	0,10583	0,0648	0,1071	0,04123

40 lentelė. Ekonominių rodiklių variantų atstumai iki idealaus teigiamo ir idealaus neigiamo sprendinių

	Variantai				
	V1	V2	V3	V4	V5
S+	0	0,20253	0,17649	0,06442	0,26476
S-	0,0284	0,8826	0,1289	0,22785	0,06025

41 lentelė. Ekologinių rodiklių variantų atstumai iki idealaus teigiamo ir idealaus neigiamo sprendinių

	Variantai				
	V1	V2	V3	V4	V5
S+	0,11086	0,08899	0,15036	0,11567	0,1833
S-	0,18507	0,17335	0,1305	0,14043	0,1277

Penktuoju etapu skaičiuojamas santykinis atstumas iki idealaus sprendinio. Alternatyvos A_j artumas idealiam taškui A^{+} apibrėžiamas pagal 3.4.2 poskyryje pateiktą (9) formulę.

Santykiniai atstumai bus skaičiuojami pagal rodiklių grupes, jų rezultatai bus pateikti 42, 43, 44 ir 45 lentelėse. Paskutinis šio sprendimo etapas – tai geriausio varianto išrinkimas. Geriausia alternatyva laikoma ta, kurios santykinis atstumas iki idealaus sprendinio C yra mažiausias.

$$C_1 = \frac{0,13505}{0,13505 + 0,16489} = 0,45026; C_2 = \frac{0,15767}{0,15767 + 0,08124} = 0,65996.$$

42 lentelė. Fizikinių rodiklių santykinis atstumas iki idealaus sprendinio

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
Reikšmė	0,45026	0,65996	0,7816	0,62369	0,42595
Prioritetų eilutė	2	4	5	3	1
Variantų eilutė	V5	V1	V4	V2	V3

43 lentelė. Technologinių rodiklių santykinis atstumas iki idealaus sprendinio

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
Reikšmė	0,28725	0,34434	0,63167	0,40533	0,7448
Prioritetų eilutė	1	2	4	3	5
Variantų eilutė	V1	V2	V4	V3	V5

44 lentelė. Ekonominių rodiklių santykinis atstumas iki idealaus sprendinio

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
Reikšmė	0	0,69648	0,57792	0,22041	0,81462
Prioritetų eilutė	1	4	3	2	5
Variantų eilutė	V1	V4	V3	V2	V5

45 lentelė. Ekologinių rodiklių santykinis atstumas iki idealaus sprendinio

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
Reikšmė	0,37462	0,33922	0,53536	0,45166	0,58939
Prioritetų eilutė	2	1	4	3	5
Variantų eilutė	V2	V1	V4	V3	V5

4.3. Daugiakriterinio kompleksinio proporcingo įvertinimo metodas (COPRAS)

Taikant skaičiavimams daugiakriterinio kompleksinio proporcingo įvertinimo metodą pirmuoju etapu sudaroma įvertinta normalizuota sprendimų priėmimo matrica. Normalizavimui naudojama 3.4.3 poskyrio (10) formulė. Normalizuota sprendimo priėmimo matrica sudaroma pagal keturias rodiklių grupes, skaičiavimo rezultatai pateikti 46, 47, 48 ir 49 lentelėse.

$$d_{11} = \frac{120 \cdot 0,1079}{120 + 1550 + 1920 + 680 + 1300} = 0,00232; d_{12} = \frac{1550 \cdot 0,1079}{120 + 1550 + 1920 + 680 + 1300} = 0,03003.$$

46 lentelė. Fizikinių rodiklių įvertinta normalizuota sprendimo priėmimo matrica

Rodiklis	Minimizuojamas / Maksimizuojamas	Variantai				
		V1	V2	V3	V4	V5
Tankis	Max.	0,00232	0,03003	0,03719	0,01317	0,02518
Šilumos laidumo koeficientas	Min.	0,00514	0,0514	0,0544	0,0197	0,05825
Šiluminė varža	Max.	0,07034	0,04019	0,00402	0,01959	0,05195
Stiprumas	Max.	0,01154	0,01154	0,01195	0,02886	0,0811
Garso izoliavimas	Max.	0,0417	0,03411	0,03791	0,03791	0,04018
Gaisrinė sauga	Max.	0,0291	0,04074	0,04074	0,0291	0,04074

47 lentelė. Technologinių rodiklių įvertinta normalizuota sprendimo priėmimo matrica

Rodiklis	Minimizuojamas / Maksimizuojamas	Variantai				
		V1	V2	V3	V4	V5
Konstrukcijų tipai	Max.	0,03035	0,02024	0,02024	0,02024	0,02024
Pamatų tipai	Min.	0,02418	0,02418	0,02418	0,01727	0,02418
Pamatų medžiagos	Max.	0,02458	0,02458	0,01229	0,02458	0,02458
Sienų tipas	Max.	0,03424	0,02511	0,02511	0,02054	0,01141
Sienų šiltinimo medžiaga	Max.	0,03288	0,03288	0	0,04931	0,01644
Galimybė keisti aitvarų formą	Max.	0,01672	0,0209	0,01254	0,00836	0,00418
Būtina išorės apdaila	Max.	0,017	0,01133	0,02833	0,02267	0,00567
Naudojamų priemonių poreikis	Min.	0,01477	0,00739	0,02216	0,02955	0,03693
Ilgamžiškumas	Max.	0,00712	0,0089	0,00534	0,00712	0,00712
Maksimaliai galimas aukštingumas	Max.	0,00398	0,00398	0,00797	0,00398	0,00398
Galimybė pakeisti išplanavimą	Max.	0,02803	0,02803	0,01401	0,01401	0,01401

48 lentelė. Ekonominių rodiklių įvertinta normalizuota sprendimo priėmimo matrica

Rodiklis	Minimizuojamas / Maksimizuojamas	Variantai				
		V1	V2	V3	V4	V5
Statybos trukmė	Min.	0,03187	0,12747	0,0956	0,06373	0,15933
Statybos kaina	Min.	0,08242	0,10989	0,13737	0,08242	0,10989

49 lentelė. Ekologinių rodiklių įvertinta normalizuota sprendimo priėmimo matrica

Rodiklis	Minimizuojamas / Maksimizuojamas	Variantai				
		V1	V2	V3	V4	V5
Privalumai sveikatos atžvilgiu	Max.	0,06079	0,07092	0,02026	0,05066	0,02026
Galimų pavojų skaičius	Max.	0,01374	0,02748	0,02748	0,04122	0,06869
CO ₂ emisija	Min.	0,01573	0,03146	0,03146	0,06291	0,07864
Būtinės klimatinės sąlygos	Max.	0,03995	0,03196	0,00799	0,03995	0,03995
Biodegradacija	Max.	0,052	0,052	0,052	0,052	0,0104

Remiantis 3.4.3 poskyryje pateikta (12) formule, apskaičiuojamos j variantą apibūdinančių minimizuojančių S_j ir maksimizuojančių S_{+j} įvertintų normalizuotų rodiklių sumos. Skaičiavimo rezultatai pateikti 50, 51, 52 ir 53 lentelėse.

$$S_{+1} = 0,00232 + 0,07034 + 0,01154 + 0,0417 + 0,0291 = 0,155;$$

$$S_{-1} = 0,00514.$$

50 lentelė. Fizikinių rodiklių max. ir min. įvertintų normalizuotų rodiklių sumos

	Variantai				
	V1	V2	V3	V4	V5
S ₊	0,155	0,15662	0,1318	0,12863	0,23915
S ₋	0,00514	0,0514	0,0544	0,0197	0,05825

51 lentelė. Technologinių rodiklių max. ir min. įvertintų normalizuotų rodiklių sumos

	Variantai				
	V1	V2	V3	V4	V5
S ₊	0,19489	0,17594	0,12583	0,17081	0,10763
S ₋	0,03896	0,03157	0,04634	0,04682	0,06112

52 lentelė. Ekonominių rodiklių max. ir min. įvertintų normalizuotų rodiklių sumos

	Variantai				
	V1	V2	V3	V4	V5
S ₊	0	0	0	0	0
S ₋	0,11429	0,23736	0,23297	0,14615	0,26923

53 lentelė. Ekologinių rodiklių max. ir min. įvertintų normalizuotų rodiklių sumos

	Variantai				
	V1	V2	V3	V4	V5
S ₊	0,16648	0,18236	0,10773	0,183824	0,13931
S ₋	0,01573	0,03146	0,03146	0,062914	0,07864

Lyginamų variantų santykinis reikšmingumas (efektyvumas) nustatomas remiantis apibūdinančiomis teigiamomis S_{+j} ir neigiamomis S_{-j} savybėmis remiantis 3.4.3 poskyryje pateikta (12) formule. Atlikus skaičiavimus nustatomas variantų prioritetiškumas. Kuo didesnis varianto santykinis reikšmingumas, tuo didesnis varianto prioritetiškumas. Paskutiniu šio sprendimo etapu yra varianto naudingumo laipsnio nustatymas pagal 3.4.3 poskyryje pateiktą (14) formulę. Visi skaičiavimo rezultatai pateikti bendroje 54 lentelėje.

$$Q_1 = 0,155 + \frac{0,00514 \cdot (0,00514 + 0,0514 + 0,0544 + 0,0197 + 0,05825)}{0,00514 \cdot \left(\frac{0,00514}{0,00514} + \frac{0,00514}{0,0514} + \frac{0,00514}{0,0544} + \frac{0,00514}{0,0197} + \frac{0,00514}{0,05825} \right)} = 0,27738.$$

$$N_1 = \frac{0,27738}{0,27738} \times 100 = 100\%.$$

54 lentelė. Apibendrinti skaičiavimo rezultatai

Fizikiniai rodikliai					
Santykinis reikšmingumas	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
Reikšmė	0,27738	0,16885	0,14337	0,16056	0,24995
Naudingumo laipsnis	N1	N2	N3	N4	N5
Reikšmė, %	100	60,8745	51,6858	57,8831	90,1108
Prioritetų eilutė	1	3	5	4	2
Prioritetiškumas	V1	V5	V2	V4	V3
Technologiniai rodikliai					
Santykinis reikšmingumas	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
Reikšmė	0,244366	0,236988	0,167411	0,211974	0,139161
Naudingumo laipsnis	N1	N2	N3	N4	N5
Reikšmė, %	100	96,98056	68,50846	86,74442	56,94782
Prioritetų eilutė	1	2	4	3	5
Prioritetiškumas	V1	V2	V4	V3	V5
Ekonominiai rodikliai					
Santykinis reikšmingumas	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
Reikšmė	0,314611	0,151483	0,154339	0,246015	0,133553
Naudingumo laipsnis	N1	N2	N3	N4	N5
Reikšmė, %	100	48,14924	49,05717	78,19657	42,45015
Prioritetų eilutė	1	4	3	2	5
Prioritetiškumas	V1	V4	V3	V2	V5
Ekologiniai rodikliai					
Santykinis reikšmingumas	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
Reikšmė	0,256357	0,227298	0,152669	0,206294	0,157281
Naudingumo laipsnis	N1	N2	N3	N4	N5
Reikšmė, %	100	88,66483	59,55343	80,47135	61,35253
Prioritetų eilutė	1	2	5	3	4
Prioritetiškumas	V1	V2	V4	V5	V3

4.4. SKYRIAUS IŠVADOS

Atlikus skaičiavimus trimis metodais: paprastų svorių sudėjimo, TOPSIS ir daugiakriterinio kompleksinio proporcingo įvertinimo (COPRAS), buvo nustatyta, kad:

1. Vertinant variantus pagal fizikinius rodiklius racionalus variantas yra mūrinis namas. Blogiausias įvertinimas atiteko rąstiniam ir plūkto grunto namams.

2. Technologinių rodiklių analizė visais trimis metodais parodė, kad geriausia alternatyva yra ekologinis šiaudinis namas. Paskutinėje vietoje yra mūrinis neekologiškas namas.

3. Įvertinus statybos trukmę ir kainos santykį visais trimis skaičiavimo metodais nustatyta kad, geriausia alternatyva yra statyti šiaudinį ekologišką namą. Šiuo atveju, kaip ir pagal technologinius rodiklius, paskutinėje vietoje yra mūrinis namas.

4. Vertinant ekologinius rodiklius, nustatyta kad geriausi yra du variantai – tai šiaudinis ir molinis namai. Paskutinėje vietoje ekologiškumo atžvilgiu yra mūrinis namas.

Skaičiavimo rezultatų apibendrinimas pateiktas 55 lentelėje.

55 lentelė. Skaičiavimo rezultatų apibendrinimas

	1	2	3	4	5
<i>Fizikiniai rodikliai</i>					
SAW metodas	V5	V1	V2	V3	V4
TOPSIS metodas	V5	V1	V4	V2	V3
Daugiakriterinio kompleksinio proporcingo įvertinimo metodas	V1	V5	V2	V4	V3
<i>Technologiniai rodikliai</i>					
SAW metodas	V1	V4	V2	V5	V3
TOPSIS metodas	V1	V2	V4	V3	V5
Daugiakriterinio kompleksinio proporcingo įvertinimo metodas	V1	V2	V4	V3	V5
<i>Ekonominiai rodikliai</i>					
SAW metodas	V1	V4	V2	V5	V3
TOPSIS metodas	V1	V4	V3	V2	V5
Daugiakriterinio kompleksinio proporcingo įvertinimo metodas	V1	V4	V3	V2	V5
<i>Ekologiniai rodikliai</i>					
SAW metodas	V1	V2	V4	V3	V5
TOPSIS metodas	V2	V1	V4	V3	V5
Daugiakriterinio kompleksinio proporcingo įvertinimo metodas	V1	V2	V4	V5	V3

IŠVADOS

Šio baigiamojo darbo tikslas buvo išnagrinėti ekologiško būsto koncepcijas pasaulyje, apžvelgti ekologiško pastato įgyvendintus projektus pasaulyje ir Lietuvoje, išanalizuoti ekologiško namo statybos technologijas bei išrinkti racionaliausią variantą.

Atlikti uždaviniai:

1. Iširtos aplinkosauginės problemos ir jų keliami žmonių sveikatai pavojai;
2. Išnagrinėta ekologiško pastato samprata, jos atsiradimo priežastys ir prielaidos bei statybos raidos etapai;
3. Išanalizuoti ekologiško būsto įgyvendinti projektai pasaulyje ir Lietuvoje;
4. Išanalizuotos įvairių ekologiškų namų statybos technologijos, tokių kaip statyba iš presuotų šiaudų briketų bei statyba iš plaušamolio;
5. Statybos technologijų analizei ir racionaliausio varianto išrinkimui buvo parinkta kriterijų vertinimo sistema, susidedanti iš keturių rodiklių grupių, bei palyginimui parinkti penki įvairaus tipo namai (šiaudinis namas, molinis namas, namas iš plūkto grunto, rąstinis namas bei mūrinis namas);
6. Išanalizavus visas statybos technologijas išrinktas racionaliausias variantas.

Atlikus visus keliamus darbe uždavinius, galima daryti šias išvadas:

1. Išanalizavus ekologiškų namų statybos technologijas racionalaus sprendimo nustatymui buvo sudarytas modelis. Šiame modelyje formuojami gyvenamųjų namų statybos technologijų variantai, sudaroma rodiklių sistema, nustatomi jų reikšmingumai, randamas racionalus sprendimas taikant daugiakriterinės analizės metodus.

2. Racionalaus sprendimo nustatymui buvo išrinkti penki gyvenamųjų namų tipai: šiaudinis namas, molinis namas, namas iš plūkto grunto, rąstinis namas, mūrinis namas. Šių variantų analizei ir racionaliausio sprendimo nustatymui buvo suformuota kriterijų sistema iš keturių rodiklių grupių – fizikinių, technologinių, ekonominių bei ekologinių rodiklių. Kriterijų reikšmingumai nustatyti ekspertų apklausos būdu. Buvo apklaustas 51 respondentas. Išanalizavus ekspertų įvertinimus nustatyta, kad reikšmingiausi rodikliai: fizikinis – garso izoliavimas, technologinis – sienų šiltinimo medžiaga. Ekonominis - statybos kaina, ekologinis rodiklis – privalumai sveikatos atžvilgių.

3. Racionalaus varianto nustatymo skaičiavimams taikomi trys daugiakriterinės analizės metodai: paprastų svorių sudėjimo metodas (SAW), TOPSIS metodas ir daugiakriterinio kompleksinio proporcingo įvertinimo metodas (COPRAS).

4. Atlikus skaičiavimus nustatytas racionalus ekologiško būsto statybos variantas – tai šiaudinis namas.

5. Šiame darbe plačiau išanalizuotos šiaudinių ir molinių namų statybos technologijos. Įvairių šalių atliktais tyrimais įrodyta, kad šiaudiniai namai atitinka esminiams statinio reikalavimams. Jie yra stiprūs, lankstūs, šilti, ilgaamžiai, turi geras šilumos ir garso izoliacinės savybes. Šiaudinio namo tinkuotos sienos atsparumo ugniai klasė – B. Tai yra sunkiai degiosios medžiagos. Prie šios klasės priskiriami taip pat specialiomis medžiagomis apdoroti rąstai, cementu sujungtos smulkinių plokštės ir pan. Populiariausias šiaudinių namų konstrukcijų tipas – karkasinė statyba. Tačiau paskutiniu metu labai populiarėja skydinė šiaudinių namų statyba. Jos privalumai prieš karkasinę statybos būdą – greitesnė statyba, statyboms neturi reikšmės klimatinės sąlygos, visos konstrukcijos gaminamos gamykloje, o statybos aikštelėje tik surenkamos. Statant šiaudinį namą galima realizuoti bet kokią architektūrinę projektą, pastatyti kampuotą standartinį namą, ar apvalų. Airijoje yra pastatytas dviejų aukštų šiaudinis namas sraigės forma. Taip pat galima nesudėtingai įrengti arkines konstrukcijas, kupolo formas. Šiaudinių namų tinkavimui naudojamas natūralus molio tinkas, kuris gaminamas iš molio, smėlio, vandens ir šiaudų. Šių namų didelis privalumas - tai galimybė nesudėtingai keisti patalpų planą, statyti priestatą arba antstatą. Šiaudiniai namai pastatomi greitai. Jų statybai nenaudojamos aplinką teršiančios statybos medžiagos, tokios kaip betonas, cementas, įvairūs chemikalai. Šiaudai sugeria iš aplinkos anglies dioksidą. Šiaudinės sienos turi būti gerai apsaugotos nuo vandens, sniego, kritulių. Taip pat nugriovus statinį, šiaudai nepalieka statybinių šiukšlių, teršiančių aplinką.

LITERATŪROS SĄRAŠAS:

1. Ekologiškos statybos. *Pastatai, žmonės ir aplinka*. 2003. [žiūrėta 2010 01 10]. Prieiga per internetą:
<http://www.plp.lt/index.php?option=com_content&view=article&id=28&Itemid=43>.
2. Milutienė, E. 2008. *Šiaudiniai namai. I dalis „Žmogus, namai ir žemė“*. Atsinaujinančios energijos informacijos konsultacinis centras, 2008, 15-17, 34, 47
3. *Tikrosios alergijos priežastys – kaip pasveikti?* 2007. [žiūrėta 2010 01 10]. Prieiga per internetą:<<http://www.alergija.info/view.php?page=60&rpId=2>>.
4. *Ekologiško namo ir ekopolio statyba – užtikrinančių žmogaus gyvenimo kokybės darnų vystymąsi energiškai efektyvių ir energiją taupančių statybos technologijų taikymas būsto statyboje, gaminant ir naudojant vietines ekologiškai švarias ir palankias aplinkai statybines medžiagas bei atsinaujinančius energijos šaltinius*, Vilnius, 1 – 4.
5. Europos aplinkos agentūra (EAA). 2005. *Europos aplinka: 2005. būklė ir perspektyvos – santrauka*, 2005, 1-8.
6. Europos aplinkos agentūra (EAA). *Projektas „Pažink savo orą ir buk sveikesnis“*. [žiūrėta 2010 01 12]. Prieiga per internetą:
<<http://www.knowyourairforhealth.eu/spip.php?rubrique27>>.
7. Vilčinskas, E. 2007. *Oro užterštumo poveikis žmonių sveikatai*. Vilnius, 2007
8. Lietuvos Respublika. *Nacionalinė darnaus vystymosi strategija*. Projektas. Vilnius, 2003, 4 – 7; 72-75
9. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. *Stambulo deklaracija dėl gyvenviečių (Habitat II)*. Vilnius, 1998.
10. Lepkova, N.; Vilutienė, T. 2008. *Pastatų ūkio valdymas. Teorija ir praktika. Vadovėlis*. Vilnius, Technika, 2008, 226 – 237, 240 – 241.
11. Wikipedia the free encyclopedia. *Silent Spring*. [žiūrėta 2010 01 15]. Prieiga per internetą:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Silent_Spring>.
12. Albuquerque: Official City Website. *Green Building*. [žiūrėta 2010 03 12]. Prieiga per internetą: <<http://www.cabq.gov/sustainability/green-goals/green-building>>.
13. Environmental Protection Agency. *Green Buildings*. [žiūrėta 2010 03 12]. Prieiga per internetą: <<http://www.epa.gov/greenbuilding/index.htm>>.
14. Wikipedia the free encyclopedia. *Green Buildings*. [žiūrėta 2010 03 13]. Prieiga per internetą: <http://en.wikipedia.org/wiki/Green_building>
15. Построй свой дом. Основные сведения о землебитном строительстве, 2003. [žiūrėta 2010 03 13]. Prieiga per internetą:

- <http://www.mensh.ru/osnovnye_svedeniya_o_zemlebitnom_stroitelstve>
16. Thakre, P. 2007. Canadian Architect. *Earth and sky*. [žiūrėta 2010 03 13]. Prieiga per internetą: <<http://www.canadianarchitect.com/issues/ISArticle.asp?aid=1000211692&issue=03012007>>.
 17. Milutienė, E. 2007. *Natūralios statybinės medžiagos*. 2007.
 18. Gailius, A.; Vėjelis S. 2009. *Termoizoliacinės medžiagos ir jų gaminiai*. Vilnius, Technika, 2009, 178-182.
 19. U.S. Strawbale Construction: *A Brief History*. [žiūrėta 2010 03 13]. Prieiga per internetą: <http://www.oberlin.edu/news-info/98sep/strawbale_history.html>
 20. Roan, J. *Straw bale building: an old technology in a new environment*. [žiūrėta 2010 03 13]. Prieiga per internetą: <<http://smithsonianlibraries.si.edu/smithsonianlibraries/2009/04/straw-bale-building-an-old-technology-in-a-new-environment.html>>
 21. Milutienė, E; Mišliutė, J. 2008. *Šiaudiniai namai. II dalis „Šiaudų naudojimas statybai“*. Atsinaujinančios energijos informacijos konsultacinis centras, 2008, 65 – 79, 91 - 94
 22. Lerner, K. *One World Design Architekture*. [žiūrėta 2010 03 14]. Prieiga per internetą: <<http://www.one-world-design.com/international.asp?pid=10&image=29>>
 23. *La Maison en Paille Association*. [žiūrėta 2010 03 27]. Prieiga per internetą: <<http://www.lamaisonenpaille.com//1024x800/frame.htm>>
 24. *Strawbale Building*. [žiūrėta 2010 03 28]. Prieiga per internetą: <<http://www.strawbale-building.co.uk/index.php?page=pictures>>
 25. *Amazonails strawbale innovation*. [žiūrėta 2010 03 28]. Prieiga per Internetą: <<http://www.amazonails.org.uk/>>
 26. Энергоэффективные экоддома. *Дом из соломенных блоков*. [žiūrėta 2010 03 28]. Prieiga per internetą: < <http://www.strawhouse.ru/tehnology/soloma/>>
 27. Широков, Е. 2004. *Энергоэффективные экоддома. Возрождение забытого*. [žiūrėta 2010 03 28]. Prieiga per internetą: <http://www.strawhouse.ru/tehnology/articles/Shirokov/2009/11/27/Shirokov1_87.html>
 28. Friland J. *Levende huse*. [žiūrėta 2010 03 29]. Prieiga per internetą: <<http://www.dr.dk/DR2/Friland/Levende+Huse/2005/20060629163631.htm>>
 29. Milutienė, E. 2008. *Šiaudiniai namai. Knyga*. Atsinaujinančios energijos informacijos konsultacinis centras, 2008, 193 – 202
 30. Milutienė, E.; Gurskis, V.; Heinzmannas, M. ir kt. 2008 *Efektyvaus energijos vartojimo pastatuose vadovas*. Lietuvos Respublikos ūkio ministerija, 2008, 49 – 53, 86 - 88

31. Polis, A; Mišliūtė J. 2007 . *Šiaudiniai namai. Baltijos šiaudinių namų statytojų suvažiavimas*. [žiūrėta 2010 03 29]. Prieiga per internetą:
<http://www.siaudunamai.lt/lt/naujienos/baltijos_siaudiniu_namu_statytoju_suvaziavimas>
32. Ruger, B.; Hein, S. 2007. *European strawbale gatherong 2007*. Impressum, FASBA 2007
33. Adomaitis, L. 2007. *Namai iš šiaudų – šilti, ekologiški*. „Meisteris“, 2007, Nr. 6, p. 8–15
34. Milutienė, E; Jürmann, K; Keller, L. 2007. *Straw bale building – reaching energy efficiency and sustainability in northern latitudes*, 2007, 5 – 6.
35. King, B. 2003. *Load – bearing straw bale construction. A summary of worldwide testing and experience*. June 30, 2003, 11.
36. *Sustainable Building Design Manual: Sustainable building design practices*. Energy and resources institute. Institut Catala D`energija, Asia, URBS Programme, Deli, 2004, 121 .
37. Ley, T.; Widgery M. 1997. Devon Earth Building Association: *cob and the building regulation*. 1997, 42.
38. Gurskis, V.; Juodis, J. *Šiaudų ir kitų atsinaujinančių šiltinimo medžiagų naudojimas pastatų apšiltinimui*. Lietuvos žemės ūkio universitetas, Statybinių konstrukcijų katedra, 2007.
39. Gurskis, V., Juodis, J. *Presuotų šiaudų ryšulių tinkamumas pastatų statybai*. Lietuvos žemės ūkio universitetas, Statybinių konstrukcijų katedra, 2007.
40. Joubert, K. A; Schimmel, U. 2007. *Ecovillage lobbying sees strawbale building legalised in Germany*. *Global Ecovillage Network – Europe News*, Winter 2007
41. *Sustainable Building Design Manual: Sustainable building design practices*. Energy and Resources Institute, Institut Catalá d'Energia, Asia Urbs Programme. Deli, 2004, 140 - 142
42. Modcell. [žiūrėta 2010 04 10]. Prieiga per Internetą:
<<http://www.modcell.co.uk/page/structural>>
43. Ecococon. *Gamtos puoselėjami namai*. [žiūrėta 2010 04 10]. Prieiga per Internetą:
<<http://www.ecococon.lt/lt/produktai>>
44. Goodhew, S.; Grindley P.; Probeif, S. *Composition, effective thermal conductivity and specific heat of cob earth-walling*. School of Civil & Structural Engineering, University of Plymouth, Devon.
45. Gurskis, V. 2008. *Statybinės medžiagos. Mokomoji knyga*. Kaunas, Ardiva, 2008
46. Devon Earth Building Association. *Cob Dwelling*. The 2008 Devon Model, 2008.
47. Эванс, Я.; Смит, М.; Смайли, Л. 2005. *Дом из самана. Психология и практика*. 2005. I dalis, 26.
48. Энциклопедия статей. Назад, к натуральному строительству. [žiūrėta 2010 04 10]. Prieiga per internetą: <<http://majesticarticles.ru/stroitelstvoiremont/sdom/03810992.html>>

49. Zavadskas, E.K.; Kaklauskas, A. ir kt. 1998. *Sprendimų paramos sistemos statyboje*. Vilnius, Technika, 1998 m.
50. Puškorius, S. 2001. *Sprendimų priėmimo teorija. Kiekybiniai metodai*. Vilnius, Lietuvos teisės universiteto Leidybos centras. 2001 m.
51. Zavadskas E. K.; Kaklauskas A. 1996. *Pastatų sistemotechninis įvertinimas*. Vilnius: Technika, 1996.
52. Gailius, A.; Vėjelis, S. 2009. *Termoizoliacinės medžiagos ir jų gaminiai*. Vilnius, Technika, 2009
53. Statau pats. *Jūsų namo pamatai*. 2006. [žiūrėta 2010 04 25]. Prieiga per internetą: <<http://www.staupaits.lt/News/View/14.html>>
54. *Технологии монолитного строительства*. [žiūrėta 2010 04 25]. Prieiga per internetą: <<http://zabory.ua/ru/catalog/106/978/>>
55. Namo statyba. *Ką rinktis - plytas ar blokelius ?* [žiūrėta 2010 04 25]. Prieiga per internetą: <<http://www.supernamai.lt/?straipsnis=10>>
56. *Skydiniai namai - statyba, technologija, privalumai*. [žiūrėta 2010 04 25]. Prieiga per internetą: <http://www.ekspertai.lt/skydiniai_namai/straipsniai/skydiniai_namai_statyba_tehnologija_privalumai>
57. Gurskis, V.; Juodis, J. 2007. *Šiaudų ir kitų atsinaujinančių medžiagų naudojimas pastatų apšiltinimui*. [žiūrėta 2010 04 28]. Prieiga per internetą : <<http://www.siaudunamai.lt/downloads/Siaudu%20naudojimas%20pastatu%20apsiltinimui.pdf>>
58. *Rockwool akmens vata*. [žiūrėta 2010 04 28]. Prieiga per internetą : <<http://gidas.rockwool.lt/media/94775/bi-30.0.pdf>>
59. Ekorema. *Apie ekovatą*. [žiūrėta 2010 04 28]. Prieiga per internetą : <<http://www.ekovata.lt/LT/apie-ekovata/>>
60. Nekrošius, L. *Architektūros ir aplinkos darna: šiaudinis namas*. 2007, 36
61. Earth materials. *Sustainable sources: celebrating 16 years of online Green Building info*. [žiūrėta 2010 04 30]. Prieiga per internetą: <<http://earth.sustainablesources.com/#Resources>>
62. Morel, J.C.; Bui, Q.B.; Venkatarama Reddy, B.V. and Ghayad, W. 2008. *Durability of rammed earth walls exposed for 20 years to natural weathering*.
63. Walker, P.; Keable, R.; Martin, J.; Maniatidis, V. 2005. *Rammed earth: Design and construction guidelines*. 2005, 13.
64. Skinner, F.G., 2002. *The Cob Buildings of Devon 1. History, Building Methods and Conservation*. 2002

65. Soebarto, V. 2009. *Analysis of indoor performance of houses using rammed earth walls. Building Simulation 2009*. Eleventh International IBPSA Conference, Glasgow, Scotland July 2009. The University of Adelaide, Adelaide, Australia
66. Assoc. Prof. Dr. Krnjetin, S., prof. Dr. Folic, R. *Building of low – energy structures by use of earth*. Faculty of technical Sciences, Novi Sad, Serbia & Montenegro, 2005
67. Topcu, Y. I. *A decision model proposal for construction contractor selection in Turkey*. Building and environment, 39, 2004, 469–481.
68. Russell, J. S.; Hancher, D. E.; Skibniewski, M. J. *Contractor prequalification data for construction owners. Construction Management and Economics*, 10, 1992, 117–135.
69. Antuchevičienė, J. 2005. *Alternatyvų vertinimo būdai TOPSIS metodu, esant neapibrėžtumui*. Ūkio technologinis ir ekonominis vystymas 11(4): 242-247.
70. Hatush Z., Skitmore, M. *Contractor Selection Using Multicriteria Utility Theory: An Additive Model*. Building and environment, Vol. 33, No 2-3, 1998, 105 - 115
71. Zavadskas, E.K.; Kaklauskas, A.; Banaitienė, N. 2001. *Pastato gyvavimo proceso daugiakriterinė analizė*. Monografija. Vilnius, Technika, 2001, 380, 219
72. Podvezko, V. 2005. *Ekspertų įverčių suderinamumas*. Vilnius, 2005, 101 – 102.

PRIEDAI

EKSPERTŲ APKLAUSOS ANKETA

Anketos tikslas – nustatyti rodiklių, apibūdinančių ekologiškų namų statybos technologijas, reikšmingumus bei parinkti statybos technologijų racionalų variantą. Gauti rezultatai bus panaudoti baigiamajame magistriniame darbe.

Prašau, užpildyti lentelę įrašydami atitinkamus įvertinimus.

Rodiklių reikšmingumų vertinimas: Lentelėje pateiktos keturios rodiklių grupės: fizikiniai rodikliai, technologiniai, ekonominiai ir ekologiniai. Reikia įrašyti balų skaičių ties kiekvieno rodiklio, keliais balais iš 10 tam tikras rodiklis iš kiekvienos grupės Jūsų manymu turi būti įvertintas. Reikia pasirinkti iš pradžių svarbiausią rodiklį, kurio reikšmingumą galima prilyginti 10 balų (gali būti keli rodikliai). Kiti rodikliai yra lyginami su svarbiausiuoju. Šie balai parodo, kiek Jūsų manymu yra svarbus rodiklis tam tikroje grupėje pasirenkant gyvenamųjų namų statybos technologijas.

Vertinimo skalė: 1-2 – nereikšmingas rodiklis; 3-4 – mažai reikšmingas rodiklis; 5-6 – vidutiniškai reikšmingas rodiklis; 7-8 – reikšmingas rodiklis; 9-10 – labai reikšmingas rodiklis.

1 lentelė. Rodiklių reikšmingumų vertinimas

Nr.	Vertinamas rodiklis	Jūsų įvertinimas (1 – 10)
<i>Fizikiniai rodikliai</i>		
1	Tankis	
2	Šilumos laidumo koeficientas	
3	Šiluminė varža	
4	Stiprumas	
5	Garso izoliavimas	
6	Gaisrinė sauga	
<i>Technologiniai rodikliai</i>		
7	Konstrukcijų tipai	
8	Pamatų tipai	
9	Pamatų medžiagos	
10	Sienų tipas	
11	Sienų šiltinimo medžiaga	
12	Galimybė keisti aitvarų formą	
13	Būtina išorės apdaila	
14	Naudojamų priemonių poreikis	
15	Ilgaamžiškumas	
16	Maksimaliai galimas aukštingumas	
17	Galimybė pakeisti išplanavimą	
<i>Ekonominiai rodikliai</i>		
18	Statybos trukmė	
19	Statybos kaina	
<i>Ekologiniai rodikliai</i>		
20	Privalumai sveikatos atžvilgiu	
21	Galimų pavojų skaičius	
22	CO ₂ emisija	
23	Būtinės klimatinės sąlygos	
24	Biodegradacija	

Darbe bus panaudoti apibendrinti šios anketos duomenys.

Ačiū už bendradarbiavimą!

Ekspertų apklausos rezultatai
Fizikinių rodiklių įvertinimas, balais

Rodikliai	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17
R1	5	7	4	4	8	3	6	8	3	5	4	6	6	4	4	5	5
R2	10	10	10	9	9	8	10	10	9	8	10	9	9	8	8	9	8
R3	10	10	10	8	9	7	9	9	9	9	9	9	10	8	8	10	8
R4	5	9	7	5	8	3	8	7	8	6	5	7	7	3	5	6	7
R5	7	9	9	10	8	10	10	9	9	10	9	10	10	9	9	8	9
R6	8	8	8	10	10	9	9	9	6	10	10	8	8	9	7	7	10

Rodikliai	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24	E25	E26	E27	E28	E29	E30	E31	E32	E33	E34
R1	7	7	5	5	8	5	7	7	8	6	6	1	8	1	4	4	4
R2	8	9	9	8	9	10	7	10	9	8	9	9	10	9	9	8	8
R3	10	9	10	8	8	5	9	10	9	8	9	9	10	9	9	8	8
R4	10	10	8	5	7	5	10	8	10	7	7	8	8	8	8	7	5
R5	9	9	9	10	8	10	9	9	9	9	10	9	8	9	9	10	10
R6	8	8	8	10	8	10	8	9	9	10	9	6	10	7	10	9	9

Rodikliai	E35	E36	E37	E38	E39	E40	E41	E42	E43	E44	E45	E46	E47	E48	E49	E50	E51
R1	6	5	6	6	3	5	4	4	6	6	6	4	5	5	3	5	6
R2	9	10	9	8	10	9	10	9	10	10	9	10	10	9	9	10	10
R3	9	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10	9	10	9	10
R4	7	7	7	8	4	7	6	8	7	8	7	6	8	8	5	6	10
R5	10	9	10	9	8	10	9	10	10	9	10	9	9	10	9	9	10
R6	9	8	8	10	9	9	8	8	9	9	9	8	8	9	8	10	10

Ekspertų apklausos rezultatai
Technologinių rodiklių įvertinimas, balais

Rodikliai	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17
R1	6	6	9	8	7	8	6	7	8	8	6	10	9	7	7	8	8
R2	8	7	8	7	9	9	9	8	7	10	8	9	8	8	7	6	8
R3	8	10	7	6	8	9	10	9	7	9	8	9	7	8	7	7	7
R4	9	9	10	8	7	7	8	7	8	9	8	8	9	9	8	8	9
R5	10	10	9	10	9	9	10	10	9	10	10	10	10	10	9	10	10
R6	4	5	4	3	4	5	5	5	4	4	4	4	5	6	5	5	6
R7	6	6	6	7	7	6	6	6	5	6	7	7	7	7	6	7	6
R8	8	8	9	8	8	8	9	9	8	9	9	9	7	8	8	8	8
R9	2	3	2	2	2	3	4	4	3	2	2	2	3	4	3	3	3
R10	1	1	2	2	2	1	1	3	1	1	2	2	2	2	3	2	1
R11	7	7	8	8	8	7	7	8	7	7	7	6	7	8	8	7	8

Rodikliai	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24	E25	E26	E27	E28	E29	E30	E31	E32	E33	E34
R1	10	8	7	10	9	10	6	10	8	8	10	6	10	7	10	9	8
R2	10	8	9	8	9	10	8	9	9	8	9	7	10	6	8	9	8
R3	9	7	8	8	9	10	9	8	9	9	8	7	10	7	7	8	7
R4	9	9	9	10	9	7	6	9	8	10	10	8	10	8	8	8	9
R5	9	10	10	9	9	10	10	10	9	10	10	8	10	9	10	10	10
R6	5	4	4	4	4	5	6	4	4	4	5	4	4	5	5	5	6
R7	7	6	7	6	6	6	6	5	7	6	7	6	6	6	6	7	5
R8	8	9	8	8	9	7	8	8	8	8	9	8	9	8	8	8	8
R9	2	2	3	2	3	2	2	2	4	3	3	3	2	2	2	3	2
R10	3	1	2	1	2	2	2	1	2	2	1	1	2	3	2	2	2
R11	8	8	6	8	8	7	7	7	6	7	7	8	8	8	8	7	8

Rodikliai	E35	E36	E37	E38	E39	E40	E41	E42	E43	E44	E45	E46	E47	E48	E49	E50	E51
R1	9	9	8	9	10	9	8	10	9	8	9	7	9	7	9	6	9
R2	8	8	7	9	9	9	9	10	8	9	9	9	9	7	9	10	9
R3	8	8	7	8	8	8	8	9	8	9	8	8	8	8	8	9	10
R4	7	9	9	9	8	9	9	9	9	8	8	8	10	9	10	10	9
R5	9	10	10	10	10	10	10	9	10	10	10	10	10	10	10	10	9
R6	5	5	4	5	4	5	5	6	5	4	4	4	4	5	5	4	6
R7	6	7	8	6	7	6	7	6	6	7	6	6	7	6	6	6	4
R8	9	8	8	8	8	8	9	8	8	8	8	7	8	8	8	8	8
R9	2	4	2	2	3	2	3	3	3	4	3	3	3	2	2	2	2
R10	1	2	2	2	2	2	1	1	2	3	2	2	2	2	2	1	1
R11	7	7	6	7	6	7	7	6	7	7	7	8	8	7	7	7	7

Ekspertų apklausos rezultatai
Ekonominių rodiklių įvertinimas, balais

Rodikliai	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17
R1	10	9	10	10	10	9	9	10	10	9	10	10	8	10	9	10	9
R2	10	10	10	10	9	10	10	10	9	10	10	10	10	10	10	10	9

Rodikliai	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24	E25	E26	E27	E28	E29	E30	E31	E32	E33	E34
R1	9	10	9	10	9	9	10	9	8	9	9	8	7	7	9	9	7
R2	10	10	10	10	8	10	10	10	9	10	10	9	10	9	10	9	10

Rodikliai	E35	E36	E37	E38	E39	E40	E41	E42	E43	E44	E45	E46	E47	E48	E49	E50	E51
R1	8	6	7	7	8	9	9	9	9	9	9	9	10	10	9	9	10
R2	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	10	10	10	9

Ekspertų apklausos rezultatai
Ekologinių rodiklių įvertinimas, balais

Rodikliai	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17
R1	10	10	10	10	9	10	9	10	9	10	10	9	10	10	10	9	9
R2	7	9	8	7	8	7	8	7	7	9	9	8	7	8	7	8	8
R3	10	9	10	10	9	10	9	10	10	9	10	9	10	10	9	10	10
R4	7	7	6	7	7	8	7	7	6	7	7	7	6	8	7	7	7
R5	10	9	9	10	10	9	9	10	10	8	10	10	9	9	9	10	10

Rodikliai	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24	E25	E26	E27	E28	E29	E30	E31	E32	E33	E34
R1	10	9	10	10	9	10	10	10	9	10	10	9	10	10	10	10	10
R2	9	7	8	10	7	10	9	8	6	8	9	8	7	8	8	7	9
R3	10	9	9	10	10	10	10	9	10	10	9	10	10	9	10	10	9
R4	6	7	7	7	8	7	6	7	8	6	7	7	7	6	7	7	7
R5	10	9	9	9	10	10	9	9	9	9	10	10	10	10	9	10	10

Rodikliai	E35	E36	E37	E38	E39	E40	E41	E42	E43	E44	E45	E46	E47	E48	E49	E50	E51
R1	10	10	10	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
R2	8	5	7	8	9	9	7	7	9	8	9	8	8	6	6	6	9
R3	10	9	10	10	10	9	10	10	9	10	9	10	9	10	9	10	10
R4	9	6	7	8	6	6	7	7	7	7	7	8	8	6	6	8	9
R5	10	9	9	10	9	10	9	10	10	10	10	9	10	10	10	10	10

Ekspertų apklausos rezultatai
Fizikinių rodiklių įvertinimas, balais