VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

STATYBOS FAKULTETAS

STATYBOS VALDYMO IR NEKILNOJAMOJO TURTO KATEDRA

Živilė Čiučiurkaitė

KLIMATUI NEUTRALIŲ MIESTŲ ANALIZĖ

ANALYSIS OF CLIMATE RESILIENT CITIES

Baigiamasis magistro darbas

Statybos technologijų ir valdymo studijų programa, valstybinis kodas 6211EX043

Statybų technologijų ir vadybos specializacija

Statybos inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2023

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS
STATYBOS VALDYMO IR NEKILNOJAMOJO TURTO KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

Artūras Kaklauskas_____
(Vardas, pavardė, parašas)

_____
(Data)

Živilė Čiučiurkaitė

KLIMATUI NEUTRALIŲ MIESTŲ ANALIZĖ
ANALYSIS OF CLIMATE RESILIENT CITIES

Baigiamasis magistro darbas

Statybos technologijų ir valdymo studijų programa, valstybinis kodas 6211EX043

Statybų technologijų ir vadybos specializacija

Statybos inžinerijos studijų kryptis

Vadovas_____doc. dr. Tatjana Vilutienė_____
(Moksl. Laipsnis, vardas, pavardė) (parašas) (data)

Konsultantas_____
(Moksl. Laipsnis, vardas, pavardė) (parašas) (data)

Konsultantas_____
(Moksl. Laipsnis, vardas, pavardė) (parašas) (data)

Lietuvių kalbos konsultantas_____
(Moksl. Laipsnis, vardas, pavardė) (parašas) (data)

Vilnius, 2023

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS

STATYBOS VALDYMO IR NEKILNOJAMOJO TURTO KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

Artūras Kaklauskas
(Vardas, pavardė)

(Data)

Statybos inžinerijos studijų kryptis

Statybos technologinių ir valdymo studijų programa, valstybinis kodas 6211EX043

Statybų technologijos ir vadybos specializacija

BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO
UŽDUOTIS
2021-10-12
Vilnius

Studentui (ei) Živilei Čiučiurkaitei

Baigiamojo darbo tema: Klimatui neutralių miestų analizė

patvirtinta 2023 m.

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2023 m. gegužės 31 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

Baigiamajame magistro darbe ištirti miestų poveikį klimato kaitai, taikomas kovos su klimato kaita priemones bei mokslininkų analizuojamus miestų neutralumo klimato kaitai vertinimo rodiklius. Parengti Lietuvos ir užsienio šalių autorių literatūros apžvalgą. Sukurti klimatui neutralių miestų vertinimo modelį. Atlikti atvejo tyrimą ir įvertinti pasirinktų miestų neutralumą klimatui pasitelkiant originalią rodiklių sistemą bei taikant daugiakriterius metodus. Apibendrinti magistro darbo rezultatus ir parengti tyrimo išvadas.

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai: dr. Lina Rutkienė.

Vadovas doc. dr. Tatjana Vilutienė
(Moksl. laipsnis/pedag.vardas, vardas, pavardė)

Užduotį gavau

Živilė Čiučiurkaitė
(Vardas, pavardė)
2021-10-12
(Data)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Statybos fakultetas

Statybos valdymo ir nekilnojamo turto katedra

ISBN ISSN

Egz. sk. ……..

Data ….-….-….

Statybos technologijų ir valdymo studijų programos baigiamasis magistro darbas

Pavadinimas **Klimatui neutralių miestų analizė**

Autorius **Živilė Čiučiurkaitė** Vadovas doc. dr. **Tatjana Vilutienė**

Kalba

lietuvių

Anotacija

Magistro darbas yra sudarytas iš trijų pagrindinių dalių: teorinės miestų klimato neutralumo dalies, metodologijos tyrimo dalies ir miestų palyginimo uždavinio sprendimo dalies, naudojant COPRAS, TOPSIS ir WASPAS metodus. Pirmoje dalyje nagrinėjamas klimato kaitos poveikis miestams, veiksmai ir politikos mechanizmai klimato neutralizavimui miestuose, prisitaikymo prie klimato kaitos priemonės, neutralių klimatui miestų planavimas ir finansavimo šaltiniai, kriterija ir metodai įvertinti klimato poveikį miestuose. Antroje dalyje modeliuojamas tyrimo modelis, nustatomi miesto neutralumo klimatui kriterijai, analizuojami ir parenkami vertinimo rodikliai. Trečioje dalyje lyginami pasirinkti penki Europos miestai naudojant COPRAS, TOPSIS ir WASPAS metodus. Darbo pabaigoje pateikiamos baigiamojo darbo išvados.

Darbą sudaro įvadas, trys pagrindinės dalys su poskyriais, išvados, literatūros sąrašas. Darbo apimtis – 74 p. teksto, 5 iliustr., 15 lent., 149 bibliografiniai šaltiniai.

Prasminiai žodžiai: klimatui neutralūs miestai, klimato kaita, klimato neutralizavimas miestuose, prisitaikymas prie klimato kaitos.

© STUDIJŲ DIREKCIJA

Vilniaus Gediminas Technical University
Faculty of **Civil Engineering**
Department of **Construction Management and Real Estate**

ISBN ISSN
Egz. sk. ……..
Data ….-….-….

Master Degree Studies **Construction Technologies and Management** study programme

Master‘s thesis

Title **Analysis of Climate Resilient Cities**

Autorius **Živilė Čiučiurkaitė** Vadovas doc. dr. **Tatjana Vilutienė**

Kalba
lithuanian

Anotacija

The master's thesis consists of three main parts: the theoretical part of urban climate neutrality, the methodological research part and the part of solving the problem of climate resilient cities using COPRAS, TOPSIS and WASPAS methods. The first part examines the impact of climate change on cities, actions and policy mechanisms for climate neutralization in cities, measures of adaptation to climate change, planning of climate neutral cities and funding sources, criteria and methods for assessing climate impact in cities. In the second part, the research model is created, the climate criteria of the city's neutrality are determined, the evaluation indicators are analyzed and selected. The third part compares five selected European cities using the COPRAS, TOPSIS and WASPAS methods. At the end of the work, the conclusions of the thesis are presented.

The work consists of an introduction, three main parts with subsections, conclusions, and references. The volume of work - 74 p. text, 5 pictures, 15 tables, 149 bibliographic entries.

Prasminiai žodžiai: climate resilient cities, climate change, klimatui neutralūs miestai, klimato kaita, climate neutralization in cities, adaptation to climate change.

© STUDIJŲ DIREKCIJA

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

	Živilė Čiučiurkaitė, 20172627	
	(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)	
	Statybos fakultetas	
	(Fakultetas)	
	Statybos technologijos ir valdymas, STVfm-21	
	(Studijų programa, akademinė grupė)	

BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO)
SĄŽININGUMO DEKLARACIJA

2023 m. gegužės 29 d.

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas tema „Klimatui neutralių miestų analizė" yra savarankiškai parašytas. Šiame darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Mano darbo vadovas docentas daktaras Tatjana Vilutienė.

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą nėra. Jokių įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs (-usi).

			Živilė Čiučiurkaitė
	(Parašas)		(Vardas ir pavardė)

TURINYS

ĮVADAS 10
1. KLIMATUI NEUTRALIŲ MIESTŲ TEORINIS PAGRINDIMAS 13
1.1. Klimato kaitos poveikis miestuose 13
1.2. Veiksmai ir politikos mechanizmai klimato neutralizavimui miestuose 18
1.3. Prisitaikymo prie klimato kaitos priemonės 23
1.4. Neutralių klimatui miestų planavimas ir finansavimo šaltiniai 27
1.5. Kriterijai ir metodai įvertinti klimato poveikį miestuose 33
2. TYRIMO METODOLOGIJA 39
2.1. Tyrimo modelis 39
2.2. Miesto neutralumo klimatui kriterijų nustatymas 40
2.3. Rodiklių analizė ir miestų pasirinkimas 45
2.4. Respondentų vertinimas 47
2.5. Rodiklių vertinimo metodai 49
3. NEUTRALIAUSIO KLIMATUI MIESTO NUSTATYMAS 52
3.1. COPRAS metodo taikymas neutraliausio klimatui miesto nustatymui 52
3.2. TOPSIS metodo naujimas neutraliausio klimatui miesto nustatymui 54
3.3. WASPAS metodo naujimas neutraliausio klimatui miesto nustatymui 55
3.4. Rezultatų palyginimas 57
IŠVADOS 59
LITERATŪROS SARAŠAS 63

PAVEIKSLŲ SARAŠAS

1.1 pav. Oro taršos, klimato ir žmonių sveikatos ryšys (Von Schneidemesser et al., 2015) 15
1.2 pav. Klimato kintamumo ir kaitos poveikio žmogaus gerovei keliai, atsižvelgiant į specifinius žmogaus infekcinių ligų (vandens, maisto, pernešėjų platinamų ligų) ypatumus (Ma et al., 2020) . 16
1.3 pav. Darnaus vystymo tikslai įgyvendinant klimato kaitą (Masson-Delmotte et al., 2018) 26
1.4 pav. Europos žaliasis sandoris, reglamentai ir politika (Boeri et al., 2021)..... 28
1.5 pav. Pagrindinės modeliavimo grandinės, naudojamos dabartinėje literatūroje tiriant keturių rimtą susirūpinimą keliančių miestų sistemų pažeidžiamumą klimato kaita (Ye et al., 2021)..... 35

LENTELIŲ SARAŠAS

2.1 Lentelė. Mokslinėje literatūroje pateikiami miesto neutralumo klimatui kriterijai 40
2.2 Lentelė. Mokslinėje literatūroje pateikiami miesto neutralumo klimatui kriterijai (2)..... 44
2.3 Lentelė. Respondentų demografiniai duomenys..... 47
2.4 Lentelė. Respondentų vertinimai 48
2.5 Lentelė. Rodiklių reikšmingumo nustatymas 48
3.1 Lentelė. Pradinės sprendimų priėmimo matricos sudarymas 52
3.2 Lentelė. Svorinė normalizuota matrica (COPRAS metodas) 53
3.3 Lentelė. Maksimizuojančių ir minimizuojančių sumų skaičiavimas (COPRAS metodas)..... 53
3.4 Lentelė. Santykiniai reikšmingumas ir priotetiškumas (COPRAS metodas) 54
3.5 Lentelė. Svorinė normalizuota matrica (TOPSIS metodas) 54
3.6 Lentelė. Idealaus ir neigiamai idealaus varianto nustatymas (TOPSIS metodas) 55
3.7 Lentelė. Skirtumas tarp realaus ir idealaus varianto bei skirtumas tarp realaus ir neigiamai idealaus varianto (TOPSIS metodas)..... 55
3.8 Lentelė. Santykinis lyginamų variantų artumas idealiam (TOPSIS metodas) 55
3.9 Lentelė. Normalizuota matrica (WASPAS metodas)..... 56
3.10 Lentelė. Penkių pasirinktų miestų neutralumas klimatui trimis skirtingais metodais..... 57

ĮVADAS

Darbo temos aktualumas. Viso pasaulio miestai susiduria su staigiomis ir lėtesnėmis problemomis, kurios veikia miestų ekonomiką ir klimato kaitą. Staigiai atsirandančias problemas apima stichinės nelaimės, tokias kaip žemės drebėjimai, potvyniai ar pandemijos. Lėtinės problemos miestus veikia cikliškai ir kasdien, tai – didelis nedarbo lygis, neefektyvi viešojo transporto sistema, pastovus maisto ir vandens trūkumas ar epideminės nelaimės. Be jau išvardintų miestus apimančių sunkumų, susiduriama su dar vienu sunkiai kontroliuojamu iššūkiu – klimato kaita ir jos padariniais. Nors kiekviena problema savaime egzistuoja kaip atskiras elementas, jos taip pat yra susijusios tarpusavyje. Pavyzdžiui, politiniai sprendimai, kuriais reaguojama į ekonominius iššūkius, gali teigiamai ir neigiamai paveikti socialinius ir ekologinius miesto aspektus ir atvirkščiai. Siekiant susidoroti su kylančiais sunkumais, miestai turi turėti galimybę mokytis ir prisitaikyti įvairiuose sektoriuose bei sukurti atsparaus miesto sistemą.

Nesiimant jokių veiksmų, kurie padėtų apsaugoti planetą nuo klimato kaitos, numatoma, kad iki 2100 m. vidutinė metinė oro temperatūra pakils nuo 3 iki 6 laipsnių pagal Celsijų (Alexander et al., 2022). Kylanti temperatūra sukels stichines nelaimes, kurių metu nukentės ne tik tie, dėl kurių vartojimo vyksta klimato kaita, t. y. žmonės, bet ir gyvūnai. Šiluma – tai energija, o padidinus energijos kiekį bet kokioje sistemoje, joje atsiranda pasikeitimų. Kylant temperatūrai šyla vandenynai, tirpsta sniegas ir ledynai, dėl to kyla vandens lygis, o tai ypač pavojinga žmonėms, gyvenantiems pakrantėse. Nuo XXI a. pradžios Aziją buvo užklupę 550 potvynių, kurie paveikė daugiau nei 850 mln. žmonių. Atkreipiant dėmesį į Kiniją, kurios populiacija siekia apie 400 mln. gyventojų, net 130 mln. gyvena pakrantėse ir yra pažeidžiami potvynių ir jūros lygio kilimo (Prasad et al., 2009). Žemei sugeriant daugiau energijos, pasitaiko stipresnės ir masyvesnės audros, garuoja didesnis vandens kiekis. Dėl pastarosios priežasties vietomis didėja kritulių kiekis, o kai kur pasaulyje dažnėja sausros ir miškų gaisrai. Be to, keičiasi įprastos floros ir faunos gyvavimo terpė. Keičiasi sezoniniai modeliai, dėl ko didėja migracija (Climate Change Primer, 2022). Visa tai rodo, kad tam reikalinga neutralizuoti klimatą visame pasaulyje paverčiant didžiuosius mietus klimatui neutraliais miestais.

Kaip nurodo Europos Komisija (European Union, 2021), iki 2030 m. tikimasi pasiekti 100 klimatui neutralių miestų, šią ribą nustatė Klimatui neutralių ir išmaniųjų miestų misijos valdyba. Šios srities misija paremtų, skatintų ir parodytų 100 Europos miestų sisteminę transformaciją į klimato neutralumą iki 2030 m. ir paverstų šiuos miestus visų miestų eksperimentų ir inovacijų centrais. Miestai yra vieta, kur egzistuoja ir susikerta energijos, transporto, pastatų ir net pramonės bei žemės ūkio strategijos. Nepaprastoji klimato problema turi būti sprendžiama miestuose ir

įtraukiant piliečius, kurie yra ne tik politiniai valdymo struktūros veikėjai, bet ir naudotojai, gamintojai, vartotojai ir savininkai. Vykdydama daugiapakopį ir bendrai kūrybinį procesą, įformintą Klimato miesto sutartimi, pritaikyta prie kiekvieno miesto tikrovės, misija yra visiškai įsitvirtinusi Europos žaliojo kurso strategijoje, kad iki 2050 m. Europa taptų neutrali klimato kaitai. Tai sudaro prielaidas išanalizuoti, kaip vertinami klimatui neutralūs miestai, kokia klimato neutralizavimo nauda didžiuosiuose mietuose bei kaip tai padeda sumažinti klimato kaitos neigiamą poveikį miestuose.

Keliamų klausimų ištyrimo lygis. Klimato kaitos poveikį miestuose savo moksliniuose darbuose tyrė V. Mishras et al. (2015); HA. Krameris et al. (2019); E. Von Schneidemesseris et al. (2015); Q. Masas et al. (2020); D. Shindellis et al. (2017).Veiksmus klimato neutralizavimui miestuose pateikia C. Rosenzweigas, (2018); W. Soleckis et al. (2021); V. Massonas, (2020). L. Filhosas et al. (2019) (2021); LFM. Francis ir M.B. Jensenas, (2017); M.M. Rathoresas et al. (2016); S.H. Koopas ir C.J. van Leeuwenas, (2017) pateikia prisitaikymo prie klimato kaitos priemones. Neutralių klimatui miestų planavimas ir finansavimo šaltiniai tyrinėjami šių mokslininkų darbuose A. Boeris et al. (2021); M. De Jonis et al. (2015); Y. Fui ir X. Zhangas, (2017). Metodus įvertinti klimato poveikį miestuose pateikia M. Olazabalas et al. (2019); J.D. Fordas ir D. Kingas, (2015); E. Sainz de Murietas et al. (2020); R.A. Silvas et al. (2017); P.J. Youngas et al. (2013).

Mokslinė problema – kokiais kriterijai remiantis galima įvertinti klimatui neutralius miestus?

Darbo naujumas. Klimatui neutralūs miestai vis dar kuriasi ir įgyvendina programas, skirtas sumažinti klimato kaitą miestuose. Todėl dar vis pasigendama atliktų tyrimų, kuriais būtų nustatyti bendri kriterijai, kaip įvertinti klimatui neutralius miestus, bei išsiaškinta, kaip klimato neutralizavimas veikia miesto aplinką. Ypač pasigendama mokslinių šaltinių, kurie analizuoja klimatui neutralius miestus Europoje, o ypač Lietuvoje.

Darbo objektas – klimatui neutralūs miestai.

Darbo tikslas – įvertinti klimatui neutralius miestus pastelkiant autorės pasiūlytą originalią kriterijų sistemą bei taikant daugiakriterius metodus.

Darbo uždaviniai:

1. Pateikti klimatui neutralių miestų teorinį pagrindimą;
2. Parinkti metodus, kuriais vertinami neutralūs klimatui miestai;
3. Sukurti klimatui neutralių miestų vertinimo modelį.
4. Parinkti kriterijus, kurie leidžia identifikuoti klimatui neutralius miestus;
5. Įvertinti pasirinktus klimatui neutralius miestus;

Darbo metodai – mokslinės literatūros analizė, ekspertinio vertinimo, COPRAS, TOPSIS, WASPAS metodai.

Teorinė darbo reikšmė. Atliktas darbas leis identifikuoti kriterijus, kuriais gali būti vertinami klimatui neutralūs miestai.

Praktinė darbo reikšmė. Pateikti tyrimo metodai leis įvertinti klimatui neutralius miestus.

1. KLIMATUI NEUTRALIŲ MIESTŲ TEORINIS PAGRINDIMAS

1.1.Klimato kaitos poveikis miestuose

Ekstremalūs oro reiškiniai vis dažniau pasitaiko visų žemynų miestuose (Mishra et al., 2015). 2019 metais užfiksuotas klimato kaitos rekordas dėl plačiai paplitusių karščio bangų šiauriniame ir pietiniame pusrutuliuose (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2019). 2018 ir 2019 m. klimato kaitos sukelti gaisrai nuniokojo Kalifornijos, Čilės ir Australijos miestus ir miestelius (Kramer et al., 2019). Ekstremalesni kritulių kiekio pokyčiai didina ir miesto sausrų, ir potvynių riziką (Guneralp et al., 2015). Kylantis jūros lygis kartu su kitomis aplinkosaugos problemomis pakrančių miestuose sukėlė aplinkos ir socialinius pokyčius (Newton et al., 2012). Dabartiniai klimato kaitos modeliai numato, kad vidutinė maksimali temperatūra miestuose visame pasaulyje vos per kelis dešimtmečius padidės 2–8°C, o Europos, Pietų Amerikos ir Afrikos miestai gali susidurti su stipresnėmis ir dažnesnėmis sausromis, kurios dar labiau padidins dabartinį vandens trūkumą ir su tuo susijusias krizes (Huang et al., 2019).

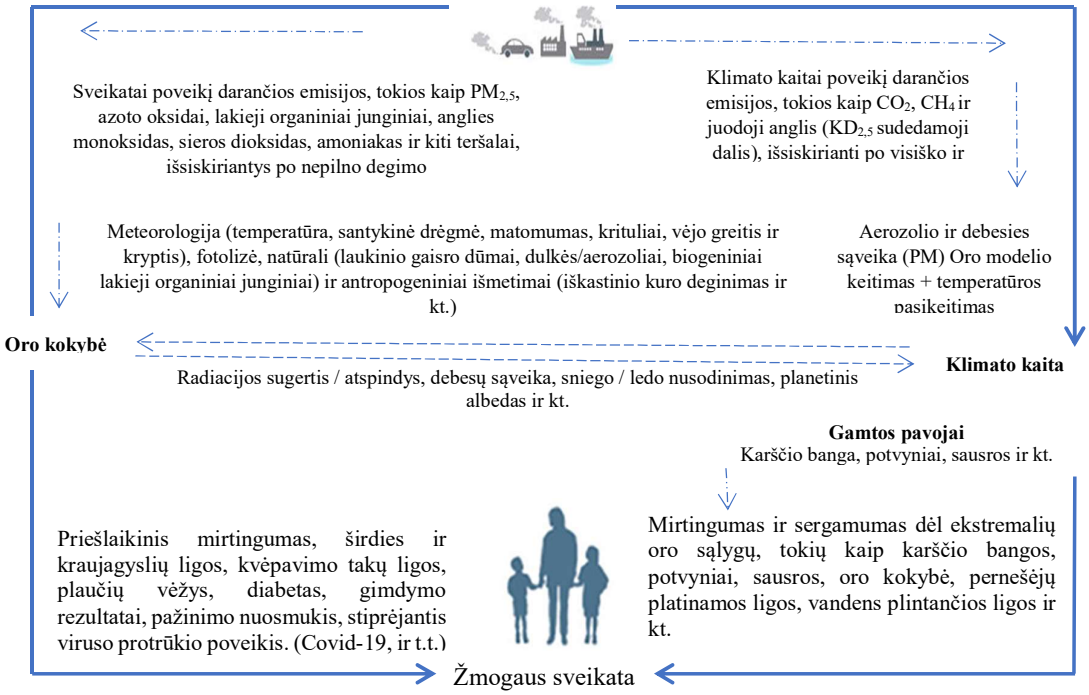
Mokslinėje literatūroje klimato kaita reiškia „ klimato pokytis, tiesiogiai ar netiesiogiai susijęs su žmogaus veikla, keičiantis pasaulinės atmosferos sudėtį ir papildantis natūralią klimato kaitą, stebimą panašiais laikotarpiais“ (Chan et al., 2019). 2015 m. Lancet sveikatos komisija analizuodama klimato kaitą padarė išvadą, kad klimato kaitos padariniai „kelia nepriimtinai didelį ir potencialiai katastrofišką pavojų žmonių sveikatai“. Pasaulio sveikatos organizacija klimato kaitą vadina pagrindine XXI amžiaus sveikatos sistemų problema (Chan et al., 2019).

Klimato kaita yra didžiausia grėsmė gyvybei Žemėje. Ji atsiranda dėl natūralių ir antropogeninių oro teršalų, ypač šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD), emisijų, sukeliančių didelio masto poveikį klimatui (Kumar, 2021). Kitaip tariant, sudėtingą ryšį tarp oro taršos ir klimato kaitos pirmiausia lemia šiltnamio efektą sukeliančios dujos (Von Schneidemesser et al., 2015; Xu ir Lamarque, 2018). Vandens garai, ozonas (O_3), azoto oksidas (N_2O), anglies dioksidas (CO_2) ir metanas (CH_4) sudaro didžiausią dalį šiltnamio efektą sukeliančių dujų, kurios lemia visuotinį atšilimą, o pastarieji du junginiai sudaro 90 % ŠESD ir daugiausia išmetami deginant iškastinį kurą (EPA, 2020; Kumar et al., 2020).

L. Filho et al., (2019) nurodo, kad klimato kaita daro įtaką daugeliui kaimo ar miesto vietovių, ir patvirtina, kad klimatas turi tiesioginį ryšį su urbanizacija. Kaip socialinių-kultūrinių, mokslo ir technologinių inovacijų centrai, miestai pritraukia vis daugiau gyventojų, atitinkamai didėja resursų poreikis, ypač gamtos. Šiam šimtmečiui precedento neturinti urbanizacija, industrializacija, atliekų šalinimas ir su jais susiję veiksniai daro poveikį miesto aplinkai, paspartinta oro ir aplinkos taršą, o tai lemia klimato kaitą. Kaip nurodoma kai kuriuose moksliniuose šaltinuose (Busby et al., 2018;

Adenle et al., 2017), Afrika ir Azija buvo įvardyti kaip du labiausiai pažeidžiami klimato kaitos poveikio regionai dėl tokių veiksnių kaip didelis gyventojų skaičiaus augimo tempas ir lūšnynų plitimas (Lutz et al., 2017; UN-HABITAT, 2016). Dėl daugybės reikšmingų miesto gyventojų poreikių miestuose išmetama 80 % pasaulio antropogeninių šiltnamio efektą sukeliančių dujų teršalų, nors miestų erdvinė aprėptis sudaro tik 2 % pasaulio (UN-BUVETAS, 2016). Pagrindinis miesto ŠESD šaltinis yra energijos suvartojimas deginant transportui skirtą iškastinį kurą, taip pat kurą, naudojamą pastatų ir techninių prietaisų veikimui. Apie 30 % šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo naudojant energiją priskiriama pastatų sektoriui. Manoma, kad dėl pasaulinio energijos vartojimo išmetamas ŠESD kiekis iki 2030 m. padidės iki 76 %. Visa tai patvirtina poreikį kurti klimatui neutralius miestus (Leal et al., 2019).

Kaip matyti 1.1 paveiksle, oro tarša ir klimato kaita yra neatsiejamai susijusi su šiais veiksniais: a) teršalų išmetimo šaltiniais, b) klimato ypatybėmis ir cheminėmis medžiagomis bei c) aplinkos taršos mažinimo priemonėmis. Šie veiksniai turi didelių pasekmių žmonių sveikatai. Pavyzdžiui, kietosios dalelės (KD) siejamos ne tik su neigiamu poveikiu sveikatai (Heal et al., 2012), bet ir turi neigiamą poveikį klimatui, nes gali būti debesų kaupimosi branduoliai ir taip paveikti klimato pokyčius bei meteorologinius reiškinius., pvz., išsklaidyti arba užfiksuoti vidinį švitinimą (Von Schneidemesser et al., 2015; Maione et al., 2016). Taip pat pasaulinės temperatūros kilimas, sausra, mažėjantys vandens ištekliai, mažėjantys ledo sluoksniai, potvyniai ir erozija pakrančių zonose, vandenynų rūgštėjimas, kylantis jūros lygis ir didėjantys ekstremalūs oro reiškiniai yra nepaneigiami pasaulinio atšilimo įrodymai (1.1 pav.). Nors šios globalios problemos laikomos atskiromis problemomis daugelyje mokslinių tyrimų ir politikos sričių, jos neišvengiamai yra susijusios, ir bet kokia švelninimo politika vienoje srityje gali turėti įtakos aplinkybėms kitoje (Von Schneidemesser et al., 2015), todėl reikalingas kitoks požiūris į sprendimus.

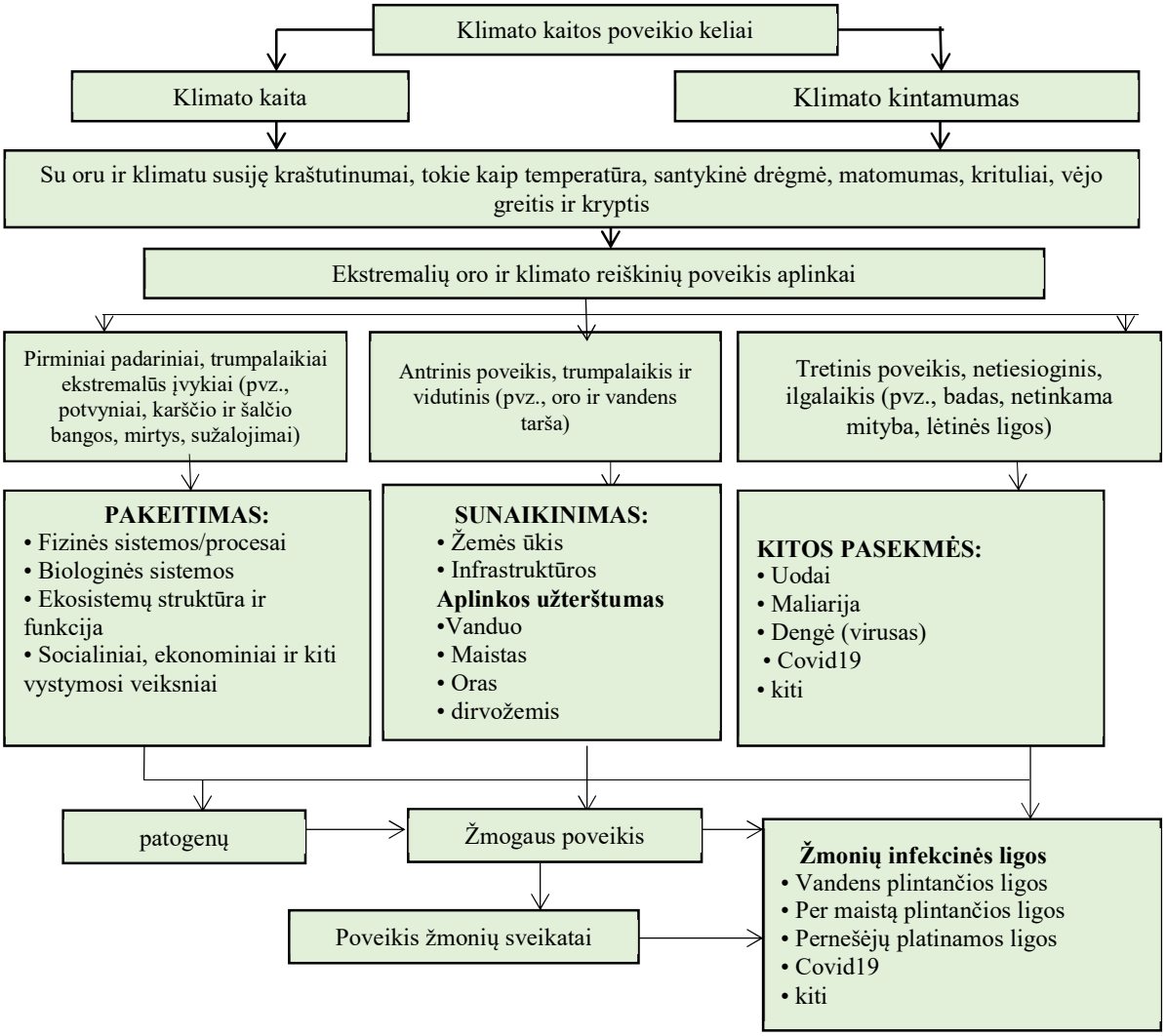


1.1 pav. Oro taršos, klimato ir žmonių sveikatos ryšys (Von Schneidemesser et al., 2015)

Dėl visuotinio atšilimo miestai tampa šiltesni, o urbanizacija sustiprina šį procesą dėl miesto šilumos salelių susidarymo ir aerozolio spinduliavimo. Manoma, kad klimato kaitos, miesto šilumos salos efekto ir oro taršos sąveikos pasekmės iki XXI a. vidurio padidins prastos žmonių sveikatos riziką miestuose visame pasaulyje. Klimato kintamųjų (pvz., temperatūros, santykinės drėgmės, oro kokybės indekso) ir pavojaus sveikatai (pvz., burnos, pėdų ir rankų ligų) sąsajų tyrimas atskleidė, kad klimato kaitos poveikis buvo didesnis prastesnės oro kokybės srityse (Du et al., 2019). Oro tarša daro įtaką atmosferai, padidindama lauko apšvitą klimato sistemoje, kuri yra esminė garavimo jėga (Yao, 2017). Be to, manoma, kad didelė azoto koncentracija žemės atmosferoje gali lemti netinkamą drėgmę augalininkystei. Be to, karštesnis didmiesčių klimatas padidina oro užterštumo poveikį mirtingumui, susijusiam su plaučių uždegimu. Nustatyta, kad Honkonge mirtingumo nuo pneumonijos padariniai didėja šiltėjant orams ir dar labiau sustiprėja oro taršos piko valandomis, o tai rodo, kad karštesnis miesto klimatas dėl visuotinio atšilimo ir urbanizacijos gali padidinti oro užteršimo ir pneumonijos riziką. (pvz., Sun et al., 2019). Trumpai tariant, dėl visuotinio atšilimo ir miestų plėtros didmiesčių zonos tampa šiltesnės ir daro įtaką miestų oro taršai.

Visuotinis atšilimas turi itin didelių padarinių žmonių gerovei, ypač dėl vandens ir pernešėjų platinamų užkrečiamųjų ligų. Keliai, kuriais klimato kaita ir su ja susiję svyravimai daro įtaką žmonių sveikatai, yra susiję su įvairiais socialiniais, gamtos, biologiniais ir ekonominiais veiksniais. Tuo pačiu metu patogenų vystymasis, plitimas ir atsparumas vaidina svarbų vaidmenį perduodant ligas (1.2. pav.). Visuotinis atšilimas gali kelti pavojų žmonių sveikatai ir gerovei, nes padaugėja ekstremalių oro sąlygų ir su klimatu susijusių įvykių (pvz., sausros, karščio bangos, potvyniai) ir oro taršos (Watts et al., 2015). Ekologinio poveikio ir klimato kaitos sukeltų teršalų poveikio gerovei

geografija yra nenuosekli. Visų pirma, mažas ir vidutines pajamas gaunančių šalių miestų piliečiai yra labiausiai jautrūs dėl didelio kintančių oro sąlygų, oro teršalų poveikio ir riboto gebėjimo kontroliuoti ir prisitaikyti prie šių pavojų (Ma et al., 2020).



1.2 pav. Klimato kintamumo ir kaitos poveikio žmogaus gerovei keliai, atsižvelgiant į specifinius žmogaus infekcinių ligų (vandens, maisto, pernešėjų platinamų ligų) ypatumus (Ma et al., 2020)

Klimato kaita taip pat gali turėti įtakos žmonių sveikatai ir pabloginti statybinių medžiagų paviršių, padidindama antrinių teršalų, tokių kaip O3, koncentracijas (Kumar et al., 2013; Xu et al., 2018). Pastaraisiais metais atlikti tyrimai rodo, kad klimato kaita gali būti susieta su žalingu poveikiu gerovei (Patz et al., 2014). Iki 2050 m. daugelis pasaulio miestų gali susidurti su vis dažniau pasikartojančiomis, intensyvesnėmis karščio bangomis dienomis ir naktimis. Didelio karščio epizodai taip pat glaudžiai susiję su O3 viršijimu dienomis. Ekstremalių klimato reiškinių poveikis žmonių gerovei nebuvo tiesiogiai tirtas, be to, tam nėra aiškių įrodymų. Tačiau Masselot et al., (2018) nurodo,

kad žmogaus veiksmai per pastaruosius 50 metų paveikė natūralius aplinkos veiksnius. Atsižvelgiant į tai, karščio bangos, potvyniai, oro užterštumas, ore esantys alergenai, sausros ir pernešėjų platinamos infekcijos, gali būti laikomi mūsų veiksmų, kurie sukelia pernelyg didelį sergamumą ir mirtingumą, rezultatu. Klimato kaitos poveikis žmonių sveikatai apima su karščiu susijusias problemas, pvz., šiluminį diskomfortą (per didelis šaltis ar karštis); sumažėjusį darbingumą; kvėpavimo sutrikimus, įskaitant tuos, kuriuos sukelia oro teršalai ir ore esantys alergenai, pvz., COVID-19, astma; įskaitant ligas, kurias sukelia įvairūs pernešėjai (erkės, kiti vabzdžiai) ir nuo vandens plintančias ligas, pvz., vaikų virškinimo trakto ligos; maisto netoleravimas ir netinkama mityba, pavyzdžiui, dėl sumažėjusio javų derliaus; ir psichikos sveikatos krizes, pvz., potrauminio streso sutrikimus ir kitas problemas, susijusias su gamtos pavojais (Patz et al., 2014). Todėl klimato kaitos švelninimo ir prisitaikymo prie jos priemonės liks dideliu iššūkiu dar gana ilgai. Numatomas karščio bangų ir kitų su oru bei klimatu susijusių pokyčių pagausėjimas, klimato kaita labai paveikia žmonių gerovę (1.2 pav.)

Analizuojant mokslinę literatūrą matyti, kad klimato kaita gali turėti įtakos daugelio skirtingų teršalų, įskaitant azoto taršą, gyvavimo trukmei, sklaidai ir susijusiam poveikiui sveikatai (Xu et al., 2018). Todėl klimato kaitos ir oro taršos mažinimo priemonės turi įtakos viena kitai. Į tikslą orientuota klimato kaitos švelninimo ir prisitaikymo prie jos darbotvarkė gali apsaugoti mūsų gerovę ir ateitį bei sumažinti kasmet septynių milijonų mirčių nuo oro taršos visame pasaulyje skaičių (Schmale et al., 2014). D. Shindellis, N. Borgford-Parnellis, M. Braueris, A. Hainesis ir J. Kuylenstiernas (2017) taip pat teigia, kad trumpalaikių su klimato kaita susijusių teršalų mažinimas per ateinančius 25 metus gali žymiai sumažinti numatomą 0,5 °C pokytį būsimuose klimato scenarijuose, kaip artimiausio laikotarpio tikslą, taip pat rodo galimą naudą įgyvendinant vystymosi tikslus.

Tai patvirtina ir P. Kumaras (2021) teigdamas, kad šiuolaikinis per didelis energijos suvartojimas yra viena iš pagrindinių ŠESD emisijų, o vėliau ir visuotinio atšilimo bei klimato kaitos priežasčių. Tvarios energijos programos kūrimas ir veiksmingas gamtos išteklių valdymas yra labai svarbūs sprendžiant šią problemą. Kiti svarbūs žingsniai – tai energijos, pagamintos iš iškastinio kuro, paklausos mažinimas, produktų veiksmingumo gerinimas per visą gyvavimo ciklą, medžiagų pakartotinis naudojimas ir perdirbimas, kur tai yra naudinga, ir perėjimas prie švaresnio kuro transporto sektoriuje (Kumar, 2021).

Kiti mokslininkai taip pat patvirtina, kad ekstremalūs klimato reiškiniai, kuriuos sukelia klimato kaita, kelia grėsmę energijos tiekimui visame pasaulyje. Supratimas, kaip gyvenamųjų namų elektros energijos suvartojimas reaguoja į skirtingas klimato sąlygas, taip pat socialinės ir ekonominės sąlygas, yra labai svarbios siekiant sumažinti šias grėsmes. Tai padės vertinant socialines pasekmes dėl anglies dvidegnio išmetimo, t. y. pagrindinį politikos, orientuotos į klimato kaitos stabdymą,

rodiklį (Li et al., 2019; Nordhaus, 2017) ir tikslinių prisitaikymo priemonių kūrimą (Auffhammer et al., 2017; Auffhammer et al., 2014; Davis et al., 2015).

Apibendrinant klimato kaitos poveikį miestuose galima teigti, kad klimato kaita atsiranda dėl natūralių ir antropogeninių oro teršalų, ypač šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD), emisijų, sukeliančių didelio masto poveikį klimatui. Klimato kaita miestuose turi didelį poveikį žmonių sveikatai bei jų gerovei. Dėl visuotinio atšilimo miestai tampa šiltesni, o urbanizacija sustiprina šį procesą dėl miesto šilumos salelių susidarymo ir aerozolio spinduliavimo, o tai neigiamai veikia visą miestų gyvavimą. Ekstremalūs klimato reiškiniai, kuriuos sukelia klimato kaita, tai pat kelia grėsmę energijos tiekimui visame pasaulyje. Dėl šių priežasčių miestuose reikia neutralizuoti klimato kaitą.

1.2.Veiksmai ir politikos mechanizmai klimato neutralizavimui miestuose

Naujausios ataskaitos ir tyrimai, pavyzdžiui, Tarpvyriausybinės klimato kaitos komisijos (IPCC) specialioji ataskaita dėl visuotinio atšilimo 1,5 °C, pradėjo naują ir intensyvesnį klimato tyrimų laikotarpį ir nustatė, kur dabar reikia imtis skubių veiksmų (IPCC. *Global warming of 1.5 °C., 2018).* Poreikis paspartinti prisitaikymą prie klimato kaitos ir jo švelninimą pasitelkiant mokslo, politikos ir praktikos partnerystes, ypač miestuose, pastaraisiais metais tapo daug akivaizdesnis, pavyzdžiui, kaip pabrėžiama neseniai paskelbtoje Pasaulinėje miestų ir klimato kaitos mokslo tyrimų ir veiksmų darbotvarkėje (World Climate Research Program, 2019) ir Miestų klimato kaitos tyrimų tinklo (UCCRN) klimato kaitos ir miestų vertinimo ataskaitose (ARC3) (Rosenzweig, 2018). Miestai ir miestų teritorijos yra pripažintos pasauliniu mastu svarbiomis vietovėmis dėl klimato pažeidžiamumo ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo, taip pat anglies dioksido kiekio mažinimo ir prisitaikymo prie klimato kaitos. Tačiau šiose ir kitose ataskaitose pabrėžiama, kad sprendimai ir ištekliai miestams dar nėra pakankamai prioritetiniai kuriant tarptautinę politiką. Nors miestai ir miestų zonos buvo pripažintos Jungtinių Tautų bendrojoje klimato kaitos konvencijoje (JTBKKK), būtina skubiai visapusiškai sutelkti daugiapakopius klimato veiksmus, kuriuose miestams tenka pagrindinis vaidmuo (ICLEI. COP25 press release – LGMA calls for a “multilevel action COP26” with roadmap to Glasgow, 2019).

2018 m. Miestų ir klimato kaitos mokslo konferencija aiškiai skatino mokslo, politikos ir praktikos bendruomenių integraciją klimato kaitos mokslo ir miestų klausimu. Konferencijoje buvo pateiktas etalonas, kuris parodo perėjimą nuo mokslinių tyrimų darbotvarkės, daugiausia orientuotos į klimato poveikio sektoriams ir regionams prognozavimą, prie prisitaikymo mokslo, tiriančio, ką su jais daryti. Ji taip pat pripažino mokslo, politikos ir praktikos bendruomenių bendradarbiavimo ir partnerystės svarbą mažinant klimato kaitą.Šis bendradarbiavimo procesas, įtrauktas į konferencijos planavimą ir vykdymą, leido apibrėžti tvirtą mokslinių tyrimų ir veiksmų darbotvarkę, apimančią pagrindines mokslinių tyrimų temas ir naujus būdus plėtoti žinias su mokslo, politikos ir praktikos

perspektyvomis, įtrauktomis į jos principus. Darbotvarkėje labai pabrėžiami skirtingi miestų teritorijų pajėgumai ir pranašumai skirtinguose kontekstuose. Reikia metodų, kurie būtų jautrūs skirtinguose miestuose (pvz., dideliuose, vidutiniuose ir mažuose; didelių, vidutinių ir mažų pajamų; besitraukiantys ir besiplečiantys miestai ir kt.) turimų išteklių lygiui, ir paramos, reikalingos mažesnio pajėgumo miestams spręsti šiuos iššūkius. Ši nauja bendrai sukurta mokslinių tyrimų ambicija ir žinių bazė, sukurta iš mokslininkų, politikos formuotojų ir praktikų, suteiks mokslinį pagrindą, t. y. įrodymų bazę, pagreitins naujovių diegimą miesto lygmeniu klimato kaitos švelninimo ir prisitaikymo srityse (Solecki et al., 2021).

2019 m. kovo mėn. konferencijos metu paskelbtoje naujoje Pasaulinėje miestų ir klimato kaitos mokslo tyrimų ir veiksmų darbotvarkėje (World Climate Research Program, 2019) nustatytas prioritetų rinkinys, kuriuos reikia papildomai ištirti, kad būtų galima imtis veiksmų vietos lygmeniu. Remiantis pagrindinėmis susitikime ir ankstesniuose vertinimuose nustatytomis tyrimų sritimis, temos apima platesnio masto problemas ir poreikius, pvz., pažangų mąstymą apie miesto sistemas ir ypatingos svarbos infrastruktūros, bendruomenių ir institucijų gebėjimą koordinuotai reaguoti į sukrėtimus. Taip pat, buvo pabrėžtos specifinės problemos, tokios kaip su miesto klimatu susijusio mokslo pažanga, orientuota į miesto šilumos salą, ekstremalūs įvykiai ir ryšys tarp klimato kaitos, oro kokybės ir sveikatos problemų, kurios vis labiau išryškėja daugelyje sparčiai urbanizuojančių pasaulio miestų. Be siekio pažvelgti į miesto klimato klausimus per miesto sistemų objektyvą, kitos temos apima miesto funkcijų, pokyčių ir valdymo varomosios jėgos, vaidmenį ir reikšmę; miestų valdymas per formalias valdžios struktūras (miesto teritorijose, provincijų, nacionaliniu ir tarptautiniu lygiu) ir daugybę neformalių struktūrų, tokių kaip pilietinės visuomenės grupės, susitarimai ir bendradarbiavimas; miesto lygmens modelių (pvz., konceptualių ir skaičiavimo) bei duomenų poreikis ir galimybė geriausiai suprasti miesto sistemų pokyčius ir planavimo bei valdymo metodų ir pajėgumų efektyvumą (Masson, 2020).

Svarbiausias naujosios mokslinių tyrimų ir veiksmų darbotvarkės pažangos komponentas, pritaikytas konkrečiam vietos kontekstui ir konkrečių vartotojų bendruomenių žinių poreikių nustatymui, naudojant neformalius arba formalius mechanizmus (pvz., dalijimąsi žiniomis, pasaulinius ar regioninius tinklus ir regioninius) ir informacijos centrus (Solecki et al., 2021).

Aiškiai nurodytas miesto klimato tyrimų ir veiksmų darbotvarkės aspektas yra tas, kad norint, jog jis būtų prasmingas ir sėkmingas, jis turėtų apimti daugybę perspektyvų. Žinios gali būti gaunamos ne tik iš ekspertų ir klimato specialistų, bet ir iš įvairių vietinių oficialių ir neoficialių žinių šaltinių (Foster, 2019). Žinių kogeneracija, kurios metu mokslininkai klauso ir supranta esamas miesto gyventojų įžvalgas, patirtį ir poreikius, dabar pripažįstama kaip labai svarbi naujo mokslo kūrimuisi ir sėkmingiems veiksmams. Be to, atliekant darbą reikia pripažinti problemas susijusias su klimato poveikiu, pažeidžiamumu ir viešosios politikos padariniais (Romero-Lankao, 2018).

Susirūpinimas dėl teisingumo kyla ne tik bendruomeniniu lygmeniu, bet ir pasauliniu mastu (t. y. vyksta diskusijos tarp Pasaulinės Šiaurės ir Pasaulinių Pietų šalių) (Reckien et al., 2018). Šioms problemoms spręsti kuriama ir taikoma daugybė tyrimo metodų. Šie metodai suteikia galimybių rinkti naujus duomenis ir informaciją (pvz., tvirtus jutiklių tinklus, susietus per palydovą ir socialinės žiniasklaidos platformas), taip pat pažangius metodus kuriant žinias ir plėtojant teorijas, įskaitant bendros generacijos metodus, skirtus prasmingesniam mokslininkų, politikos formuotojų ir praktikų darbui. Decidim.org, internetinė platforma, yra viena iš tokių priemonių, naudojamų viešam dialogui, konsultacijoms ir sprendimų priėmimui, dalyvaujamojo biudžeto sudarymui ir tokių miestų kaip Barselona, Helsinkis ir kitų apibrėžtų veiksmų bei rezultatų stebėjimui. Platforma decidim.org – nemokama atvirojo kodo dalyvaujamoji demokratija miestams ir organizacijoms (Solecki et al., 2021).

Iš mokslinės diskusijos pusės moksliniai tyrimai vis dažniau suskirstomi į daugiadisciplinines ir tarpdisciplinines sistemas, kurios leidžia atlikti tyrimus naujais būdais, kurie nustato naujoviškus miesto klimato analizės metodus, kartu įtraukiant įvairius metodus, ypač tuos, kurie nepriklauso akademinei sferai tyrimo procese. Didėjantis profesionalių tinklų, aiškiai jungiančių klimato specialistus miesto, regioniniu, nacionaliniu ir pasauliniu mastu, spektras dar labiau didina bendradarbiavimo mokslinių tyrimų ir veiksmų galimybes. Neseniai suformuota UN-HABITAT iniciatyva Planners for Climate Action (www.planners4climate.org) yra pavyzdys, nes ja siekiama propaguoti klimato veiksmų vaidmenį miestų ir regionų planavimo praktikoje, gebėjimų stiprinimo ir tyrimų srityse. Miesto klimato kaitos tyrimų tinklas (www.UCCRN.org), kuriam jau daugiau nei dešimt metų, yra tvirtas horizontalus tinklas, jungiantis klimato tyrėjus su savivaldybių ir organizacijų pareigūnais bei atstovais šimtuose miestų vienu metu. Keletas tinklų taip pat sutelkia dėmesį į vietos universitetų patirties susiejimą su miesto lygmens praktikais ir politikos formuotojais. Pavyzdžiui, EPIC-N (švietimo partnerystės inovacijų bendruomenėms tinklas) daug dėmesio skyrė miestų tvarumo partnerysčių skatinimui. Kilusi iš JAV, turinti kelias dešimtis partnerių, ji sparčiai plečiasi tarptautiniu mastu. 2020 m. vasario pradžioje Durbane, Pietų Afrikoje, buvo surengtas susitikimas, kurio tikslas buvo išplėsti EPIC modelį į 22 miestus visoje Afrikoje į pietus nuo Sacharos (UN Environment Programme, 2020).

Miestams dažnai trūksta finansinių išteklių ir didelės techninės kompetencijos, kad galėtų visapusiškai reaguoti į grėsmes aplinkai (pvz., klimato riziką), su kuriomis susiduria jų gyventojai ir svarbi infrastruktūra. Miestų vyriausybės paprastai neturi teisinių įgaliojimų rinkti finansinius išteklius, reikalingus aplinkos rizikai spręsti, ir turi labai pasikliauti valstybės (provincijos), nacionaliniais, regioniniais (pvz., regionų plėtros bankais) arba tarptautiniais finansiniais šaltiniais (pvz., Pasaulio banko, Tarptautinio valiutos fondo), Fondais (Žaliasis klimato fondas) didelio masto prisitaikymo prie klimato kaitos ir švelninimo projektams (Schwarze, 2018). Nors tarptautiniai

finansiniai fondai ir finansų institucijos teikia pirmenybę individualiems projektams ir infrastruktūros iniciatyvoms finansuoti, akivaizdu, kad mokslo, politikos ir praktikos partnerystės padeda sukurti sąlygas didesniam klimato neutralumo veiksmingumui, sėkmei ir ilgaamžiškumui, nes suteikia galimybę padidinti pajėgumus (t. y. naudojant turimas žinias, teikiant teisės aktų ir reguliavimo paramą ir didinant visuomenės informuotumą per ilgą laiką, reikalingą reaguojant į klimato kaitą). Ištekliai, skirti laiku atnaujinti kapitalo investicijas (pvz., ypatingos svarbos infrastruktūrą) ir atkūrimo po nelaimės lėšos šiuo metu dažnai išlieka dominuojančiais turimų lėšų finansavimo šaltiniais. Kitos finansavimo strategijos, pvz., viešojo ir privačiojo sektorių partnerystė, žaliųjų obligacijų pensijų fondai, miesto lygmens prekyba išmetamųjų teršalų leidimais ir žemės vertės fiksavimas, laikomos ateities perspektyvomis (Schwarze, 2018). Kai kurie Europos ir Šiaurės Amerikos miestai inicijavo žaliųjų obligacijų strategijas. Pasaulio pietuose esantys miestai taip pat pradėjo naudoti šią strategiją. Pavyzdžiui, 2016 m. Meksikas išleido miesto lygmens žaliąją obligaciją už vieną milijardą Meksikos pesų, kad finansuotų vandens tiekimo infrastruktūrą, tvarų transportą ir energijos vartojimo efektyvumą. Mokesčių subsidijos ir kitos reguliavimo priemonės taip pat gali skatinti ir nukreipti verslo veiklą, įskaitant socialinį verslą, kuris atrodo ypač perspektyvus tokiose srityse kaip miestų žemės ūkis ir pigios lietaus vandens surinkimo sistemos bei saulės šilumos sistemos, klimato parametrų gerinimui (Solecki et al., 2021).

Vietos aukštojo mokslo institucijų ir miestų valdžios partnerystės yra pavyzdys, kaip prasmingos ir veiksmingos strategijos gali būti panaudotos kuriant novatoriškus, vietos požiūriu svarbius, įgalinančius, teisingus ir bendrai generuojamus sprendimus. Miestų vyriausybės vis dažniau pripažįsta ryšį su vietos akademinėmis žiniomis, kaip priemonę plėtoti prasmingą informaciją apie klimatą. Kai kuriais atvejais šios partnerystės parengia nereguliarias ar vienkartines ataskaitas arba oficialių ataskaitų seką. Mažiau tipiškoms situacijoms miestai sukūrė oficialias klimato konsultavimo grupes, kurios veikia kaip nepriklausoma mokslo institucija, kuri pagal vietos įstatymus tiesiogiai atsako į mokslinius miestičių klausimus ir reikalavimus. 2008 m. Niujorko miestas įsteigė Niujorko klimato kaitos komisiją (NPCC), kad reguliariai atnaujintų informaciją apie klimatą. Diskusija tarp miesto pareigūnų ir komisijos narių paprastai būna nuoširdi, tačiau gali kilti ginčų ir nesutarimų. Pavyzdžiui, kai kurie NPCC nariai pasisakė už daug greitesnius programinius miesto veiksmus klimato kaitos srityje, o miesto specialistai tiki, kad laikantis suderinto ir realaus grafiko, atsižvelgiant į kitas vietines problemas, kurias reikia spręsti, klimato kaitos klausimai bus sprendžiami efektyviau. Nepaisant tokių iššūkių, NPCC suteikė mokslinį pagrindą dešimties metų suderintiems miesto valdžios veiksmams ugdyti atsparumą klimato kaitai (Solecki et al., 2019).

Kitomis aplinkybėmis C. Gopfertis, C. Wamsleris ir W. Langas (2019) analizuodami 107 Vokietijos miestus pastebi įvairias klimato grupės organizacijos struktūras ir kūrybinius ginčus tarp praktikų, politikos formuotojų ir mokslo bendruomenių.

Miestams, kaip daugialypių tarpusavio priklausomybių mazgams, gali būti naudingas tinklinis gebėjimų stiprinimas vietos ir kituose valdymo lygmenyse, nuo subnacionalinio ir nacionalinio iki regioninio ir tarptautinio lygio, o tam savo ruožtu reikalinga tvirtesnė mokslo ir politikos sąsaja. Tai buvo įrodyta COVID-19 pandemijos metu, kai vietos valdžios institucijos buvo priverstos, viena vertus, iš naujo sužinoti apie miesto sistemų (pvz., transporto ir visuomenės sveikatos) sąsajas, kartu plėtojant bendradarbiavimą ir siekiant sutarimų (pvz., su kitais valdymo lygiais ir privačiu sektoriumi), kurie, kai kuriais atvejais, nebuvo įmanomi anksčiau. Taigi teritorinis COVID-19 poveikio ir švelninimo strategijų matmuo gali tapti proga toliau tobulinti miestų pertvarkos aljansus, įskaitant ambicingus klimato gerinimo veiksmus (UN-HABITAT COVID-19 response plan, 2020).

Kaip nurodoma A. Vasilyev (2011) Nacionalinės vyriausybės turi suteikti miestų vyriausybėms pakankamai galių, tokių kaip mokesčių surinkimas, pajamų generavimo ir reguliavimo įgaliojimai, kad jos aktyviai dalyvautų kuriant koordinuotą atsaką klimato kaitai. Daugelis miestų jau rodo pasiryžimą pertvarkyti tvarias ir mažai anglies dioksido į aplinką išskiriančias sritis. Politinės valios, sąmoningumo ir išteklių, taip pat didesnių miestų teritorijų administravimo susiskaidymas savivaldybių jurisdikcijose ir horizontalaus koordinavimo trūkumas yra rimtos kliūtys mažinant klimato kaitą. Aktyvus miesto požiūris į klimato neutralumą paprastai grindžiamas šiais bendraisiais principais:

- Vizija: Klimato atžvilgiu pažangi politika turėtų būti apibrėžta ir pagrįsta aiškia vizija bei strategija, orientuota į veiksmus ir rezultatus. Taip pat, svarbu išlaikyti tinkamą viešojo ir privataus sektoriaus interesų pusiausvyrą.
- Bendradarbiavimas: Įvairių lygių (nacionalinio, regioninio, savivaldybių) ir skirtingų miestų valdžios institucijų bendradarbiavimas yra esminis veiksnys mažinant klimato kaitą.
- Dalyvavimas: platus suinteresuotųjų šalių dalyvavimas leidžia pasiekti bendrą supratimą ir įsipareigojimus; vietos valdžios institucijos turėtų siekti, kad miestų gyventojai dalyvautų gyventojų sprendimų priėmimo procesuose, o verslui atstovaujančios grupės ir organizacijos galėtų konsultuotis su advokatūra.
- Finansai: svarbu nustatyti tvarius finansavimo šaltinius klimato ir energetikos projektams.

S. Karhinenas, J. Peltomaas et al., (2021) nurodo, kad, Europos Sąjunga ir jos šalys narės siekia iki 2050 m. būti neutralios klimatui. Kelios šalys to paties tikslo siekia nuo gerokai anksčiau. Kartu su nacionaliniais ir tarpnacionaliniais tikslais ir priemonėmis vietos valdžios institucijos nustatė savo išmetamųjų teršalų mažinimo tikslus, kurie gali būti net ambicingesni nei nacionaliniai, kaip tai daroma Šiaurės šalyse (Seppala et al., 2019). Vietos valdžia taip pat atlieka svarbų vaidmenį įgyvendinant šiuos tikslus. Vietos valdžia tvarko infrastruktūrą, kontroliuoja miesto planavimą ir gali daryti įtaką savo gyventojų bei įmonių veiksmams. Tačiau, be koordinavimo tarp skirtingų klimato veikėjų, mažai tikėtina, kad vietos valdžios institucijos išnaudos savo potencialą užpildyti išmetamųjų

teršalų atotrūkį (Nagorny-Koring, 2018, Boehnke et al., 2019, Palermo et al., 2020). Savivaldybių klimato tinklai gali būti laikomi palengvinančiomis pasaulinio klimato valdymo formomis, leidžiančiomis vietos valdžiai savarankiškai ir aktyviai priimti klimato politiką. Įrodyta, kad narystė šiuose tarpiniuose tinkluose padidina klimato kaitos priemonių veiksmingumą (Rashidi et al., 2018, Heikkinen et al., 2019).

Praktikoje tarpiniai tinklai gali kaupti žinias ir skatinti mokymąsi horizontaliai skirtinguose kontekstuose (pvz., geografinėse erdvėse, vyriausybės šakose ar kultūrose), arba veikti vertikaliai, siūlydami paramą, padėti ugdyti gebėjimus ir sujungti skirtingus valdymo lygius (Matschoss et al., 2017; Kivimaa et al., 2019). Tačiau, pavyzdžiui, teigiamas padidintų klimato priemonių poveikis priklauso nuo kelių veiksnių, pavyzdžiui, nuo to, kaip pritaikyti tinklo siūlomi sprendimai (Rashidi et al., 2018). Be to, sunku nustatyti tiesioginį ryšį tarp savivaldybės tikslų, vėlesnių veiksmų klimato srityje ir galiausiai pasiekto išmetamųjų teršalų kiekio mažinimo (Reckien et al., 2018).

Vienas iš svarbių dokumentų klimato neutralizavimui miestuose – Merų paktas. Merų susitarimą (CoM 2020) 2008 m. pradėjo Europos Komisija, bendradarbiaudama su miestų tinklais, siekdama padėti savivaldybėms siekti tvarios energijos tikslų. Europos savivaldybės savanoriškai įsipareigojo iki 2020 m. sumažinti išmetamų teršalų kiekį bent 20 proc., t. y. iki 2016 m. siekė to paties ES tikslo (tačiau su skirtingu pradiniu lygiu). Siekdamos šio tikslo, jos parengė ir įgyvendino Tvarios energijos veiksmų planus (SEVP). (Rivas, Urraca, Palwermo ir Bertoldi, 2022). 2015 m. Merų susitarimas peraugo į Merų paktą (CoM 2030), padidindamas iki 40 % minimalų švelninimo tikslą iki 2030 m. ir įtraukdamas du naujus ramsčius: prisitaikymą prie klimato kaitos ir saugią, tvarią ir įperkamą prieigą prie energijos. Po metų iniciatyva Merų paktas peraugo į Pasaulinį merų paktą energetikos ir klimato klausimais (GCoM). Abi iniciatyvos – 2020 m. ir 2030 m. – egzistavo kartu 5 metus, o 2020 m. komitetą pasirašiusios šalys galėjo pateikti savo nuomonę (Rivas et al., 2022).

Apibendrinant apžvelgtus veiksmus ir politikos mechanizmus klimato neutralizavimui miestuose galima teigti, kad klimato neutralizavimui labai svarbus gyventojų informavimas bei jų įtraukimas, partnerystė tarp viešojo bei privataus sektoriaus, klimato būklės vertinimas bei finansavimas. Nacionalinės vyriausybės turi suteikti miestų vyriausybėms pakankamai galimybių, tokių kaip mokesčiai, pajamų generavimo institucija ir reguliavimo įgaliojimai, kad jie aktyviai dalyvautų kuriant koordinuotą atsaką klimato kaitai.

1.3.Prisitaikymo prie klimato kaitos priemonės

Daugybė tyrimų patvirtina įvairių technologinių, gamtos ir socialinių sprendimų, skirtų prisitaikyti miestams prie klimato kaitos, svarbą, tačiau išlieka klausimas, kaip geriausiai integruoti šiuos skirtingus, bet vienas kitą papildančius sprendimus, siekiant maksimaliai padidinti naudą (Leal et al., 2021). Šiame poskyryje pateikiama kiekvieno sprendimo tipo santrauka, nurodoma kai kurie iš

pagrindinių privalumų, svarstomi iššūkiai ir įgalinantys veiksniai, padedantys juos integruoti stengiantis išvengti klimato kaitos.

Technologiniai sprendimai miestų pritaikymui prie klimato kaitos yra gerai ištirti, nuolat atsiranda naujų technologijų ir tiriamų priemonių jų bendram veiksmingumuis. Pavyzdžiui, oro kondicionavimas laikomas apsauginiu sveikatos veiksniu karščio bangų metu, tačiau perėjimas prie šildymo ir vėsinimo sistemomų, kurios naudojasi aušinimo bokštais arba centralizuotu paskirstymu, gali sutaupyti energijos ir sumažinti šilumos išmetimą. Taip pat plačiai naudojami paprasti technologiniai sprendimai, priimti siekiant padėti miestams kurti atsparesnes sistemas (Leal et al., 2021). Statybinės medžiagos, padidinančios miesto paviršių albedo (atspindėto elektromagnetinio spinduliavimo lygį), pavyzdžiui, šviesūs dažai, vasarą gali sumažinti pastatų šilumos apkrovą (Francis ir Jensen, 2017), o asfaltą pakeičiančios laidžios dangos gali sušvelninti karščio, tenkančio miestui, poveikį. Šilumos ir lietaus vandens nuotėkis, atspindėdamas spinduliuotę, užtikrina garavimo aušinimą ir leidžia požeminiam dirvožemiui sugerti kritulius (Li et al., 2013). Vis dažniau didelių duomenų ir daiktų interneto įrankiai gali padėti sprendimus priimantiems asmenims realiu laiku priimti veiksmingesnius sprendimus dėl išteklių poreikių ir srautų. Jutikliai ir automatizuotos arba nepilotuojamos sistemos (pvz., laistymo sistemos pagal poreikį) vis dažniau naudojamos išmaniųjų miestų sistemose, skirtos taupyti, ir perdirbti vandenį prieš sausras ir potvynius arba jų metu (Rathore et al., 2016; Koop et al., 2017). Nors technologiniai sprendimai yra gerai ištirti ir yra nuolat tobulinami, jie lieka nepasiekiami daugeliui miestų, kurie neturi išteklių jiems įgyvendinti ir prižiūrėti. Dažnai technologiniams sprendimams reikia socialinio ir vyriausybės įsikišimo, siekiant įveikti įgyvendinimo kliūtis (Pasquini, 2020).

Gamta pagrįsti sprendimai (t.y. augmenijos ir mėlynai žalios infrastruktūros naudojimas) gali teikti daugybę ekosistemos privalumų, pavyzdžiui, gerinti aplinką ir užtikrinti sveikatos bei gerovės rezultatus (Lin et al., 2018). Vis dažniau priimami gamta grįsti sprendimai padeda sumažinti tokias problemas kaip didelis karštis, sausra ar potvyniai (Scott et al., 2016). Medžių danga dažnai naudojama transporto koridoriams vėsinti, o regioninė medžių danga pati gali turėti įtakos klimato kaitos dėsningumams (Hobbie ir Grimm, 2020). Potvynių apimtuose miestuose ar priemiesčiuose palei gatves ar pelkes naujai statomi būstai padeda reguliuoti vertikalius ir horizontalius hidrologinius srautus (Pauleit et al., 2019).

Tačiau miesto klimo neutralizavimu pagrįsti sprendimai yra jautrūs daugeliui klimato veiksnių, kuriuos jie turi spręsti, nes temperatūros ir kritulių pokyčiai paveikia pačią žaliąją infrastruktūrą (McPhearson et al., 2015). Pavyzdžiui, sumažėjęs vandens prieinamumas medžiams ir jų lajai palaikyti gali lemti greitą pavėsio dangos mažėjimą, transpiraciją ir garuojantį aušinimą (Ward et al., 2016). Dėl šios priežasties gamta grįsti sprendimai reikalauja tinkamo valdymo, kad, keičiantis aplinkai, būtų išlaikytos norimos funkcijos ir našumas (Andersson et al., 2019). Todėl miesto

augmenijos pritaikymas turi būti planuojamas pagal alternatyvius ateities klimato kaitos scenarijus, siekiant užtikrinti, kad nauda ir toliau būtų gaunama ir nemažėtų (Ossola ir Lin, 2021; Burley et al., 2019). Nors mokslininkai ir praktikai sulaukia vis daugiau dėmesio, lieka neaišku, kokiu mastu klimato neutralizavimu miestuose grįsti sprendimai yra palyginami su pilkąja infrastruktūra ir kiek jie yra veiksmingi (Bai, 2018). Klimato neutralizavimu pagrįsti sprendimai, įgyvendinami dideliu mastu, gali susidurti su dideliais finansiniais iššūkiais (Seddon et al., 2020).

Socialiniai klimato kaitos sprendimai yra pagrįsti socialinių vertybių pokyčių, skatinančių asmenis keisti savo elgesį ir praktiką, nagrinėjimu (Simon, 2016). Socialinės mobilizacijos iniciatyvos, pradedant vyriausybės vadovaujamais planavimo procesais ir baigiant kaimynystės masto paprastų iniciatyvų planavimo procesais, gali sumažinti suvokiamas kliūtis, susijusias su tvariais klimato sprendimais, ir paskatinti veikti įsitraukiant, mokantis ir dalyvaujant praktiškai (Westerhoff et al., 2018). Daugeliu socialinių sprendimų siekiama sumažinti nelygybę ir poveikį pažeidžiamoms žmonių grupėms, pavyzdžiui, tiems, kurie gali turėti problemų, mažiau išteklių technologiniams sprendimams (pvz., oro kondicionavimui), mažiau galimybių naudotis vėsesnėmis privačiomis ar viešosiomis žaliosiomis erdvėmis, taip pat, neturintiems galimybių naudotis informacija, reikalinga prisitaikymui (Pelling ir Garschagen, 2019). Miestuose, kuriuose yra daug neturtingų bendruomenių, klimato rizika gali būti tinkamai nesuprasta. Tačiau gebėjimas apsisaugoti gali būti apribotas (Dodman et al., 2017). Gali būti, kad politinis teisių atėmimas arba izoliacija dar labiau padidintų klimato kaitos riziką, jei grupės nedalyvauja sprendimų, susijusių su prisitaikymu ir švelninimu, priėmimo procesuose.

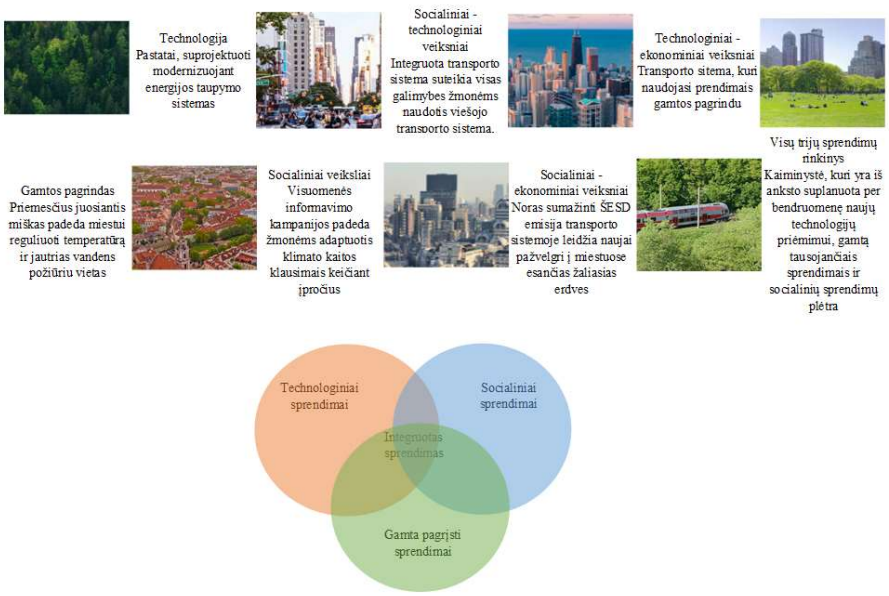
Esami pažeidžiamumo modeliai pabrėžia būtinybę atsižvelgti į struktūrinę nelygybę skatinant visuomenės dalyvavimą ir kuriant ekstremaliųjų situacijų valdymo planus, kurie nepadidintų ar nedidina esamos nelygybės. Norint paskatinti bendradarbiavimą tarp regioninių procesų (pvz., transporto tinklų, vandens sistemų ir žemės naudojimo politikos), gali prireikti tokių strategijų, kaip aljansų kūrimas tarp savivaldybių ir vietos institucijų. Strateginiai vaidmenys, pvz., tinklo brokeriai, gali susieti atskirtas arba atitinkamas grupes, užtikrinti, kad visos suinteresuotosios šalys būtų išklausytos, o žiniomis būtų dalijamasi ir jos būtų lengvai prieinamos (Adelekan et al., 2015).

Pavieniai sprendimai negali išspręsti prisitaikymo prie klimato kaitos miestuose sudėtingumo ir masto. Integruoti sprendimai gali padėti atlikti struktūrinę ar sisteminę transformaciją, kartu užtikrinant, kad dėmesys nebūtų sutelktas tik siaurai grupei ir kad būtų pasiekti konkretūs ir vieningi rezultatai (Scoones et al., 2020). Pavyzdžiui, nors oro kondicionavimas yra apsauginis veiksnys nuo aukštų temperatūrų, socialiniai sprendimai, tokie kaip biuro kultūros keitimas, kad būtų galima dėvėti kasdieniškesnę darbo aprangą arba darbo valandų perkėlimas į vėsesnį laiką, siekiant sumažinti energijos suvartojimą, taip pat gali sumažinti anglies emisiją (Potera, 2017). Technologinė apsauga nuo potvynių, pvz., pylimai ar siurbimo stotys bus sustiprintos gamta pagrįstais sprendimais, tokiais

kaip paplūdimių ar pakrantės atkūrimas, siekiant apsaugoti miestus nuo bangų ir suteikti vertingų erdvių poilsiui ir biologinės įvairovės išsaugojimui (Aerts et al., 2014).

Kitas sektorius, kuriam būtų daug naudos iš sprendimų integravimo, yra miesto transportas. Pavyzdžiui, plėtojant viešojo ir aktyvaus transporto sistemas (pvz., pėsčiųjų ir dviračių takus), kuriose naudojamos pralaidžios dangos, kurios užstojamos augmenijos šešėliais, miesto gyventojams būtų vėsesni keliai ekstremalių karščių metu; tačiau, pasikeitus elgesiui su viešuoju ar aktyviu transportu, taip pat gali prireikti socialinio komponento, kuris paskatintų bendruomenes apriboti transporto priemonių naudojimą ir pasinaudoti šiomis alternatyvomis. Perėjimas prie tvaresnių ir įperkamų transporto sprendimų, pvz., sumažinti automobilių naudojimą ir pereiti prie viešojo transporto ar važiavimo dviračiu, reikalauja ekonominių ir psichologinių priemonių, skatinančių keisti elgesį (pvz., paskatos ir atgrasančios priemonės) (Fontaras et al., 2017).

Darnaus vystymosi tikslais (DVT) siekiama vienu metu pasiekti kelis tikslus, įskaitant skurdo panaikinimą (1 tikslas), geros sveikatos ir gerovės užtikrinimą (3 tikslas), tvarių bendruomenių ir miestų kūrimą (11 tikslas), įtraukių institucijų kūrimą visais lygmenimis (16 tikslas) ir kt. Klimato kaitos poveikis miestams kelia grėsmę visiems šiems darnaus vystymosi tikslams, taip pat tiems, kurie susiję su biologinės įvairovės išsaugojimu. Todėl norint sukurti tvarius miestus būtina imtis veiksmų klimato kaitos srityje (13 tikslas), nes miestai jau patiria daug klimato kaitos padarinių (Masson-Delmotte et al., 2018). Priimant visapusiškus integruotų sprendimų rinkinius, galima išugdyti daugiamatį atsparumą iššūkiams spręsti (1.3 pav.).



1.3 pav. Darnaus vystymo tikslai įgyvendinant klimato kaitą (Masson-Delmotte et al., 2018)

Yra daug įrodymų, jog visuomenė yra pažeidžiama dėl ekstremalių karščių, potvynių ir sausrų, todėl reikia nedelsiant imtis veiksmų, kad būtų lengviau prisitaikyti prie galimo klimato kaitos

poveikio miestams ir jį sušvelninti. Didėjant urbanizacijai, vis daugiau miesto gyventojų atsidurs miesto karščio salose ir ekstremaliose oro sąlygose, miestus toliau veiks potvynių rizika ir žalos infrastruktūrai rizika (Güneralp et al., 2015). Net ir miestuose, kuriuose yra tinkamos valdymo struktūros ir procesai, finansiniai pajėgumai, reikia reaguoti į klimato spaudimą, urbanizacija ir sparti klimato kaita gali sumažinti jų gebėjimą reaguoti veiksmingai, teisingai ir laiku. Potencialus 4 milijardų žmonių prisijungimas prie skurdžiausių pasaulio regionų sukuria vis didesnius iššūkius siekiant užtikrinti teisingą ir greitą prisitaikymą (Bongaarts, 2016).

Viena iš priemonių, siekiant sumažinti klimato kaitą yra Klimatui neutralių miestų formavimas. Kadangi klimato kaitos švelninimas labai priklauso nuo miesto veiksmų, formuojant klimatui neutralius miestus sudaroma galimybė padėti miestams spartinti ekologišką ir skaitmeninę transformaciją. Visų pirma, Europos miestai gali labai prisidėti prie žaliojo kurso tikslo iki 2030 m. sumažinti išmetamų teršalų kiekį 55 proc., o praktiškiau – pasiūlyti savo piliečiams švaresnį orą, saugesnį transportą ir mažiau spūsčių bei triukšmo. Formuojant klimatui neutralius miestus dalyvauja vietos valdžios institucijos, piliečiai, įmonės, investuotojai, taip pat regioninės ir nacionalinės valdžios institucijos. Iki 2030 m. tikimąsi sukurti 100 klimatui neutralių ir išmaniųjų miestų bei užtikrinti, kad šie miestai veiktų kaip eksperimentų ir inovacijų centrai, kad visi Europos miestai galėtų sekti pavyzdžiu iki 2050 m. Kaip numatyta Europos komisijos įgyvendinimo plane, miestų misija vadovaujasi tarpsektoriniu ir paklausa grindžiamu požiūriu, sukuria esamų iniciatyvų sinergiją ir savo veiklą grindžia tikrais miestų poreikiais (What are EU Missions, 2022).

Apibendrinant prisitaikymo prie klimato kaitos priemones, galima pastebėti, kad miestams prisitaikyti prie klimato kaitos padeda įvairūs technologiniai, gamtos bei socialiniai sprendimai. Technologiniai sprendimai siejasi su technologiniais sprendimais mažinant oro taršą bei klimato kaitą miestuose. Gamtos sprendimai apima ekosistemą, pavyzdžiui, aplinkos gerinimą. Socialiniai sprendimai siejasi su socialinių vertybių pokyčių, skatinančių asmenis keisti savo elgesį ir įpročius, nagrinėjimu. Integruojant prisitaikymo prie klimato kaitos sprendimus atsiveria ilgalaikių tvarių pokyčių galimybės ir didelis potencialas. Tačiau kuriant ir įgyvendinant integruotus sprendimus kyla iššūkių, įskaitant konkuruojančius prioritetus, išteklių trūkumą ir neapibrėžtumo planavimą. Klimatui neutralių miestų formavimas sukuria galimybes sumažinti klimato kaitą miestuose.

1.4. Neutralių klimatui miestų planavimas ir finansavimo šaltiniai

Anglies dioksido neutralumas tapo pagrindiniu politikos veiksniu, o miestų veiksmai klimato kaitos srityje yra labai svarbūs siekiant šio tikslo. Todėl daugelis miestų jau paskelbė ambicingus klimato neutralumo tikslus ir ruošiasi pereiti prie klimato neutralumo. Bėgant metams buvo sukurta speciali politika, skirta padėti vietos valdžios institucijoms sustiprinti savo veiksmus įvairiose srityse. Pastaraisiais metais dėmesys buvo sutelktas į su klimato kaita susijusius klausimus, atsižvelgiant į

veiksmų sritis nuo švelninimo ir prisitaikymas prie įtraukimo ir sąmoningumo. Šiame skyriuje aprašomos pagrindinės Europos politikos kryptys, skirtos užtikrinti vyriausybių vaidmenį vadovaujant perėjimui (Boeri et al., 2021).

92 % Europos piliečių „sutinka, kad šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisija turėtų būti sumažinta, kad būtų galima kompensuoti likusius išmetamųjų teršalų kiekius tam, kad ES klimato kaita miestuose taptų neutrali iki 2050 m.“ (European Parliament, Special Eurobarometer 490, Climate Change, 2019). Atrodo, kad Europos Komisijos komunikatas sukurti „Europos strateginę ilgalaikę klestinčios, modernios ir konkurencingos ir klimatui neutralios ekonomikos viziją“ (European Commission, 2018) yra naudingas plačiai paplitusiam europiečių sutarimui. Vizija nustato tikslą, kurį reikia pasiekti iki 2050 m.: paversti Europą pirmuoju anglies atžvilgiu neutraliu žemynu planetoje. Šis ambicingas tikslas yra pagrįstas moksliniais įrodymais, kurie pabrėžia būtinybę kovoti su visuotiniu atšilimu, sukeltu temperatūros kilimu ir 1,5°C viršijančiu priešindustrinį lygį. Tačiau tai yra ir vystymosi strategija, klimato neutralumas yra pagrindinis ramstis, užtikrinantis Europos gerovę (Boeri et al., 2021).

Remdamasi šiuo požiūriu, Europos Komisija vertina, kad ES ekonomika „iki 2050 m. padidės daugiau nei dvigubai, palyginti su 1990 m., net ir visiškai dekarbonizavus. Trajektorija suderinama su nuliniu šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimu ir nuosekliu įgalinimu, todėl tikimasi, kad BVP turės vidutinį arba teigiamą poveikį ir numatoma nauda iki 2 % BVP iki 2050 m., palyginti su pradiniu lygiu. Labai svarbu, kad šie skaičiavimai neapima patiriamos naudos dėl išvengtos klimato kaitos žalos ir susijusių prisitaikymo išlaidų“ (European Commission, 2018)

Strategija „nustato ES klimato ir energetikos politikos kryptį ir nusako, ką ES laiko savo ilgalaikiu indėliu siekiant Paryžiaus susitarimo temperatūros tikslų, atitinkančių JT tvaraus vystymosi tikslus“ (European Commission, 2018). Planas apibūdina holistinį požiūrį ir dėl šios priežasties ne skatina naują politiką, o siekia daryti įtaką tiek Europos, tiek nacionalinėms strategijoms, įstatymams ir taisyklėms. Pirmas į Europos žaliąjį kursą įtrauktas įstatymas ir reglamentas yra Klimato įstatymas, Klimato paktas, naujosios Europos prisitaikymo prie klimato strategijos ir 2030 m. tikslinis planas (1.4 pav.).

EUROPOS ŽALIASIS SANDORIS			
Europos klimato įstatymas	Europos klimato faktas	Europos prisitaikymo	2030 m. Europos tikslas
Nulinės emisijos Europa iki 2050 m. bus teisiškai	Įtraukiant visus miestus	Susidūrimas su vykstančiomis klimato kaitos	Tarpiniai tikslai klimato neutralizavimui

1.4 pav. Europos žaliasis sandoris, reglamentai ir politika (Boeri et al., 2021)

Komisijos pasiūlytas Europos klimato įstatymas atspindi teisėkūros veidą ir Europos įsipareigojimą kovojant su klimato kaita. Jame apibrėžiami vaidmenys ir priemonės, skirtos įgyvendinti Europos žaliojo kurso principus, nubrėžiant kelią jiems pasiekti. Vis dar vyksta derybos dėl Klimato įstatymo Europos Komisijoje tarp valstybių narių Tarybos ir Europos Parlamento. Tačiau kai kurie susitarimai jau pasiekti ir pagrindiniai dalykai, kurie apibūdins įstatymą jau nustatyti. Įstatyme numatytas tikslas pasiekti, kad Europa iki 2050 m. neišmestų teršalų, bus teisėtai privalomas. Be to, bus nustatyti tarpiniai tikslai, o pirmasis susijęs su 2030 m., kai Europa siekia bent jau sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą 55%, palyginti su 1990-ųjų lygiu. Be to, Komisija stebės, ar nacionalinės priemonės atitiks Europos tikslus ir kaip jos tai darys, o jei tikslai nebus pasiekti, valstybės narės privalės deramai atsižvelgti į Komisijos rekomendacijas. Be to, „Komisija siūlo patvirtinti visos ES 2030–2050 m. siekius sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą“ (European Commission, European Climate Law, 2021).

„Mes nejudėjome pakankamai greitai, kad išvengtume negrįžtamos ir katastrofiškos klimato kaitos“ (European Commission, 2020): tai yra pagrindinė priežastis, kodėl, be kitų politikos krypčių, Komisija taip nusprendė skatinti Europos klimato paktą, kuriuo siekiama suburti „regionus, vietos bendruomenes, pilietinę visuomenę, pramonę ir mokyklas, kurios įsipareigoja imtis tam tikrų veiskmų įpročių keitimuisi – nuo pavienio asmens iki didžiausios tarptautinės įmonės“ (European Parliament, European Parliament Resolution of 16 Nov. 2017 on the EU Environmental Implementation Review (2018/C 356/14), 2018). Paktas nėra vien politika, strategija ar finansavimo priemonė. Atvirkščiai – jis atspindi pasitikėjimą esminiu neinstitucinių veikėjų vaidmeniu kovojant su klimato kaita siekiant pakeisti avarinę situaciją. Tai priežastis, kuri verčia Europos Komisiją nagrinėti naujų įtraukimo dalyvauti būdų, galinčių padaryti didžiulį poveikį Europos visuomenei. Pasinaudodama Europos klimato paktu, Komisija stengiasi aktyviai įtraukti įvairias suinteresuotosias šalis – nuo piliečių iki didesnių organizacijų – siekiant:

- sukurti tinklą tarp jau aktyvių klimato veiksmų ir pritraukti abejingų asmenų susidomėjimą problema, kur bendras tikslas – didinti informuotumą.
- Bendrauti su piliečiais ir suinteresuotosiomis šalimis, siekiant skleisti galimus ir geriausius sprendimus mažinant klimato kaitą.
- Remti piliečius, vietos valdžios institucijas ir kitas suinteresuotąsias šalis įgyvendinant veiksmus, ypač dėl skaitmeninių priemonių, skirtų padėti piliečių dialogui ir sklaidai informacijai per žinių centrą.

Nors klimato paktas skirtas veikti visose skirtingose srityse, kurios turi įtakos klimato kaitai, buvo nustatytos keturios pradinės temos: žaliosios zonos, žaliasis mobilumas, žalieji pastatai ir žaliųjų įgūdžių ugdymas. Šios temos pasirinktos dėl dviejų pagrindinių priežasčių: visų pirma, tai

prioritetiniai Europos Sąjungos objektai; antra - politika, paramos mechanizmai ir Europos strategijos šiomis temomis jau parengtos ir jas reikia stiprinti (Boeri et al., 2021).

„Visų šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo sustabdymas vis tiek neapsaugos nuo jau esamos klimato kaitos padarinių“ (European Commission, 2021). Tęsiama Europos prisitaikymo prie klimato kaitos strategija – kita monetos pusė: pripažinti, kad klimato kaita jau vyksta ir pasekmės neišvengiamos – strategijoje akcentuojamas esminis prisitaikymo vaidmuo pasiekti Europos 2050 m. tikslus. Šios strategijos pagrindas yra žinios ir skaitmeninimas. Informacijos sklaida ir palengvintas klimato vertinimo sprendimų priėmimas yra du esminiai prisitaikymo momentai. Tokiu būdu platforma „Climate Adapt“ kartu yra ir strateginė Europos priemonė, atsakinga už žinių ir informacijos sklaidą bei europininį klimatą ir sveikatos observatoriją. Platforma renka informaciją ir duomenis iš įvairių šaltinių. Vietinis aspektas laikomas itin svarbiu prisitaikymui. Dėl šios priežasties strategija skatina du pagrindinius ramsčius: viena vertus, ji nori skatinti teisingą ir sąžiningą prisitaikymo priemonių plėtojimo būdą – tai reiškia ir paramą vietos valdžios institucijoms įgyvendinant veiksmus ir darbuotojų perkvalifikavimą pagal pritaikytas švietimo programas. Kita vertus, strategijos tikslas – integruoti klimato atsparumą į nacionalines fiskalines sistemas – tai paskatins priemonių, leidžiančių įvertinti galimą su klimatu susijusių pavojų poveikį visuomenei, kūrimą finansuoti ir užkirsti kelią su klimatu susijusių įvykių fiskaliniam poveikiui, kuris gali turėti neigiamą poveikį ekonomikos augimui. Kalbant apie veiksmų tipą, tai yra didesnio masto gamta pagrįsti sprendimai (NBS), laikomi svarbiu indėliu siekiant kelių žaliojo kurso tikslų. Jie ne tik naudingi siekiant pagerinti atsparumą, bet ir yra laikomi anglies teršalų pašalinimui. Dėl šios priežasties Komisija siekia pritraukti investicijų į miestų vandenis ir žaliąją infrastruktūrą, apimančią ir miesto teritorijas. Kalbant apie infrastruktūrą, strategijoje taip pat pabrėžiama, kad „gali ekstremalūs orai ir ilgalaikiai klimato pokyčiai sugadinti pastatus, pvz., saulės baterijų plokštes ar šilumos izoliaciją […]. Tačiau pastatai taip pat gali prisidėti prie didelio masto prisitaikymo“ (European Commission, 2021).

2020 m. rugsėjį Europos Komisija pasiūlė pasiekti naujus klimato tikslus 2030 m., pabrėžiant, kad „klimato krizė tebėra esminis mūsų laikų iššūkis“ (European Commission, 2020). Komisija pasiūlymą grindžia įrodymais, kad „2019 m. kimato krizė sumažėjo maždaug 25 %, palyginti su 1990 m., tačiau tiek pat laikotarpiu ekonomika išaugo 62 proc. Tai įrodo, kad galime kovoti su klimato kaita ir užtikrinti tvarų ekonomikos augimą“ (European Commission, 2020). Kita vertus, klimato kaitos mažinimo priemonės, numatytos pagal esamas teisines priemones, nepakankamos, kad būtų užtikrintas saugus, gerai suplanuotas ir tvarus kelias link to, kad 2050 m. Europa taptų pirmuoju žemynu, neutraliu anglies dvideginio atžvilgiu. Dėl šių priežasčių buvo nustatytas naujas ir ambicingesnis tikslas ir Komisija pasiūlė iki 2030 m. sumažinti bendrą CO2 emisiją 55 %, palyginti su 1990 m. šiuo požiūriu, ypač atsižvelgiama į transporto, žemės ūkio ir pastatų problemas. Minėtame

dokumente nustatyti tikslai įvairiose srityse, pvz., statybos ir elektros energijos gamybos, atsinaujinančios energijos, šildymo ir vėsinimo, pastatų renovacijos, transporto, pramonės.

Paryžiaus susitarimas (UNFCCC, 2015) sukuria tiltą tarp šiandieninės politikos ir klimato neutralumo iki amžiaus pabaigos. Buvo imtasi veiksmų siekiant padidinti ambicijų lygį, kad būtų pasiekti Paryžiaus susitarimo tikslai. ES pasiekė preliminarų politinį susitarimą dėl tikslo, kad iki 2050 m. ES būtų neutrali klimatui, ir bendras grynasis šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos mažinimo tikslas (išmetamų teršalų kiekis atėmus pašalinimą) iki 2030 m. būtų bent 55 % mažesnis, palyginti su 1990 m. (Taryba, 2021). Taip pat, daugelis kitų šalių yra iškėlę savo grynojo nulio tikslus, pvz. Kinija iki 2060 m. ir JAV iki 2050 m. ir paskelbė naujus 2030 m. nacionaliniu mastu nustatytus įnašo (NDC) tikslus. Tačiau visuotinis atšilimas, pagrįstas tikslais ir pažadais, vis dar gerokai viršija Paryžiaus susitarime nustatytą 1,5 °C temperatūros ribą (Climate Action Tracker, 2021).

Miestai suteikia tinkamą mastą įgyvendinti politiką ir konkrečius veiksmus, reaguojant į visuomenės poreikius (Lombardi ir Sonetti, 2017), ir jie jau plačiai įsitraukė į vietos klimato planų įgyvendinimą (Reckien et al., 2018). Miestai atlieka pagrindinį vaidmenį siekiant Paryžiaus susitarimo klimato tikslų, nes pasaulis tampa vis miestiškesnis. 2019 m. miestų gyventojų dalis visame pasaulyje sudarė 56 % (Pasaulio bankas, 2020 m.), o Jungtinės Tautos (JT) prognozuoja, kad iki 2050 m. ši dalis išaugs iki 68 %. JT Ekonomikos ir socialinių reikalų departamento duomenimis, dabartinė sparčios urbanizacijos tendencija „yra labai svarbi įgyvendinant 2030 m. Darnaus vystymosi darbotvarkę“ (Huovila et al., 2022).

Per pastaruosius porą dešimtmečių miestai ėmėsi kelių iniciatyvų, kuriomis siekiama sukurti geresnes aplinkos, socialines ir ekonomines sąlygas bei didinti miestų patrauklumą ir konkurencingumą. Todėl politikos diskurse ir akademiniuose tyrimuose buvo pristatytos kelios miesto plėtros koncepcijos. Politikos formuotojai, planuotojai ir kūrėjai šias sąvokas dažnai vartoja pakaitomis ir jos gali priklausyti nuo politikos nuostatų ar net šių dienų rinkodaros mados (De Jon et al., 2015). Įvairios urbanistinės koncepcijos buvo pristatytos reaguojant į diskusijas dėl klimato kaitos, pavyzdžiui, mažai anglies dioksido į aplinką išskiriantis miestas, neutralus anglies dioksido miestas, anglies dioksido neišskiriantis miestas ir neigiamas anglies dioksido miestas. Remiantis apžvalgomis, jie laikomi tvaraus miesto koncepcijos pogrupiais (De Jon et al., 2015), akcentuojant techninius ir energetinius klausimus (Fu ir Zhang, 2017).

Daugelis miestų nustatė klimato kaitos problemas ir prisijungė prie tarptautinių iniciatyvų, tokių kaip Merų paktas klimato ir energetikos klausimais (Covenant of Mayors, 2021), Anglies dioksido neutralių miestų aljansas (Carbon Neutral Cities Alliance, 2021) ir C40 miestai (C40, 2021). Daugiau nei 400 miestų ir organizacijų (ICLEI, 2021; C40, 2021) prisijungė prie Klimato ambicijų aljanso, siekdami paremti „nulinės anglies dioksido emisijos tikslą ir sveiką, atsparų anglies dioksido išmetimo mažinimą, kuris užkerta kelią būsimoms grėsmėms, sukuria tinkamas darbo vietas ir skatina

tvarų augimą“ (UNFCCC, 2020). Neseniai Europos Merų paktą pasirašę miestai sustiprino savo klimato ambicijas. Jie įsipareigojo nustatyti vidutinės trukmės ir ilgalaikius tikslus, atitinkančius ES tikslus, kurie yra ne mažiau ambicingi, nei jų nacionaliniai tikslai. Bendras tikslas – iki 2050 m. pasiekti klimato neutralumą (Covenant of Mayors, 2021).

Aptariant neutralių klimatui miestų finansavimo šaltinius, A. Boeris et al., (2021) nurodo, kad šiuo metu pradėta naują daugiametė finansinė programa, kurią patvirtino Europos Parlamentas, ES Taryba ir Europos Komisija 2020 m. lapkričio 10 d. Į susitarimą įtrauktas atkūrimo planas, skirtas įveikti pandemiją ir jos pasekmes, o ilgalaikį 2021–2027 m. biudžetą sudaro 1,074 trln. Eurų. Ši programa sutelkia dėmesį į daugybę temų ir iššūkių. Pagrindinės antraštės yra šios:

- Bendroji rinka, inovacijos ir skaitmeninimas;
- Sanglauda, atsparumas ir vertybės;
- Gamtos ištekliai ir aplinka;
- Migracija ir sienų valdymas;
- Saugumas ir gynyba;
- Kaimynystė;
- Europos viešasis administravimas.

Mažiausiai 30 % viso biudžeto bus išleista projektams ir veiklai, kuri prisideda prie klimato kaitos. Be abejo, klimato kaitos problema bus viena dalis iš kiekvieno finansavimo programų, ir kiekviena iš jų susidurs su iššūkiu ir skirtingais požiūriais. Tačiau perėjimo kelią nuties dvi programos: „Europos horizontas“ ir „Life“ programos. „Europos horizontas“ yra bendroji mokslinių tyrimų ir inovacijų programa, kuri turi didžiausią biudžetą Europos kontekste. Klimato kaita yra visa apimanti problema, apibūdinanti visus tris programos ramsčius. Tačiau konkrečios paskirties vietos ir temos ypač įtrauktos į antrąjį ramstį. Kalbant apie miestų vaidmenį, įtrauktas specialus skyrius, kuris apima temas, kuriomis siekiama susidoroti su klimato kaita miestuose, pasiūlyta skiltyje „Bendruomenės ir miestai“. Be to, profesoriaus Mazzuccato pasiūlymas „Europos horizontas“ apima misijas, apibrėžtas kaip „įsipareigojimai išspręsti kai kuriuos iš didžiausių iššūkių, su kuriais susiduria mūsų pasaulis“ (European Commission, 2021). Viena iš šių misijų yra skirta skatinti klimatui neutralius ir išmaniuosius miestus. „Life“ yra Europos finansavimo programa, istoriškai skirta išsaugoti aplinką, gamtą ir biologinę įvairovė. Nuo 2014 m. ji iš dalies pakeitė misiją, įtraukiant klimato veiksmų paprogramę. Miestai gali gauti finansinės paramos per naująjį „European Urban“ iniciatyva po 2020 m. (Boeri et al., 2021).

Apibendrinant galima teigti, kad Europos Komisija labai pabrėžia potencialų vaidmenį, kurį Europa gali atlikti pasaulinio klimato kaitos ir didėjančios miestų svarbos kontekste plėtojant veiksmus, atitinkančius užsibrėžtus plataus užmojo tikslus. Reglamentuose nustatyti principai ir

strategijos, rodo visapusišką požiūrį, apimantį daugelį aspektų, susijusių su iššūkio sudėtingumu: oru, dirvožemiu, vandeniu, žmogaus veikla, energija, pastatais, mobilumu, ir daugeliu kitų temų, kurios yra Europos žaliojo kurso dokumentų dalis. Tuo pačiu metu, galima rasti vis didesnį koordinavimą tarp skirtingų strategijų ir politikos krypčių, kurios nurodo spręsti tuos pačius iššūkius, apimančius skirtingus aspektus. Atrodo, kad finansavimo priemonės yra suderintos su strateginiais pasiūlymais; tačiau įgyvendinimas bus labai svarbus norint suprasti veiksmų poveikį. Atrodo, kad finansavimo priemonės skirtos pavienei geriausiai praktikai ir pavyzdinėms iniciatyvoms skatinti daugiau nei ieškoti struktūrinių sprendimų, apimančių visas valstybes nares. Taip pat šiuose dokumentuose dažnai cituojamas dalyvavimas, pilietinis įsitraukimas ir įgalinimas. Nėra jokių abejonių, kaip svarbu įtraukti piliečius į miestų pokyčius.

1.5. Kriterijai ir metodai įvertinti klimato poveikį miestuose

Ankstesni statistiniai tyrimai, kuriuose buvo tiriama ši problema, dažniausiai buvo atlikti nacionaliniu mastu (Dogan ir Seker, 2016, Dong et al., 2019, Eskander ir Fankhauser, 2020). Yra keletas regioninio lygmens tyrimų, daugiausia dėmesio skiriant Kinijai (Zhou ir Liu, 2016, Huang et al., 2019). Pastaruoju metu didėja susidomėjimas tarptautinių klimato tinklų emisijų mažinimo analize (Hsu et al., 2020). Tačiau kiekybinių žinių apie klimato tinklų poveikį išmetamų teršalų kiekiui savivaldybės lygmeniu vienoje šalyje nėra (Hoppe et al., 2016, Boehnke et al., 2019).

Socialinė ir ekonominė plėtra yra pagrindinis miesto plėtros ir augimo variklis, kuris savo ruožtu lems miesto vietinį klimatą verčiančių veiksnių, tokių kaip žemės danga, erdvinė morfologija, aerozolių koncentracija ir paviršiaus šilumos srautas, pokyčius. Be to, socialinis ir ekonominis vystymasis taip pat yra esminis ramstis nustatant ir išnagrinėjant galimą būsimos miesto sistemos poveikį ir riziką, susijusią su klimato kaita, pvz., gyventojų skaičių, infrastruktūrą, ekonomiką ir gerovę. Scenarijais pagrįstos analizės dažniausiai buvo naudojamos apibūdinti galimą sudėtingo miesto organizmo ateitį. Kai kuriuose scenarijų tyrimuose dėmesys sutelkiamas į vieną ar kelis konkrečius miesto aspektus (Kim et al., 2016), o kiti bando nubrėžti bendrus miesto planus (Alexander et al., 2016). Be to, susidūrę su vis didesniu klimato kaitos poveikiu, daugelis miestų ėmėsi aktyvių pastangų kovoti su klimato kaita. Atnaujinti tyrimai vis labiau įtraukė miesto strategiją ir klimato kaitos švelninimo bei prisitaikymo prie jos veiksmus į scenarijų kūrimą (Kumar ir Geneletti, 2015). Nors scenarijais pagrįstos analizės gali pasiūlyti ateities miesto plėtros siužetą ir pasakojimą, jos negali pateikti išsamios informacijos, reikalingos kiekybiškai įvertinti vietinio klimato pokyčius ir klimato kaitos poveikį miestams. Todėl pasakojimo scenarijui paversti skaitmeniniu modeliavimu buvo naudojami įvairūs įvesties-išvesties (IO), skaičiuojamosios bendrosios pusiausvyros (CGE) modeliai ir integruoto vertinimo modeliai (IAM). Šie modeliai parodo įvairių miesto dalių ir jų tarpusavio sąveikos nuoseklumo vaizdavimo pranašumą. Tačiau jų

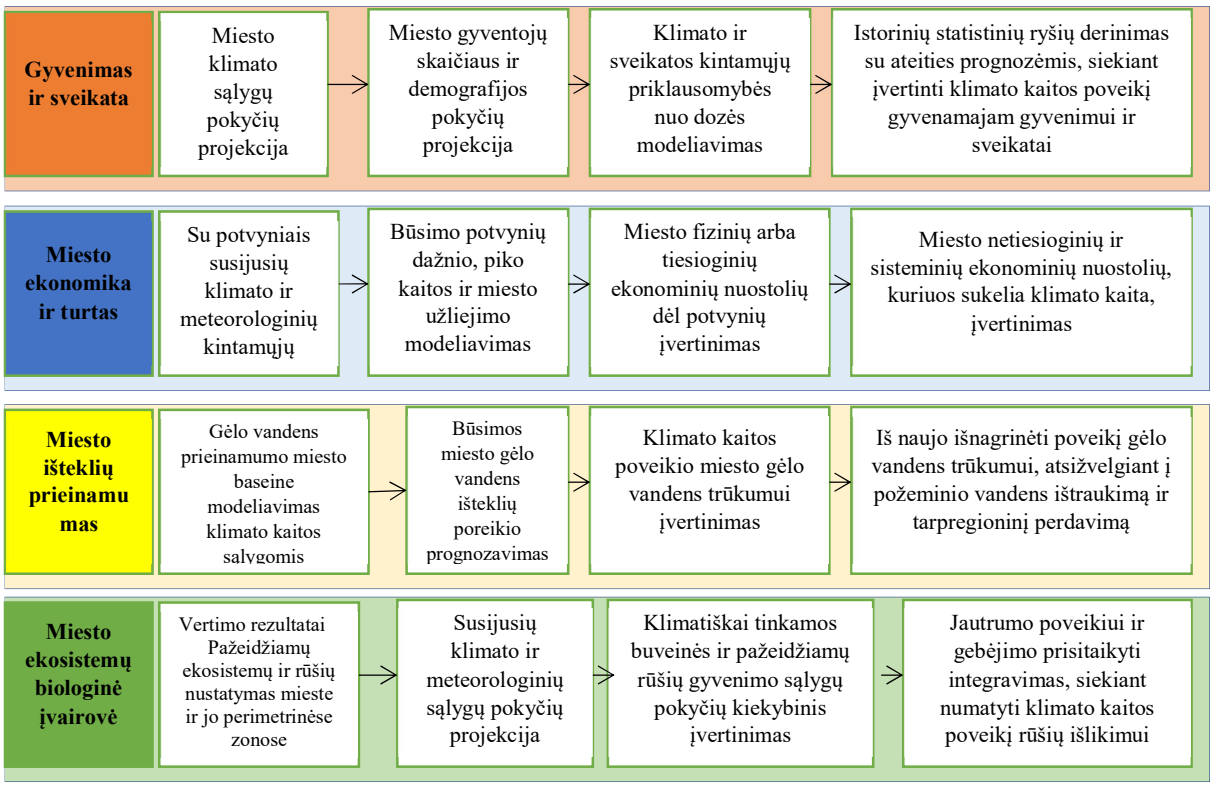
taikymą iš esmės riboja įvesties-produkcijos lentelių ar socialinės apskaitos matricų trūkumas miesto mastu (Lin et al., 2017). Be to, daugelyje tyrimų buvo bandoma pagrįstai supaprastinti miesto plėtros modeliavimą ir daugiau dėmesio skirti vienai ar tam tikroms konkrečioms sritims. Pavyzdžiui, sistemos dinamika, nepusiausvyrinė dinamika, tinklo ir chemijos-transporto modeliai buvo panaudoti atitinkamai siekiant imituoti būsimą miesto ekonomikos augimą, infrastruktūrą, gyventojų skaičių, taip pat miestų ŠESD, teršalus ir antropogeninės šilumos emisiją (Li et al., 2017; Madaniyazi et al., 2015).

Žemės danga, erdvinė morfologija, aerozolis ir paviršiaus šilumos srautas yra vietinio masto klimato veiksniai miestuose, tarp kurių žemės danga ir erdvinė morfologija atlieka ypač svarbų vaidmenį. Taigi, atlikus miesto plėtros scenarijų analizę ir modeliavimą, dar viena pagrindinė miesto mikroklimato projekcijos grandis yra tai, kaip įvairūs socialiniai ir ekonominiai veiksniai ir kaimynystės sąveika kartu nulems miesto žemės dangą ir erdvinę morfologiją. Šiuo metu labiausiai žinomi šio darbo atlikimo metodai yra statistiniai modeliai, geoerdviniai modeliai ir įvairūs jų susietų modelių tipai (Ku, 2016). Tačiau tinkamai neatsižvelgus į mikro elgesio ir sprendimų pokyčius, šių modelių projekcijos patikimumas gali būti gana ribotas ilgalaikėje ateityje, o tai, deja, yra kritinis klimato kaitos tyrimų laiko horizontas. Siekiant tai išspręsti, vis dažniau taikomi kelių agentų modeliai, vaizduojantys miesto mikrostruktūros pokyčių dinamiką (Mustafa et al., 2017). Naujausia pažanga yra susieti statistinius, geoerdvinius ar kelių agentų modelius su naujai atsirandančiais dirbtinio intelekto metodais, tokiais kaip dirbtinis neuroninis tinklas ir gilusis mokymasis. Tokia praktika žymiai pagerina modeliuotojų galimybes susidoroti su dideliu tinklinių miestų sistemų sudėtingumu ir skaičiavimo sunkumais (Mishra et al., 2015).

Be to, atsižvelgiant į daugialypę miesto vietinio ir regioninio klimato sąveiką, miestams būdingi dideli mikroklimato skirtumai tarp rajonų, bendruomenių. Pavyzdžiui, miesto centre dažnai būna akivaizdžiai aukštesnė vasaros temperatūra ir didesnis kritulių kiekis nei kitose miesto vietose (Mishra et al., 2015). Atsižvelgiant į tai, naudojami keturių tipų metodai, siekiant perkelti klimato kaitos modeliavimą į kaimynystės lygmenį, integruojant miesto vietinį ir regioninį klimatą, verčiantį imituoti miesto mikroklimatą. Pirmojo tipo metodas yra susieti RCM su žemės dangos modeliais (LCM), taikant po apdorojimo RCM rezultatus kaip regioninį klimato ir modeliuojant būsimą miesto mikroklimatą, ypač atsižvelgiant į miesto žemės naudojimą ir žemės dangos pokyčius (Lemonsu et al., 2013). Antrasis metodas susieja RCM su miesto stogo modeliais (UCM), leidžiančiais išsamiau apsvarstyti įvairias miesto veiklas ir jų poveikį miesto vietiniams klimato laukams (Kusaka et al., 2016). Šie du metodų tipai paprastai daro bendrą prielaidą, kad regioniniai klimato pokyčiai yra neįtraukti prie aplinkos sąlygų, neturi įtakos pačiame mieste vykstantys pokyčiai. Trečioji požiūrių grupė taiko kitokią strategiją, atsižvelgdama į miesto sąveiką su regionais ir atitinkamai pateikia realesnį miesto mikroklimato modeliavimą internetu sujungiant LCM (arba UCM) ir RCM (Rojas et

al., 2018). Neseniai skaičiavimo skysčių dinamika pagrįsti modeliai (CFDM) tapo ketvirtuoju perspektyvių metodų tipu. Dėl tikslios raiškos miesto paviršiaus atvaizdavimo ir geresnių žinių apie susijusius miesto srautų laukus CFDM leidžia modeliuoti miesto mikroklimatą rajonų ar net pastatų masteliais (Toparlar et al., 2017).

Konkretus klimato kaitos poveikis kiekvienam miestui priklauso ne tik nuo vietinio klimato kaitos šiame mieste, bet ir nuo to, kaip jis yra veikiamas ir reaguoja į jį. Taigi, atlikus miesto mikroklimato projekciją, toliau reikia ištirti, kiek įvairūs miesto sektoriai ir sistemos yra pažeidžiami dėl klimato kaitos poveikio. Dabartinė literatūra plačiai pripažįsta, kad poveikis, jautrumas ir prisitaikymas yra trys pagrindiniai komponentai, kurie kartu lemia miesto pažeidžiamumą klimato kaitai (Scheffran et al., 2012). Tačiau bruožai, rodikliai ir metodai, naudojami šiems komponentams matuoti, taip pat sistemos, naudojamos jų pažeidžiamumui apskaičiuoti, įvairiuose tyrimuose labai skiriasi (Scheffran et al., 2012). Tarp plačių klimato kaitos poveikio kategorijų keturi didžiausią susirūpinimą keliantys miestų valdymo ir su gyventojais susiję faktoriai yra šie: (1) gyvenimas ir sveikata, (2) ekonomika ir turtas, (3) išteklių prieinamumas ir (4) ekosistema ir biologinė įvairovė. Remiantis apžvalgos analize, pagrindinės modeliavimo grandinės, naudojamos klimato kaitos pažeidžiamumui įvertinti, yra apibendrintos 1.5 pav., o išsamesnė pažanga ir iššūkiai aptariami toliau.



1.5 pav. Pagrindinės modeliavimo grandinės, naudojamos dabartinėje literatūroje tiriant keturių rimtą susirūpinimą keliančių miestų sistemų pažeidžiamumą klimato kaita (Ye et al., 2021)

Daugėja įrodymų, kad klimato kaita gali padaryti akivaizdžios žalos miesto gyventojų gyvybei ir sveikatai (Watts et al.,, 2015). Daugelis pasaulio miestų, ypač megapoliai ir sparčiai besivystantys miestai, susiduria su didėjančiu mirtingumu, sergamumu ir gyvybių praradimu dėl temperatūros kilimo (Nature Research Highlights (2017), oro kokybės pablogėjimo (West et al., 2013) ir infekcinių ligų (Paz ir Semenza, 2016), kurias sukelia klimato kaita. Ankstesni tyrimai paprastai sudarė klasikinę modeliavimo grandinę, skirtą miesto visuomenės sveikatos pažeidžiamumui klimato kaitai tirti, kurią sudaro keturios pagrindinės dalys, kaip parodyta 1.5 pav. (Mills et al., 2015; Huang et al., 2011). Pirmoje dalyje prognozuojami būsimi mikroklimato pokyčiai ir su tuo susiję miesto aplinkos ir ekologinių sąlygų pokyčiai, o antroje dalyje numatomi būsimi miesto gyventojų ir demografijos pokyčiai. Per šiuos darbus dvi dalys gali įvertinti miesto gyventojų poveikį klimato kaitai. Trečioji modeliavimo grandinės dalis pereina prie statistinės ir atsako santykio tarp klimato ir sveikatos kintamųjų analizės, kuri parodo visuomenės sveikatos jautrumą ir prisitaikymą prie klimato kaitos epidemiologiniu ir toksikologiniu požiūriu. Galiausiai, ketvirtojoje dalyje sujungiami istoriniai tarp kintamųjų statistiniai ryšiai su ateities prognozėmis dėl miesto klimato ir gyventojų skaičiaus, siekiant įvertinti galimą klimato kaitos poveikį namų ūkių sveikatai tiriamuoju laikotarpiu.

Padidėjus duomenų prieinamumui, naujausi visuomenės sveikatos pažeidžiamumo tyrimai buvo pradėti nuo bendro mirtingumo ir sergamumo miestuose įvertinimo, o taikant daugiau su liga susijusią informaciją, kuri suteikia daugiau gairių skirstant sveikatos paslaugų išteklius (Li et al., 2015). Be to, į sveikatos pažeidžiamumo vertinimą vis dažniau atsižvelgiama į besikeičiančią miesto gyventojų struktūrą ir klimato kaitos bei kitų įtampų, atsirandančių dėl sparčios urbanizacijos, sąveiką (DePaul, 2012). Pavyzdžiui, kai kurie tyrimai tiria nuolatinio gyventojų antplūdžio į megapolius ir miesto gyventojų senėjimo poveikį, atskleidžiant, kad šie pokyčiai didina miesto visuomenės sveikatos pažeidžiamumą klimato kaitai (Kim et al., 2016; Jones et al., 2015). Kai kurie tyrimai tiria, kaip atšilimo temperatūra, šilumos salos efektas ir oro tarša gali sąveikauti vienas su kitu būsimuose miestuose, perspėdami, kad bendras poveikis gali padaryti didesnę žalą miesto visuomenės sveikatai (Wu ir Lung, 2016; Wilson et al., 2017). Tačiau dėl ribotų žinių apie chemijos ar biologijos ir klimato sąveiką dabartinis modeliavimas, kaip klimato kaita veikia oro kokybę ir miesto gyvenamąją aplinką, o savo ruožtu daro įtaką visuomenės sveikatai, tebėra nepakankamai patikimas ir turi būti toliau tobulinamas (Silva et al., 2017; Young et al., 2013).

M. Olazabalas ir M.R. Gopeguis (2021) atliko 59 miestų prisitaikymo prie klimato kaitos planavimo vertinimą, identifikuotą iš 136 pakrantės miestų, kuriuose gyvena daugiau nei 1 milijonas gyventojų, išsivysčiusių ir besivystančių pasaulio regionuose. Šiame tyrime vertinamos 3 pagrindinės sritys: politika ir ekonomikos patikimumas, mokslo ir technikos patikimumas bei teisėtumas. Dauguma metrikų yra kokybinės ir atitinka dvejetainį įvertinimą (pvz., Taip arba Ne). Metrikoms įvertinti buvo išanalizuotas planavimo dokumentų turinys ir kartu pateikiama viešoji informacija

(rasta planavimo prieduose ir vyriausybinėse interneto svetainėse). Kai kuriais atvejais, siekiant rinkti viešuosius duomenis, pavyzdžiui, miesto BVP (M#5) arba visuomenės susirūpinimą dėl klimato kaitos (M#16), buvo konsultuojamasi su kitų tipų viešaisiais šaltiniais. Svarbu tai, kad metodas nesiremia pirminiais duomenų rinkimo šaltiniais (t. y. vietos valdžios atstovų apklausomis), kad būtų išvengta subjektyvių pačių pateiktų duomenų, kurie gali trukdyti palyginti tyrimo rezultatus (Olazabal et al., 2019). Taikydami APC, S. Murieta et al., (2020) palygino pirminių ir antrinių duomenų rinkimo šaltinių rezultatus ir padarė išvadą, kad miestai patys įvertino šiek tiek geresnius balus, matyt, todėl, kad jie įvertino adaptacijos politikos proceso aspektus, kurie niekada nebuvo viešai dokumentuoti. Nors tai rodo, kad daug kas gali nutikti užkulisiuose (ypač miestuose, kur dėl politikos skaidrumas vis dar yra problema), teigiama, kad viešai dokumentuota informacija yra daug patikimesnis šaltinis vertinimams, kuriuos siekiama palyginti ir atkartoti.

Kitame tyrime naudotą vertinimo metodą pasiūlė ir patvirtino M. Olazabalas, I. Galarragas ir J. Fordas (2019). Jis buvo taikomas Ispanijos miestuose (Sainz et al., 2020), o įrankio versiją naudoja RegionsAdapt iniciatyvos nariai regionuose 43. Ją įkvėpė patikimumo koncepcija, plačiai naudojama politikos moksluose ir kurią klimato kaitos srityje sukūrė A. Averchenkovas ir S. Bassis (2016), kurie, atsižvelgdami į įsipareigojimus švelninti klimato kaitą, teigia, kad patikimumas yra būtinas klimato kaitos finansavimui, kad veikėjai galėtų pasitikėti. M. Olazabalas, I. Galarragas ir J. Fordas (2019) yra pirmieji, kurie naudoja šią koncepciją prisitaikymo srityje, siekdami informuoti politikos formavimo, investicijų ir finansavimo strategijas apie būtinybę generuoti patikimus prisitaikymo eigos duomenis. APC (Adaptation Policy Credibility) metodas, kurį pasiūlė M. Olazabalas, I. Galarragas (2019) yra prisitaikymo gebėjimas ir pasirengimas (Ford ir King, 2015), politikos procesui (Dupuis ir Biesbroek, 2013) ir teisėtumui (kaip Adger et al., 2005). APC metodas apibūdinamas kaip vertinimo priemonė, kuri įvertina, kaip tikėtina, kad vietinė prisitaikymo politika bus veiksminga, įgyvendinama ir tvari ilgalaikėje perspektyvoje. Šaltinio duomenys apima pagrindinius dokumentus, susijusius su prisitaikymo planavimu, ir susijusią informaciją, kurią galima rasti viešose vyriausybinėse svetainėse.

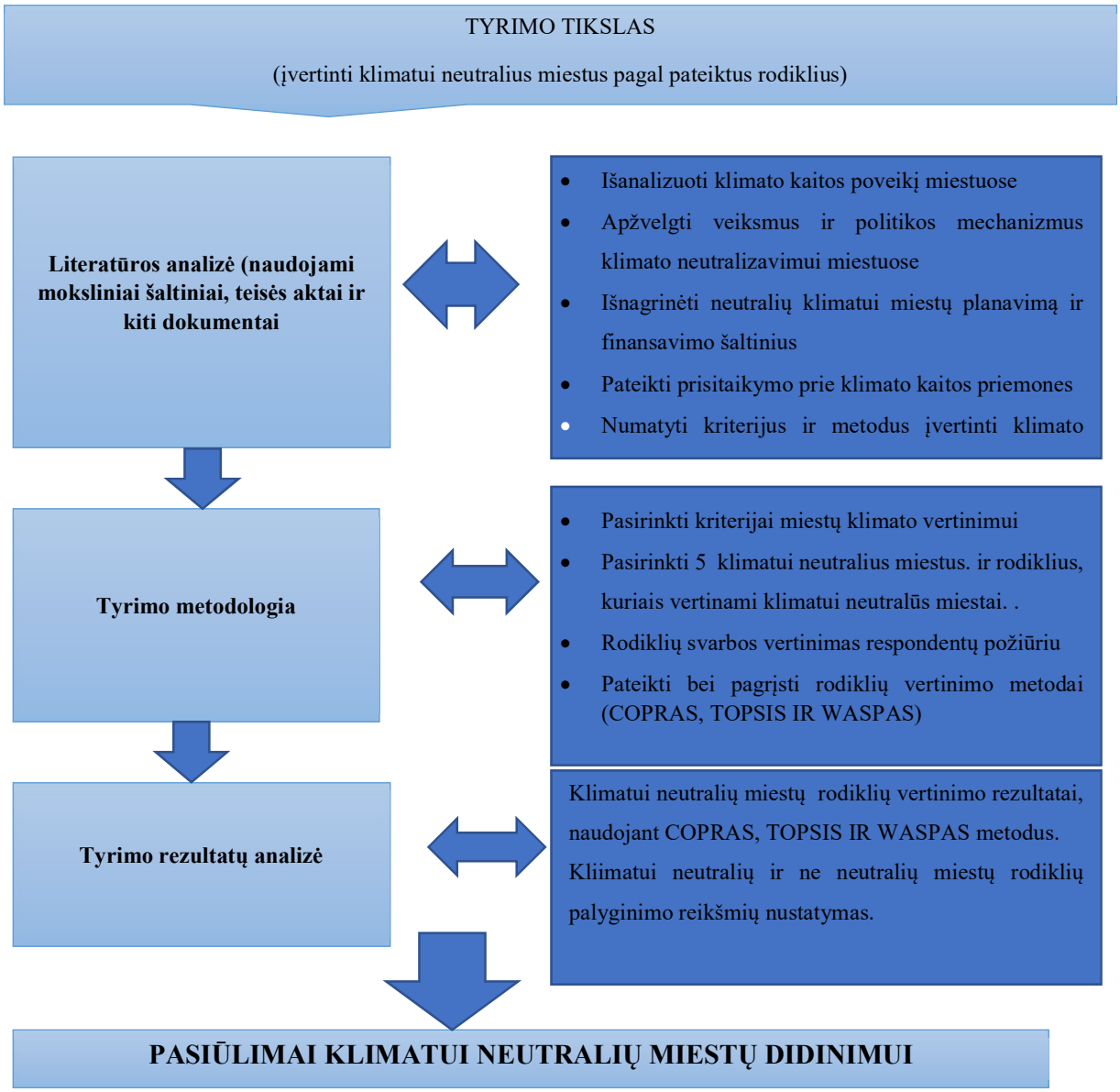
Apibendrinant galima teigti, kad siekiant įvertinti klimato poveikį miestuose, reikia įvertinti miesto išskiriamos šilumos mažinimo strategijas, miestų oro būklę bei temperatūros kaitą, kaip klimato kaitos priemonės keičia klimato būklę, kaip klimato kaita veikia žmonių sveikatą bei miestų mikroklimatą, klimato sistemos reakciją į didėjančias šiltnamio efektą sukeliančių dujų koncentracijas pasauliniu ir žemyniniu mastu. Ekonometriniai metodai gali būti naudojami tiriant pagrindinius šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) emisijų lygius savivaldybėse. Žemės danga, erdvinė morfologija, aerozolis ir paviršiaus šilumos srautas yra vietinio masto klimato veiksniai miestuose, tarp kurių žemės danga ir erdvinė morfologija atlieka ypač svarbų vaidmenį, todėl tikslinga atlikti miesto plėtros scenarijų analizę ir modeliavimą. Prisitaikymo prie klimato kaitos

planavimo vertinimas sudaro galimybės įvertinti politikos ir ekonomikos patikimumą, mokslo ir technikos patikimumą bei teisėtumą, kas svarbu klimato kaitos finansavimui.

2. TYRIMO METODOLOGIJA

2.1. Tyrimo modelis

Siekiant įvertinti klimatui neutralius miestus pagal atrinktus kriteijus sudarytas tyrimo modelis (2.1 pav.).



2.1 pav. Tyrimo schema

Kaip matyti pateiktoje tyrimo schemoje, atliekant klimatui neutralių miestų vertinimą, pirmiausiai atliekama literatūros analizė, siekiant išanalizuoti klimato kaitos poveikį miestuose, apžvelgti veiksmus ir politikos mechanizmus klimato neutralizavimui miestuose bei išngarinėti

neutralių klimatui miestų planavimą ir finansavimo šaltinius. Analizuojant mokslinius literatūros šaltinius pateikiamos prisitaikymo prie klimato kaitos priemonės bei numatyti kriterijai ir metodai įvertinti klimato poveikį miestuose.

Atlikus mokslinių šaltinių analizę, sudaroma tyrimo metodologija, kurioje pasirinkti kriterijai miestų vertinimui. Atsižvelgiant į šiuos kriterijus pasirinkti 5 klimatui neutralūs miestai ir rodikliai, kuriais vertinami klimatui neutralūs miestai. Tada atliekamas rodiklių svarbos vertinimas respondentų požiūriu. Taip pat tyrimo metodologijoje pateikti bei pagrįsti rodiklių vertinimo metodai (COPRAS, TOPSIS IR WASPAS).

Remiantis sudaryta metodologija, atliekamas tyrimas. Tyrimo metu pateikti pasirinktų miestų rodiklių duomemys bei rodiklių vertinimo rezultatai, naudojant COPRAS, TOPSIS IR WASPAS metodus. Taip pat atlikto tyrimo metu nustatytos klimatui neutralių miestų rodiklių palyginimo reikšmės.

Tyrimo rezultatai leis miestams pasiūlyti, kaip padidinti jų neutralumą klimato kaitai.

2.2. Miesto neutralumo klimatui kriterijų nustatymas

Kaip jau buvo minėta ankščiau, nėra vienos nustatytos sistemos, kaip būtų galima įvertinti miesto neutralumą klimaitui. Įvairius rodiklius moksliniuose straipsniuose nagrinėjantys autoriai dažniausiai orientuojasi į vieną arba kelias ryšį turinčias tarpusavyje problemas. Žemiau lentelėje pateikiami autoriai ir rodikliai, kurie buvo nagrinėti jų darbuose.

2.1 Lentelė. Mokslinėje literatūroje pateikiami miesto neutralumo klimatui kriterijai

Autorius	**Pavadinimas**	**Aprašymas**	**Rodikliai**
Wolf S Teitge J, Mielke J., Franziska Schütze F. and Jaeger C. (2021)	*The European Green Deal – More Than Climate Neutrality*	Analizuojamos išlaidos pateiktiems rodikliams, kurios padėtų sumažinti išmetamų teršalų kiekį.	1. Išlaidos elektros tinklui 2.Automobilių mobilumo sistemos transformavimas 3.European Silk Road/Europos šilko kelias 4. Pastatų fondo energetinės renovacijos spartinimo išlaidos 5. Energijos skaitmeninimo moksliniai tyrimai ir plėtra 6. Išlaidos aukštajam žaliajam išsilavinimui 7. Europos proveržio inovacijų sistemos išlaidos 8. Subrangos valdymo užduočių išlaidos 9. Europos planetos sveikatos politikos išlaidos
Krayenhoff, E.S., Broadbent, A.M., Zhao, L., Georgescu, M. (2020).	*Cooling hot cities: a systematic and critical review of the numerical modelling literature*	Šioje apžvalgoje dėmesys sutelkiamas į nestruktūrinius miesto žemės dangos ir (arba) miesto aspekto pakeitimus savybes, kurios turi numatytą aušinimo paskirtį vietiniam miesto klimatui.	1. Oro temperatūra 2. Miesto danga

2.1 lentelės tęsinys

Autorius	Pavadinimas	Aprašymas	Rodikliai
Santamouris, M., Ding, L., Fiorito, F., Oldfield, P., Osmond, P., Paolini, R., Prasad, D., Synnefa A. (2017)	*Passive and active cooling for the outdoor built environment– Analysis and assessment of the cooling potential of mitigation technologies using performance data from 220 large scale projects*	Šiame darbe analizuojamas ir lyginamuoju būdu pristatomas žinomų švelninimo technologijų potencialas, naudojant efektyvumo duomenis iš maždaug 220 realaus masto miestų atkūrimo projektų. Apskaičiuotas ir pateiktas atspindinčių technologijų, želdinių, garavimo sistemų, žemė-oras šilumokaičių ir jų derinių vidutinis ir piko temperatūros kritimas. Analizuojamas pagrindinių sistemų, tokių kaip vėsūs stogai, vėsūs šaligatviai, žali stogai, miesto medžiai, baseinai ir tvenkiniai, purkštuvai, fontanai ir garavimo bokštai, sušvelninimo potencialas.	1. Vandens temperatūra 2. Miesto žaliosios technikos ir technologijų naudojimas (želdynai, aplinkos oro vėsinimas) 3. Atspindinčių medžiagų naudojimas 4. Žemės aušinimo technikos naudojimas 5. Kombinuotos švelninimo strategijos 6. Kombinuotas šviesą atspindinčių dangų, žalumos, šešėlių ir vandens naudojimas 7. Projektai, susiję su šilumokaičių iš žemės į orą naudojimu
Gunawardena, K.R., Wells. M.J., Kershaw, T. (2017).	*Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity Sci*	Šiame darbe pateikiama pagrindinių būdų, kuriais žalioji ir mėlynoji erdvė veikia tiek miesto stogo, tiek ribinio sluoksnio temperatūrą, metaanalizė, išnagrinėta miesto planavimo, miesto klimatologijos ir klimato mokslo požiūriu.	1. Miestų žaliosios erdvės 2. Miestų mėlynosios erdvės.
Lai, D., Liu, W., Gan, T., Liu, K., Chen, Q. (2019)	*A review of mitigating strategies to improve the thermal environment and thermal comfort in urban outdoor spaces S*	Šiame darbe apžvelgiami keturių pagrindinių švelninimo strategijų mechanizmai ir vėsinimo efektai, t.y. miesto geometrijos keitimas, augmenijos sodinimas, vėsaus paviršiaus naudojimas ir vandens telkinių įtraukimas.	1. Miesto geometrijos keitimas, 2. Augmenijos sodinimas 3. Vėsaus paviršiaus naudojimas 4. Vandens telkiniai (mėlynoji zona)
Ampatzidis, P., Kershaw, T. (2020)	*A review of the impact of blue space on the urban microclimate Sci*	Šioje apžvalgoje bandoma atlikti lyginamąją turimos literatūros analizę, siekiant ištirti statinių mėlynųjų erdvių šiluminį poveikį miesto klimatui. Nuotolinio stebėjimo tyrimai yra labiausiai paplitęs metodas, analizuojamas šioje apžvalgoje, tačiau yra aiškus skirtumas tarp aušinimo potencialų, apie kuriuos pranešama naudojant nuotolinį stebėjimą.	1. Mėlynųjų erdvių šiluminis poveikis.
Ptak-Wojciechowska, A.; Januchta-Szostak, A.; Gawlak, A.; Matuszewska, M. (2021)	*The Importance of Water and Climate-Related Aspects in the Quality of Urban Life Assessment*	Šio tyrimo tikslas buvo patikrinti reikšmingumą su vandeniu ir klimatu susijusius aspektus vertinimo priemonėse. QoL vertinimo įrankiai parodo, kiek šie aspektai yra įtraukti į sritis, kriterijus ir priemonėse siūlomus rodiklius. Patikrinimo būdas – padėties palyginimas laimėjusių miestų QoL reitinguose ir miestų atsparumo reitinguose.	1. Žaliosios erdvės, tokios kaip parkai ir sodai 2. Oro kokybė 3.Triukšmo lygis 4. Švara 5 Kaip miestas yra įsipareigojęs kovoti su klimato kaita (pvz., energetika efektyvumas, ekologiškas transportas)

2.1 lentelės tęsinys

Autorius	Pavadinimas	Aprašymas	Rodikliai
Bianco, G.; Bonvini, B.; Bracco, S.; Delfino, F.; Laiolo, P.; Piazza, G. K (2021)	*Key Performance Indicators for an Energy Community Based on Sustainable Technologies*	Šiame dokumente – pagrindiniai našumo rodikliai įvedami siekiant įvertinti ir palyginti skirtingas energijos bendrijas techniniu ir aplinkosaugos požiūriu. Siūloma metodika buvo panaudota siekiant įvertinti ir palyginti dvi vietas, kurioms būdinga tvarios energetikos infrastruktūra/	1. Elektros energija 2. Šilumos energija 3. Išmetamų teršalų poveikis aplinkai
Alexander, PJ., Fealy, R., Mills, GM. (2016).	*Simulating the impact of urban development pathways on the local climate: a scenario-based analysis in the greater Dublin region*	Šiame tyrime nagrinėjama skirtingų miestų plėtros scenarijų įtaka kaimynystės klimatui. Atliekant tyrimą atsižvelgiama į santykinį skirtingų politikos / planavimo pasirinkimų poveikį vietiniam klimatui visame mieste tipiniais klimato metais (TCY). Tikslas yra parodyti modeliavimo metodą, kuris susieja klimatu pagrįstą žemės klasifikaciją ir paprastą miesto klimato modelį, ir kaip tai gali būti panaudota norint ištirti skirtingų miestų formų ir projektavimo strategijų poveikį kaimynystės mastu energijos pasiskirstymui ir iš to kylančioms pasekmėms. Naudojant Paviršinio miesto energijos ir vandens balanso (SUEWS) modelį, valandiniai jautrios, latentinės ir sukauptos šilumos srautai modeliuojami ištisus metus pagal keturis skirtingus miesto plėtros scenarijus.	1. Kraštovaizdis 2. Oro temperatūros poveikis
Millonig A. , Rudloff C, Richter G , Lorenz F., Peer S (2022).	*Fair mobility budgets: A concept for achieving climate neutrality and transport equity*	Straipsnyje aptariamos individualių mobilumo biudžetų įvedimo galimybės su transportu susijusiais klimato tikslais, kartu mažinant judumo nelygybę. Siūloma koncepcija šis indėlis pagrįstas kokybinio ir kiekybinio poveikio vertinimo metodais, įskaitant suinteresuotųjų šalių įtraukimo procesą ir transporto modeliavimą, pagrįstą skirtingais duomenų šaltinis.	1. Išmetamų teršalų kiekis 2. Išlaidos skirtos mažinti išmetamųjų teršalų kiekį
Wang N. (2014)	*The role of the construction industry in China's sustainable urban development*	Šiame tyrime apžvelgtas statybos pramonės vaidmuo Kinijos tvarioje miesto plėtroje. Statybos pramonės socialinis, ekonominis ir aplinkosauginis poveikis. Naudojamos interviu metodas.	1. Statybos sektoriaus suvartojamos energijos kiekis
Kriit H. N., Sommar J. N., Forsberg B. ir kt. (2021)	*A health economic assessment of air pollution effects under climate neutral vehicle fleet scenarios in Stockholm, Sweden*	Gyventojų svertinėms koncentracijoms įvertinti buvo naudojami specifiniai išmetamųjų ir neišmetamųjų PM2,5 dispersijos modeliai. Vėliau numatomam poveikiui sveikatai ir ekonominiam poveikiui įvertinti buvo naudojami poveikio skirtumai pagal įprastinę veiklą (BAU2035) ir be iškastinio kuro (FFF2035). Vertinant buvo atsižvelgta į išmetamųjų ir ne išmetamųjų teršalų kiekį, atsižvelgiant į transporto priemonės masę ir transporto priemonių, naudojančių dygliuotas žiemines padangas, dalį. Sveikatos ekonominės išlaidos buvo paimtos iš literatūros, o visuomenės pasirengimas mokėti buvo naudojamas vertinant pagal kokybę pakoreguotus gyvenimo metus, prarastus dėl sergamumo ir mirtingumo.	1. Gyventojų koncentracija 2. Išmetamųjų teršalų kiekis 3. Transporto priemonių duomenys 4. Sveikatos ekonominės išlaidos.

2.1 lentelės tęsinys

Autorius	Pavadinimas	Aprašymas	Rodikliai
Her, YG., Yoo, SH., Cho, J., Hwang, S., Jeong, J., Seong, C. (2019)	*Uncertainty in hydrological analysis of climate change: multi-parameter vs. multi-GCM ensemble predictions*	Naudoja bendruosius cirkuliacijos modelius (GCM) skirtus modeliuoti būsimos klimato sistemos reakciją į didėjančias šiltnamio efektą sukeliančių dujų koncentracijas pasauliniu ir žemyniniu mastu.	1. Hidrologiniai vandenų duomenys 2. Dirvožemio drėgmė
Li, D., Bou-Zeid, E. (2013).	*Synergistic interaction between urban heat islands and heat waves: the impact in cities is larger than the sum of its parts*	Šiame tyrime stebėjimo ir modeliavimo analizės derinys rodo miesto šilumos salų ir karščio bangų sinergiją.	1. Oro temperatūra 2. Kraštovaizdis
Antoszewski, P.; Krzyzaniak, M.; ˙ Swierk, D. T (2022)	*The Future of Climate-Resilient and Climate-Neutral City in the Temperate Climate Zone*	Šios apžvalgos tikslas – nustatyti svarbiausius geometrinius, urbanizuotos aplinkos morfologinius ir topografinius parametrus ir suprasti sinergetinius miesto ir gamtos ryšius. Buvo taikoma keturių pakopų norminė procedūra, tinka sistemingoms miesto šilumos peržiūroms. Pirma, viena klimato zona (vidutinio klimato zona C) buvo apsiribota projektavimo gairių suvienodinimu. Antra, buvo atlikta kanoninė koreliacinė analizė (CCA) analizuojant gautus duomenis. Galiausiai tyrimas parodė ultravioletinių įrenginių parametrus, kurie yra būtini sumažinti šilumos efektą. Tai yra užstatymo tankis ir miesto paviršiaus albedas kaimynystės klasteriui ir atstumas nuo miesto centro, kraštinių santykis, žemės paviršiaus albedas ir gatvės orientacija gatvės kanjonui, taip pat pastato aukštis, medžiagos albedas ir pastato orientacija pastato konstrukcija.	1. Klimatas/oro temperatūra 2. Vandens struktūra 3. Žalia zona 4. Geometrinė sritis 5. Žaluma palei gatvę 6. Žalias stogas 7. Geometrinis 8. Pagrindo sluoksnio storis 9. Žalia siena
Auffhammer, M., Baylis, P., & Hausman, C. H. (2017)	*Climate change is projected to have severe impacts on the frequency and intensity of peak electricity demand across the United States*	Šiame darbe naudoja išsamius aukšto dažnio duomenis apkrovos balansavimo institucijų lygmeniu, kad nustatytų vidutinės arba didžiausios elektros energijos paklausos ir temperatūros santykį didelėje ekonomikoje. Apskaičiuotas viso paros suvartojimo ir didžiausios dienos apkrovos temperatūros atsako funkcijos sujungiamos su 18 sumažintų pasaulinių klimato modelių (GCM), kad imituotų klimato kaitos poveikį rezultatams.	1. Oro temperatūra 2. Elektros energijos duomenys
Yhang, YB., Sohn, SJ., Jung, IW. (2017)	*Application of dynamical and statistical downscaling to East Asian summer precipitation for finely resolved datasets.*	Šiame tyrime ištirta skirtingų mažinimo metodų veikimas, sutelkiant dėmesį į Rytų Azijos vasaros musoninius kritulius, kad būti gauti tikslesni ir pridėtinės vertės duomenų rinkiniai. Dinaminį mastelio mažinimą atliko pasaulinio / regioninio integruoto modelio sistemos (GRIM) regioninio modelio programa (RMP), o statistinis sumažinimas buvo atliktas naudojant susietą modeliu pagrįstą paprastą tiesinę regresiją.	1. Kritulių duomenys 2. Vandens ištekliai

2.1 lentelės pabaiga

Autorius	Pavadinimas	Aprašymas	Rodikliai
Dregulo A. M. (2021)	*Climate-neutral waste management in The Russian Federation: New approach to sludge treatment on drying beds under climate change*	Straipsnis skirtas nuotekų dumblo valymo/džiovinimo džiovinimo lovose proceso pritaikymui. Metodas apima ilgalaikės chronologinės serijos klimato veiksnių dinamikos nustatymą, todėl tai įmanoma prognozuoti atmosferos kritulių poveikį nuotekų dumblo džiovinimui.	1.Oro temperatūra 2. Vidaus vandenys
Dong, K., Dong, X., Dong, C. (2019).	*Determinants of the global and regional CO2 emissions: What causes what and where?*	Naudojami ekonometriniai metodai tiriant pagrindinius šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) emisijų lygius savivaldybėse	1. Išmetamųjų teršalų kiekis
Wilson, A., Reich, BJ., Nolte, CG., Spero, TL., Hubbell, B., Rappold, AG. (2017).	*Climate change impacts on projections of excess mortality at 2030 using spatially varying ozone-temperature risk surfaces*	Tiria, kaip atšilimo temperatūra, šilumos salos efektas ir oro tarša gali sąveikauti vienas su kitu būsimuose miestuose, perspėdami, kad bendras poveikis gali padaryti didesnę žalą miesto visuomenės sveikatai	1. Oro temperatūra 2. Šilimus efektas 3. Oro tarša

Išnagrinėjus mokslinę literatūrą pastebėta, kad tam tikri nagrinėti rodikliai kartojasi arba yra minimi dažniau, nei kiti. Žemiau lentelėje nurodyti dažniausiai besikartojantys rodikliai ir autoriai, kurie juos nagrinėjo.

2.2 Lentelė. Mokslinėje literatūroje pateikiami miesto neutralumo klimatui kriterijai (2)

Rodiklis	Autorius, šaltinis
Išlaidos klimato kaitos didinimui (išlaidos. elektros tinklui, automobilių mobilumo sistemos transformavimo išlaidos, išlaidos European Silk Road/Europos šilko keliui, pastatų fondo energetinės renovacijos spartinimo išlaidos, išlaidos energijos skaitmeninimo moksliniams tyrimams ir plėtrai, išlaidos aukštajam žaliajam išsilavinimui, Europos proveržio inovacijų sistemos išlaidos, Subrangos valdymo užduočių išlaidos, Europos planetos sveikatos politikos išlaidos)	Wolf S Teitge J, Mielke J., Franziska Schütze F. and Jaeger C. (2021), Aleksandrowicz, O., Vuckovic, M., Kiesel, K., Mahdavi, A. (2017), Santamouris, M., Ding, L., Fiorito, F., Oldfield, P., Osmond, P., Paolini, R., Prasad, D., Synnefa A. (2017), Ptak-Wojciechowska, A.; Januchta-Szostak, A.; Gawlak, A.; Matuszewska, M. (2021), Bianco, G.; Bonvini, B.; Bracco, S.; Delfino, F.; Laiolo, P.; Piazza, G. K (2021), Millonig A. , Rudloff C, Richter G , Lorenz F., Peer S (2022), Kriit H. N., Sommar J. N., Forsberg B. ir kt. (2021).
Oro temperatūra ir krituliai	Krayenhoff, E.S., Broadbent, A.M., Zhao, L., Georgescu, M. (2020), Alexander, PJ., Fealy, R., Mills, GM. (2016), Li, D., Bou-Zeid, E. (2013), Antoszewski, P.; Krzyzaniak, M.; Swierk, D. T (2022), Auffhammer, M., Baylis, P., & Hausman, C. H. (2017), Yhang, YB., Sohn, SJ., Jung, IW. (2017), Dregulo A. M. (2021), Wilson, A., Reich, BJ., Nolte, CG., Spero, TL., Hubbell, B., Rappold, AG. (2017).

2.2 Lentelės tęsinys

Rodiklis	Autorius, šaltinis
Miesto danga (atspindinčių medžiagų naudojimas, žemės aušinimo technikos naudojimas, kombinuotas šviesą atspindinčių dangų, žalumos, šešėlių ir vandens naudojimas, miesto geometrijos keitimas, vėsaus paviršiaus naudojimas, geometrinė sritis, pagrindo sluoksnio storis)	Krayenhoff, E.S., Broadbent, A.M., Zhao, L., Georgescu, M. (2020), Santamouris, M., Ding, L., Fiorito, F., Oldfield, P., Osmond, P., Paolini, R., Prasad, D., Synnefa A. (2017), Lai, D., Liu, W., Gan, T., Liu, K., Chen, Q. (2019), Antoszewski, P.; Krzyzaniak, M.; ˙ Swierk, D. T (2022).
Miesto kraštovaizdis (žaliosios technikos ir technologijų naudojimas, augmenijos sodinimas, žaliosios erdvės, tokios kaip parkai ir sodai, žalia zona, žaluma pagal gatvę, žalias stogas, žalia siena)	Aleksandrowicz, O., Vuckovic, M., Kiesel, K., Mahdavi, A. (2017), Santamouris, M., Ding, L., Fiorito, F., Oldfield, P., Osmond, P., Paolini, R., Prasad, D., Synnefa A. (2017), Gunawardena, K.R., Wells. M.J., Kershaw, T. (2017), Lai, D., Liu, W., Gan, T., Liu, K., Chen, Q. (2019), Ptak-Wojciechowska, A.; Januchta-Szostak, A.; Gawlak, A.; Matuszewska, M. (2021), Alexander, PJ., Fealy, R., Mills, GM. (2016), Li, D., Bou-Zeid, E. (2013), Antoszewski, P.; Krzyzaniak, M.; ˙ Swierk, D. T (2022).
Miesto vandenų rodikliai (vandens temperatūra, vandens telkiniai	Santamouris, M., Ding, L., Fiorito, F., Oldfield, P., Osmond, P., Paolini, R., Prasad, D., Synnefa A. (2017), Gunawardena, K.R., Wells. M.J., Kershaw, T. (2017), Lai, D., Liu, W., Gan, T., Liu, K., Chen, Q. (2019), Ampatzidis, P., Kershaw, T. (2020), Her, YG., Yoo, SH., Cho, J., Hwang, S., Jeong, J., Seong, C. (2019), Antoszewski, P.; Krzyzaniak, M.; ˙ Swierk, D. T (2022), Yhang, YB., Sohn, SJ., Jung, IW. (2017), Dregulo A. M. (2021).
Oro kokybė (triukšmo lygis, švara, išmetamųjų teršalų kiekis, transporto tarša, šilumos efektas)	Ptak-Wojciechowska, A.; Januchta-Szostak, A.; Gawlak, A.; Matuszewska, M. (2021), Bianco, G.; Bonvini, B.; Bracco, S.; Delfino, F.; Laiolo, P.; Piazza, G. K (2021), Millonig A. , Rudloff C, Richter G , Lorenz F., Peer S (2022), Kriit H. N., Sommar J. N., Forsberg B. ir kt. (2021), Dong, K., Dong, X., Dong, C. (2019), Wilson, A., Reich, BJ., Nolte, CG., Spero, TL., Hubbell, B., Rappold, AG. (2017).
Suvartojamos energijos kiekis	Wang N. (2014), Auffhammer, M., Baylis, P., & Hausman, C. H. (2017).
Dirvožemių duomenys	Her, YG., Yoo, SH., Cho, J., Hwang, S., Jeong, J., Seong, C. (2019)
Gyventojų koncentracija	Kriit H. N., Sommar J. N., Forsberg B. ir kt. (2021)

Atsižvelgiant į šią informaciją, buvo parinkti 10 rodiklių, pagal kuriuos bus nagrinėjami 5 Europos miestai siekiant nustatyti, kuris iš jų yra klimatui neutraliausias.

2.3. Rodiklių analizė ir miestų pasirinkimas

Rodikliai, skirti įverinti, kuris iš nagrinėjamų miestų yra klimatui neutraliausias, pasirinkti remiantis mokslinėje literatūroje nagrinėtomis problemomis ir jų aktualumu. Vieni rodikliai pasirinkti norint įvertinti bendrą klimato kaitos poveikį regionui, kiti tiesiogiai parodo, kaip miestai susidoroja su tam tikrais iškylančiais sunkumais:

1) Temperatūros skirtumas mieste ir užmiestyje (2023-04-08 duomenimis) – rodiklis parodo, koks temperatūros skirtumas tam tikra nagrinėtą dieną fiksuotas miesto teritorijoje ir užmiestyje. Šio rodiklio esmė – parodyti, ar nagrinėjamas miestas susiduria su karščio salelių problema. Rodiklis vertinamas laipsniais pagal Celsijų vertinant maksimalią nagrintos dienos temperatūrą;
2) Temperatūros pokytis 2020-2021 metais – rodiklis parodo bendrą klimato kaitos daromą įtaką miesto teritorijai ir kiek temperatūra pakilo per vienus metus. Rodiklis vertinamas laipsniais pagal Celsijų;
3) Kritulių kiekio pokytis 2020-2021 metais – dėl klimato kaitos vis dažniau pasitaiko reiškinių, kai vieni miestai susiduria su kritulių padidėjimu, o kiti su sumažėjimu, todėl šis rodiklis parodo, kaip pasikeitė kritulių kiekis per metus. Rodiklis vertinamas procentais;
4) Maksimalus kietųjų dalelių PM 2,5 kiekis ore (2023-04-08 duomenimis) – rodiklis įvertina miesto oro kokybę, kuri tiesiogiai susijusi su gyventojų savijauta ir sveikata;
5) Šiltnamio efektą sukeliančių dujų tarša (CO2) – tai rodiklis, skirtas įvertinti miesto daromą žalą gamtai. Tai vienas svarbiausių rodiklių, minimas moksliniuose šaltiniuose. Mažinant ŠESD taršą galima suvaldyti, arba net sumažinti klimato kaitos poveikį pasauliui. Rodiklis vertinamas tonomis vienam miesto gyventojui;
6) Sunaudotos energijos kiekis – tai rodiklis, parodantis, kiek energijos reikalinga vienam nagrinėjamo miesto gyventojui, siekiant komfortiškai jaustis. Rodiklis vertinamas MWh vienam žmogui;
7) Transporto išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis – be vykdomos gamybos ir pramonės mieste, svarbu įvertinti ir transporto sukeliamą taršą. Rodiklis vertinamas mln. t. vienam gyventojui;
8) Išlaidos aplinkosaugai – rodiklis, parodantis, kaip stipriai nagrinėjamas miestas pasiryžęs kovoti su klimato kaita ir kiek pasiryžęs investuoti į miesto gyventojų gyvenimo kokybės gerinimą. Rodiklis vertinamas eurais vienam gyventojui;
9) Želdynų plotas – įvertina, kiek žalių zonų yra mieste. Kokybiškam gyvenimui, žalios zonos yra privalomos. Jos ne tik vertinamos, kaip poilsio erdvės, bet ir kaip tam tikras, net ir trumpas, pabėgimas iš miesto arčiau gamtos. Rodiklis vertinamas procentais;
10) Elektrifikuotų viešųjų miesto autobusų kiekis – įvertina, kiek netaršaus transporto juda miesto gatvėmis. Rodiklis vertinamas vienetais 10 tūkst. gyventojų.

Pasirinkti 5 Europos miestai priklauso iniciatyvai „Iki 2030 m. – pažangieji neutralaus poveikio klimatui miestai“. Dėl dažnos konkurencijos tarp Baltijos šalių ir Lenkijos, miestai pasirinkti iš iniciatyvoje dalyvaujančių Estijos, Latvijos, Lietuvos ir Lenkijos miestų. Tarp 362 panorusių

iniciatyvoje dalyvauti miestų – 2 Estijos miestai, 5 Latvijos miestai, 9 Lietuvos miestai ir 10 Lenkijos miestų.

Pasirinktas Estijos miestas Tartu – tai universitetinis, antrasis pagal dydį miestas šalyje. Pasirinktas Latvijos miestas Jūrmala – kurortinis, antras pagal dydį miestas šalyje. Pasirinkti Lietuvos miestai Vilnius ir Klaipėda – Vilnius pasirinktas, kaip didžiausias Lietuvos miestas, kuriame gausu pramonės, gyventojų, automobilių, o Klaipėda – kaip uostas, todėl nemažai skiriasi nuo sostinės. Pasirinktas Lenkijos miestas Krokuva – laikoma svarbiausių Lenkijos mokslo, kultūros ir meno centru ir yra antrasis pagal dydį miestas šalyje.

2.4. Respondentų vertinimas

Nustačius aiškius rodiklius, buvo apklausti 13 respondentų, turinčių mokslinį išsilavinimą ir dirbančių statybų srityje, siekiant įvertinti nustatytų rodiklių svarbą. Apklausti respondentai, darbovietė, pareigos ir darbo stažas nurodyti lentelėje žemiau.

2.3 Lentelė. Respondentų demografiniai duomenys

Respondentai	**Darbovietė**	**Pareigos**	**Darbo stažas**
Respondentas Nr. 1	Vilniaus Gedimino technikos universitetas	Docentas	Virš 20 m.
Respondentas Nr. 2	Vilniaus Gedimino technikos universitetas	Docentas	Virš 20 m.
Respondentas Nr. 3	Vilniaus Gedimino technikos universitetas	Docentas	Virš 20 m.
Respondentas Nr. 4	Vilniaus Gedimino technikos universitetas	Docentas	Virš 20 m.
Respondentas Nr. 5	UAB „Binkauskas ir Stašinskas“	Projektų vadovas	1 – 5 m.
Respondentas Nr. 6	UAB „Binkauskas ir Stašinskas“	Statybos direktorius	15 – 20 m.
Respondentas Nr. 7	UAB „Binkauskas ir Stašinskas“	Projektų vadovas	15 – 20 m.
Respondentas Nr. 8	UAB „Binkauskas ir Stašinskas“	Projektų administratorius	5 – 10 m.
Respondentas Nr. 9	UAB „Baltijos pašvaistė“	Projektų vadovas	Virš 20 m.
Respondentas Nr. 10	UAB „Baltijos pašvaistė“	Projektų-darbų vadovo asistentas	1 – 5 m.
Respondentas Nr. 11	UAB „Baltijos pašvaistė“	Projektų vadovas	5 – 10 m.
Respondentas Nr. 12	UAB „Baltijos pašvaistė“	Projektų vadovas	10 – 15 m.
Respondentas Nr. 13	UAB „Staticus“	Inžinierius	1 – 5 m.

Rodiklių reikšmingumų nustatymas

Apklausti respondentai įvertino pasirinktus rodiklius balais svarbos tvarka nuo 1 (visiškai nesvarbu) iki 10 (labai svarbu). Lentelėje žemiau pateikti respondentų vertinimai.

2.4 Lentelė. Respondentų vertinimai

Eil. Nr.	Rodiklis	Mato Vnt.	Respondentai													Suma
			Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6	Nr. 7	Nr. 8	Nr. 9	Nr. 10	Nr. 11	Nr. 12	Nr. 13	
1	Temperatūros skirtumas mieste ir užmiestyje	˚C	4	6	4	4	5	2	3	3	5	3	3	3	4	49
2	Temperatūros pokytis 2020 – 2021 metais	˚C	1	2	2	3	1	3	2	2	2	2	4	2	3	29
3	Kritulių kiekio pokytis 2020 – 2021 metais	%	2	1	1	1	2	4	1	1	3	1	2	1	1	21
4	Maksimalus kietūjų dalelių PM2,5 kiekis ore	µg/m³	6	9	7	7	6	5	10	7	7	7	7	6	6	90
5	ŠESD kiekis	t./1 gyv.	9	10	9	8	7	10	9	9	9	10	8	10	7	115
6	Sunaudotos energijos kiekis	Mwh/1 gyv.	3	4	6	6	3	6	4	10	8	6	10	5	9	80
7	Transporto išmetamųjų ŠESD kiekis	mln. t./1 gyv.	10	8	10	10	10	8	5	8	10	9	9	8	10	115
8	Išlaidos aplinkosaugai	Eur./1 gyv.	8	3	8	9	4	7	7	5	6	8	5	9	8	87
9	Želdynų plotas	%	7	5	5	5	9	9	6	6	4	5	6	7	5	79
10	Elektrifikuotų viešųjų miesto autobusų skaičius	vnt./10 tūkst. gyv.	5	7	3	2	8	1	8	4	1	4	1	4	2	50

Pagal kiekvieno rodiklio vertinimą, nustatytas rodiklių reikšmingumas

2.5 Lentelė. Rodiklių reikšmingumo nustatymas

Eil. Nr.	Rodiklis	Reikšmingumas
1	Temperatūros skirtumas mieste ir užmiestyje	0.0685
2	Temperatūros pokytis 2020 – 2021 metais	0.0406
3	Kritulių kiekio pokytis 2020 – 2021 metais	0.0294
4	Maksimalus kietūjų dalelių PM2,5 kiekis ore	0.1259
5	ŠESD kiekis	0.1608
6	Sunaudotos energijos kiekis	0.1119
7	Transporto išmetamųjų ŠESD kiekis	0.1608
8	Išlaidos aplinkosaugai	0.1217
9	Želdynų plotas	0.1105
10	Elektrifikuotų viešųjų miesto autobusų skaičius	0.0699

Apklausos rezultatai yra patikimi tada, kai apklaustųjų respondentų nuomonės – suderintos. Tai patikrinama įvertinus konkordacijos koeficientą. Kuo artimesnė koeficiento reikšmė vienetui, tuo nuomonės yra labiau suderintos. Rodiklis apskaičiuojamas pagal formulę

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

Kur S – kiekvieno rodiklio įvertinimo rezultatų nukrypimo kvadratų suma;

r – ekspertų skaičius;

n – vertinamų rodiklių skaičius.

Gaunama konkordacijos koeficiento reikšmė: $W = 0{,}8266$. Kadangi reikšmė arti vieneto, respondentų nuomonės yra neprieštaringos. Toliau skaičuojamas konkordacijos koeficiento reikšmingumas pagal formulę:

$$\chi^2_{\alpha,\nu} = \frac{12S}{rn(n+1)-\frac{1}{n-1}\sum_{k=1}^{r} T_k}, \quad (2)$$

Kur T_k – k ranžiruotėje susijusių rangų rodiklis.

Apskaičiavus kriterijų svorius ekspertinio įverčio metodu, gaunama, kad:

$$\chi^2_{\alpha,\nu} = 82{,}41 > \chi^2_{tbl} = 21{,}67.$$

Tai reiškia, kad norminis konkordacijos koeficiento reikšmingumas, kai laisvės laipsnių skaičius lygus 9, o patikimumo lygmuo 0,01% yra mažesnis už apskaičiuotą konkordacijos koeficiento reikšmingumą. Todėl, pasikliaunant rezultatais galima teigti, kad respondentų nuomonė yra vieninga ir rodiklių reikšmingumai suskaičiuoti teisingai.

2.5. Rodiklių vertinimo metodai

Siekiant nustatyti, kuris iš pasirinktų miestų neutraliausiai reaguoja į klimato kaitą, atliktas tyrimas naudojant tris skirtingus metodus – COPRAS, TOPSIS ir WASPAS.

COPRAS – kompleksinio proporcinio vertinimo metodas, kuris yra naudojamas indekso reikšmių maksimizavimui ir minimizavimui įvertinti, o atributų indeksų maksimizavimo ir minimizavimo įtaka rezultatų vertinimui nagrinėjama atskirai (Kaklauskas, 1999). Metodas susideda iš 7 žingsnių:

1) Pradinės sprendinių priėmimo matricos sudarymo;

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & x_{n3} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (3)$$

2) Matricos normalizavimo;
3) Svorinės normalizuotos matricos sudarymo;

$$d_{ij} = \frac{x_{ij} \cdot q_i}{\Sigma_{j=1}^{m} x_{ij}}; \quad (4)$$

4) Minimizuojančių ir maksimizuojančių sumų skaičiavimo;

Maksimizuotiems rodikliams : $S_{+j} = \Sigma_{i=1}^{n} d_{+i}$; (5)

Minimizuotiems rodikliams : $S_{-j} = \Sigma_{i=1}^{n} d_{-ij}$; (6)

$$i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, m.$$

5) Lyginamųjų variantų snatykinio reikšmingumo nustatymo;

$$Q_j = S_{+j} + \frac{S_{-min} \cdot \Sigma_{j=1}^{m} S_{-j}}{S_{-j} \cdot \Sigma_{j=1}^{m} \frac{S_{-min}}{S_{-j}}}, j = 1, 2, 3, \dots, m. \quad (7)$$

6) Alternatyvų prioritetinės eilės sudarymo;

7) Variantų naudingumo laipsnio nustatymo.

$$N_j = \frac{Q_j}{Q_{max}} \cdot 100; \quad (8)$$

TOPSIS – tai metodas, kuriuo lyginamas alternatyvų rinkinys, normalizuojamos kiekvieno kriterijaus reikšmės ir apskaičiuojamas geometrinis atstumas tarp esamos ir idealios alternatyvos, kuri yra nustatoma pagal geriausią kiekvieno rodiklio reikšmę (Hwang, C.L.; Yoon, K., 1981). Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. New York: Springer-Verlag). Metodas susideda iš 9 žingsnių:

1) Pradinės sprendinių priėmimo matricos sudarymo;

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & x_{n3} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}. \quad (9)$$

2) Matricos normalizavimo;

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\Sigma_{j=1}^{m} \cdot x_{ij}^2}}. \quad (10)$$

3) Svorinės normalizuotos matricos sudarymo;

$$v_{ij} = q_i \cdot r_{ij}, i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, m. \quad (11)$$

4) Idealaus varianto nustatymo;

$$A^+ = \{(\max v_{ij} \,|i\epsilon I), (\min v_{ij} |i\epsilon I'), j = 1, 2, 3, \dots, m\} = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\}. \quad (12)$$

5) Neigiamai idealaus varianto nustatymo;

$$A^- = \{(\min v_{ij} \,|i\epsilon I), (\max v_{ij} |i\epsilon I'), j = 1, 2, 3, \dots, m\} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}.$$

6) Skirtumo tarp realaus ir idealaus variantų nustatymo;

$$S_j^+ = \sqrt{\Sigma_{i=1}^{n} \cdot (v_{ij} - v_i^+)^2} \quad , j = 1, 2, 3, \dots, m. \quad (13)$$

7) Skirtumo tarp realaus ir neigiamai idealaus variantų nustatymo;

$$S_j^- = \sqrt{\Sigma_{i=1}^{n} \cdot (v_{ij} - v_i^-)^2} \quad , j = 1, 2, 3, \dots, m. \quad (14)$$

8) Santykinio lyginamų variantų artumo idealiam nustatymo;

$$C_j^+ = \frac{S_j^-}{S_j^+ + S_j^-}; \tag{15}$$

$$1 \geq C_j^+ \geq 0, j = 1, 2, 3, \dots, m.$$

9) Alternatyvų prioritetinės eilės sudarymo.

WASPAS – metodas, susidedantis iš svorinės sumos ir svorinės sandaugos derinio. Nustačius santykinę kiekvieno kriterijaus svarbą įvertinamos alternatyvos ir nustatomas prioritetas (Zavadskas, Turskis, Antucheviciene, Zakarevicius, 2012). Metodas susideda iš 8 žingsnių:

1) Pradinės sprendinių priėmimo matricos sudarymo;

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & x_{n3} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \tag{16}$$

2) Matricos normalizavimo;

Maksimizuotiems rodikliams : $x_{ij} = \frac{x_{ij}}{max_i \cdot x_{ij}}$; (17)

Minimizuotiems rodikliams : $x_{ij} = \frac{min_i \cdot x_{ij}}{x_{ij}}$. (18)

3) Rodiklių santykinių reikšmingumų nustatymo;

4) Svorinės normalizuotos matricos sudarymo;

$$Q_i^{(1)} = \Sigma_{j=1}^n x_{ij} \cdot w_j; \tag{19}$$

$$Q_i^{(2)} = \Pi_{j=1}^n (x_{ij})^{w_j}; \tag{20}$$

5) Optimalumo kriterijų taikymo;

6) Agregavimo koeficiento nustatymo;

7) Svorinių agreguotų alternatyvų reikšmių nustatymo;

$$Q_i = 0{,}5Q_i^{(1)} + 0{,}5Q_i^{(2)}; \tag{21}$$

8) Alternatyvų prioritetų eilės sudarymo.

3. NEUTRALIAUSIO KLIMATUI MIESTO NUSTATYMAS

3.1. COPRAS metodo taikymas neutraliausio klimatui miesto nustatymui

Siekiant nustatyti, kuris iš pasirinktų miestų neutraliausiai reaguoja į klimato kaitą, atliktas tyrimas trimis skirtingais metodais – COPRAS, TOPSIS ir WASPAS.

Naudojant COPRAS metodą, pirmuoji žingsniu sudaroma matrica (lentelė), kurioje stulpeliai žymi nagrinėjamus miestus, eilutės – rodiklius, pagal kuriuos bus vertinamos alternatyvos. Reikšmingumo rezultatai iš 3.1 lentelės

3.1 Lentelė. Pradinės sprendimų priėmimo matricos sudarymas

Eil Nr.	Kriterijus	Mato vnt.	Min/ Max	q_i	Miestai ir reikšmės					Suma
					Jūrmala	Klaipėda	Vilnius	Krokuva	Tartu	
1	Temperatūrų skirtumas mieste ir užmiestyje	laipsniai pagal Celsijų	min	0.0685	3	3	1	2	0.1	9.1
2	Temperatūros pokytis per 2020 ir 2021 metus	laipsniai pagal Celsijų	min	0.0406	1.8	1.6	2	0.2	1.2	6.8
3	Kritulių kiekio pokytis per 2020 ir 2021 metus	%	min	0.0294	6.34	7.32	34.59	15.38	3.07	66.7
4	Maksimalus kietųjų dalelių PM 2,5 kiekis ore	µg/m³	min	0.1259	42	80	61	110	20	313
5	Šltnamio efektą sukeliančių dujų taršą	tonomis vienam žmogui	min	0.1608	16.51	12.76	3.22	7.04	7.49	47.02
6	Sunaudotos energijos kiekis	Mwh vienam žmogui	min	0.1119	0.013	0.082	0.087	0.03	0.212	0.424
7	Transporto išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis	mln. t. vienam žmogui	min	0.1608	285.45	40.16	40.16	604.23	14.67	984.67
8	Išlaidos aplinkosaugai	Eur. vienam žmogui	max	0.1217	1.69	0.021	0.021	0.006	0.297	2.035
9	Želdynų plotas	%	max	0.1105	64	29.52	62	60	25	240.52
10	Elektrifikuotų viešųjų miesto autobusų kiekis	vnt. 10 tūkst. gyventojų	max	0.0699	1.22	0.13	0.09	0.79	0.63	2.86

Iš šių rodiklių gaunamos bedimensinės (normalizuotos) įvertinimų reikšmės. Šios matrico elementus dauginant iš kiekvieno rodiklio reikšmingumo gaunama svorinė normalizuota sprendinių matrica (lentelė Nr. 3.2), kurios elementai skaičiuojami pagal formulę 4.

3.2 Lentelė. Svorinė normalizuota matrica (COPRAS metodas)

Eil Nr.	Kriterijus	Mato vnt.	Min/ Max	Miestai ir reikšmės					Suma
				Jūrmala	Klaipėda	Vilnius	Krokuva	Tartu	
1	Temperatūrų skirtumas mieste ir užmiestyje	laipsniai pagal Celsijų	min	0.0226	0.0226	0.0075	0.0151	0.0008	0.0685
2	Temperatūros pokytis per 2020 ir 2021 metus	laipsniai pagal Celsijų	min	0.0107	0.0095	0.0119	0.0012	0.0072	0.0406
3	Kritulių kiekio pokytis per 2020 ir 2021 metus	%	min	0.0028	0.0032	0.0152	0.0068	0.0014	0.0294
4	Maksimalus kietųjų dalelių PM 2,5 kiekis ore	µg/m³	min	0.0169	0.0322	0.0245	0.0442	0.0080	0.1259
5	Šltnamio efektą sukeliančių dujų taršą	tonomis vienam žmogui	min	0.0565	0.0436	0.0110	0.0241	0.0256	0.1608
6	Sunaudotos energijos kiekis	Mwh vienam žmogui	min	0.0034	0.0216	0.0230	0.0079	0.0559	0.1119
7	Transporto išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis	mln. t. vienam žmogui	min	0.0466	0.0066	0.0066	0.0987	0.0024	0.1608
8	Išlaidos aplinkosaugai	Eur. vienam žmogui	max	0.1010	0.0013	0.0013	0.0004	0.0178	0.1217
9	Želdynų plotas	%	max	0.0294	0.0136	0.0285	0.0276	0.0115	0.1105
10	Elektrifikuotų viešųjų miesto autobusų kiekis	vnt. 10 tūkst. gyventojų	max	0.0298	0.0032	0.0022	0.0193	0.0154	0.0699

Naudojantis svorine normalizuota matrica apskaičiuojamos maksimizuojamų ir minimalizuojamų rodiklių sumos pagal formule 5 ir formule 6. Rezultatai pateikiami lentelėje Nr. 3.3

3.3 Lentelė. Maksimizuojančių ir minimizuojančių sumų skaičiavimas (COPRAS metodas)

	Miestai ir reikšmės					Suma
	Jūrmala	Klaipėda	Vilnius	Krokuva	Tartu	(S_+, S_-)
S_{+j}	0.1603	0.0180	0.0319	0.0472	0.0446	0.3021
S_{-j}	0.1595	0.1394	0.0998	0.1980	0.1013	0.6979

Kiekvieno miesto santykinis reikšmingumas nustatomas pagal formule 7, sudaroma prioritetų eiliškumas (lentelė Nr. 3.4).

3.4 Lentelė. Santykiniai reikšmingumas ir priotetiškumas (COPRAS metodas)

	Miestai ir reikšmės				
	Jūrmala	Klaipėda	Vilnius	Krokuva	Tartu
Q_j	0.2742	0.1319	0.1459	0.1612	0.1586
Prioritetiškumas	1	5	4	2	3

COPRAS metodu apskaičiuoti rezultatai rodo, kad prioritetinė eilutė išsidėsto taip:

Jūrmala ≻ Krokuva ≻Tartu ≻ Vilnius ≻ Kalipėda.

3.2. TOPSIS metodo naujimas neutraliausio klimatui miesto nustatymui

Pirmiasis TOPSIS metodo žingsnis sutampa su COPRAS metodu, todėl iškart pereikama prie 2 TOPSIS metodo žingsnio. Normalizuota sprendimų matrica apskaičiuojama pagal formulę 10 Sekančiu žingsniu nomalizuotos matricos reikšmės dauginamos iš reikšmingumų (formulė 11) ir taip gaunama svorinė normalizuota matrica (lentelė Nr. 3.5).

3.5 Lentelė. Svorinė normalizuota matrica (TOPSIS metodas)

Eil Nr.	Kriterijus	Mato vnt.	Min/ Max	Miestai ir reikšmės					Suma
				Jūrmala	Klaipėda	Vilnius	Krokuva	Tartu	
1	Temperatūrų skirtumas mieste ir užmiestyje	laipsniai pagal Celsijų	min	0.0226	0.0226	0.0075	0.0151	0.0008	0.0685
2	Temperatūros pokytis per 2020 ir 2021 metus	laipsniai pagal Celsijų	min	0.0107	0.0095	0.0119	0.0012	0.0072	0.0406
3	Kritulių kiekio pokytis per 2020 ir 2021 metus	%	min	0.0028	0.0032	0.0152	0.0068	0.0014	0.0294
4	Maksimalus kietųjų dalelių PM 2,5 kiekis ore	µg/m³	min	0.0169	0.0322	0.0245	0.0442	0.0080	0.1259
5	Šltnamio efektą sukeliančių dujų taršą	tonomis vienam žmogui	min	0.0565	0.0436	0.0110	0.0241	0.0256	0.1608
6	Sunaudotos energijos kiekis	Mwh vienam žmogui	min	0.0034	0.0216	0.0230	0.0079	0.0559	0.1119
7	Transporto išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis	mln. t. vienam žmogui	min	0.0466	0.0066	0.0066	0.0987	0.0024	0.1608
8	Išlaidos aplinkosaugai	Eur. vienam žmogui	max	0.1010	0.0013	0.0013	0.0004	0.0178	0.1217
9	Želdynų plotas	%	max	0.0294	0.0136	0.0285	0.0276	0.0115	0.1105
10	Elektrifikuotų viešųjų miesto autobusų kiekis	vnt. 10 tūkst. gyventojų	max	0.0298	0.0032	0.0022	0.0193	0.0154	0.0699

Pagal formulę 12 ir 13 nustatomas idealus ir neigiamai idealūs variantai. Rezultatai pateikiami lentelėje Nr. 3.6

3.6 Lentelė. Idealaus ir neigiamai idealaus varianto nustatymas (TOPSIS metodas)

Eil. Nr.	Kriterijus	Min/ Max	A^+	A^-
1	Temperatūrų skirtumas mieste ir užmiestyje	min	0.0110	0.3297
2	Temperatūros pokytis per 2020 ir 2021 metus	min	0.0294	0.2941
3	Kritulių kiekio pokytis per 2020 ir 2021 metus	min	0.0460	0.5186
4	Maksimalus kietųjų dalelių PM 2,5 kiekis ore	min	0.0639	0.3514
5	Šltnamio efektą sukeliančių dujų taršą	min	0.0685	0.3511
6	Sunaudotos energijos kiekis	min	0.0307	0.5000
7	Transporto išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis	min	0.0149	0.6136
8	Išlaidos aplinkosaugai	max	0.8305	0.0029
9	Želdynų plotas	max	0.2661	0.1039
10	Elektrifikuotų viešųjų miesto autobusų kiekis	max	0.4266	0.0315

Sekančiu žingsniu nustatomas skirtumas tarp realaus ir idealaus varianto bei skirtumas tarp realaus ir neigiamai idealaus varianto pagal formules 13 ir 14.

3.7 Lentelė. Skirtumas tarp realaus ir idealaus varianto bei skirtumas tarp realaus ir neigiamai idealaus varianto (TOPSIS metodas)

	Miestai ir reikšmės				
	Jūrmala	Klaipėda	Vilnius	Krokuva	Tartu
S_j^+	0.5655	1.0448	1.0864	1.1112	0.8875
S_j^-	1.1915	0.7803	0.7691	0.6863	0.9342

Toliau nustatomas santykinis lyginamų variantų artumas idealiam pagal formulę 15 ir sudaroma prioritetinė eilė.

3.8 Lentelė. Santykinis lyginamų variantų artumas idealiam (TOPSIS metodas)

	Miestai ir reikšmės				
	Jūrmala	Klaipėda	Vilnius	Krokuva	Tartu
C_{+j}	0.6782	0.4276	0.4145	0.3818	0.5128
Prioritetiškumas	1	3	4	5	2

TOPSIS metodu apskaičiuoti rezultatai rodo, kad prioritetinė eilutė išsidėsto taip:

Jūrmala ≻ Tartu ≻ Klaipėda ≻ Vilnius ≻ Krokuva.

3.3. WASPAS metodo naujimas neutraliausio klimatui miesto nustatymui

Pirmiasis WASPAS metodo žingsnis sutampa su COPRAS ir TOPSIS metodais, todėl iškart pereikama prie 2 WASPAS metodo žingsnio.

Sudarant normalizuotą matricą naudojamasi formule 17 maksimizuotiems rodikliams ir formule 18 minimizuojamiems rodikliams.

3.9 Lentelė. Normalizuota matrica (WASPAS metodas)

Eil. Nr.	Kriterijus	Mato vnt.	Min/ Max	Miestai ir reikšmės				
				Jūrmala	Klaipėda	Vilnius	Krokuva	Tartu
1	Temperatūrų skirtumas mieste ir užmiestyje	laipsniai pagal Celsijų	min	0.0333	0.0333	0.1000	0.0500	1.0000
2	Temperatūros pokytis per 2020 ir 2021 metus	laipsniai pagal Celsijų	min	0.1111	0.1250	0.1000	1.0000	0.1667
3	Kritulių kiekio pokytis per 2020 ir 2021 metus	%	min	0.4842	0.4194	0.0888	0.1996	1.0000
4	Maksimalus kietųjų dalelių PM 2,5 kiekis ore	µg/m³	min	0.4762	0.2500	0.3279	0.1818	1.0000
5	Šltnamio efektą sukeliančių dujų taršą	tonomis vienam žmogui	min	0.1950	0.2524	1.0000	0.4574	0.4299
6	Sunaudotos energijos kiekis	Mwh vienam žmogui	min	1.0000	0.1585	0.1494	0.4333	0.0613
7	Transporto išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis	mln. t. vienam žmogui	min	0.0514	0.3653	0.3653	0.0243	1.0000
8	Išlaidos aplinkosaugai	Eur. vienam žmogui	max	1.0000	0.0124	0.0124	0.0036	0.1757
9	Želdynų plotas	%	max	1.0000	0.4613	0.9688	0.9375	0.3906
10	Elektrifikuotų viešųjų miesto autobusų kiekis	vnt. 10 tūkst. gyventojų	max	1.0000	0.1066	0.0738	0.6475	0.5164

Sekančiu žingsniu sudaroma svorinė normalizuota matrica pagal forules 19 ir 20.

Eil. Nr.	Kriterijus	W_j	$Q_i^{(1)}$					$Q_i^{(2)}$				
			Jūrmala	Klaipėda	Vilnius	Krokuva	Tartu	Jūrmala	Klaipėda	Vilnius	Krokuva	Tartu
1	Temperatūrų skirtumas mieste ir užmiestyje	0.0685	0.0023	0.0023	0.0069	0.0034	0.0685	0.7921	0.7921	0.8540	0.8144	1.0000
2	Temperatūros pokytis per 2020 ir 2021 metus	0.0406	0.0045	0.0051	0.0041	0.0406	0.0068	0.9147	0.9191	0.9108	1.0000	0.9299
3	Kritulių kiekio pokytis per 2020 ir 2021 metus	0.0294	0.0142	0.0123	0.0026	0.0059	0.0294	0.9789	0.9748	0.9313	0.9538	1.0000
4	Maksimalus kietųjų dalelių PM 2,5 kiekis ore	0.1259	0.0599	0.0315	0.0413	0.0229	0.1259	0.9108	0.8399	0.8690	0.8069	1.0000
5	Šltnamio efektą sukeliančių dujų taršą	0.1608	0.0314	0.0406	0.1608	0.0736	0.0691	0.7688	0.8013	1.0000	0.8818	0.8730
6	Sunaudotos energijos kiekis	0.1119	0.1119	0.0177	0.0167	0.0485	0.0069	1.0000	0.8814	0.8779	0.9443	0.8259

7	Transporto išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis	0.1608	0.0083	0.0588	0.0588	0.0039	0.1608	0.6204	0.8505	0.8505	0.5499	1.0000
8	Išlaidos aplinkosaugai	0.1217	0.1217	0.0015	0.0015	0.0004	0.0214	1.0000	0.5863	0.5863	0.5034	0.8093
9	Želdynų plotas	0.1105	0.1105	0.0510	0.1070	0.1036	0.0432	1.0000	0.9181	0.9965	0.9929	0.9014
10	Elektrifikuotų viešųjų miesto autobusų kiekis	0.0699	0.0699	0.0075	0.0052	0.0453	0.0361	1.0000	0.8551	0.8334	0.9701	0.9548
		Σ	0.5346	0.2281	0.4048	0.3480	0.5680					
		Π						0.30814	0.16479	0.22886	0.13915	0.46701

Alternatyvų reikšmės nustatomos pagal fromulę 21. Sudaroma prioritetu eilė.

	Miestai ir reikšmės				
	Jūrmala	Klaipėda	Vilnius	Krokuva	Tartu
Q_i	0.4214	0.1965	0.3168	0.2436	0.5175
Prioritetiškumas	2	5	3	4	1

WASPAS metodu apskaičiuoti rezultatai rodo, kad prioritetinė eilutė išsidėsto taip:

Tartu ≻ Jūrmala ≻ Vilnius ≻ Krokuva ≻ Klaipėda.

3.4. Rezultatų palyginimas

Apskaičiavus penkių pasirinktų miestų neutralumą klimatui trimis skirtingais metodais rezultatai pateikiami lentelėje Nr. 3.10.

3.10 Lentelė. Penkių pasirinktų miestų neutralumas klimatui trimis skirtingais metodais

	Miestai ir rezultatai				
	Jūrmala	Klaipėda	Vilnius	Krokuva	Tartu
COPRAS	1	5	4	2	3
TOPSIS	1	3	4	5	2
WASPAS	2	5	3	4	1

Matoma, kad apskaičiuotos prioritetų eilučių reikšmės ne visada sutampa, todėl apskaičiavus bendrus rezultatus galima teigti, kad galutinė prioritetų eilutė išsidėsto taip:

Jūrmala ≻ Tartu ≻ Vilnius / Krokuva ≻ Klaipėda, kur Vilnius ir Krokuva dalinasi 3-4 vietas prioritetų eilutėje.

Toks sprendimo būdas, naudojant daugiau nei vieną metodą, parodo, kad norint įsitikinti rezultatų tikslumu neužtenka skaičiavimų atlikti tik vienu metodu.

IŠVADOS

1. Pateikus klimatui neutralių miestų teorinį pagrindimą, galima teigti, kad miestams klimato kaita atsiranda dėl natūralių ir antropogeninių oro teršalų, ypač šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD), emisijų, sukeliančių didelio masto poveikį klimatui. Klimato kaita miestuose turi didelį poveikį žmonių sveikatai bei jų gerovei. Prisitaikyti prie klimato kaitos padeda įvairūs technologiniai, gamtos bei socialiniai sprendimai. Klimato neutralizavimui labai svarbus gyventojų informavimas bei jų įtraukimas, partnerystė tarp viešojo bei privataus sektoriaus, klimato būklės vertinimas bei finansavimas. Nacionalinės vyriausybės turi suteikti savivaldybėms pakankamai galimybių, tokių kaip mokesčių rinkimo, pajamų generavimo ir reguliavimo įgaliojimai, kad jie aktyviai dalyvautų kuriant koordinuotą atsaką klimato kaitai.
2. Numačius metodus, kuriais vertinami neutralūs klimatui miestai, galima teigti, kad siekiant įvertinti klimato poveikį miestuose, reikia įvertinti miesto šilumos mažinimo strategijas, miestų oro būklę bei temperatūros kaitą, kaip klimato kaitos priemonės keičia klimato būklę, kaip klimato kaita veikia žmonių sveikatą bei miestų mikroklimatą, klimato sistemos reakciją į didėjančias šiltnamio efektą sukeliančių dujų koncentracijas pasauliniu ir žemyniniu mastu. Ekonometriniai metodai gali būti naudojami tiriant pagrindinius šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) emisijų lygius savivaldybėse. Miestų neutralumui vertinti itin naudingi daugikriteriai metodai (kaip pavyzdžiui, COPRAS, TOPSIS IR WASPAS metodai).
3. Numatytame klimatui neutralių miestų vertinimo modelyje remiantis atliktos literatūros analizės rezultatais ir teorinėmis įžvalgomis pasirinkti kriterijai ir atsižvelgiant į šiuos kriterijus pasirinkti 5 miestai (Vilnius, Klaipėda, Krokuva, Jūrmala ir Tartu) ir rodikliai, kuriais vertinami klimatui neutralūs miestai. Tada atliekamas rodiklių svarbos vertinimas apklausiant ekspertus, kurie išskyrė, kad klimatui neutralių miestų reikšmingiausi kriterijai yra ŠESD kiekis, transporto išmetamųjų ŠESD kiekis bei maksimalus kietųjų dalelių PM2,5 kiekis ore. Siekiant nustatyti, kuris iš pasirinktų miestų neutraliausiai reaguoja į klimato kaitą, atliktas tyrimas naudojant tris skirtingus metodus – COPRAS, TOPSIS ir WASPAS.
4. Pateikus kriterijus, kurie leidžia identifikuoti klimatui neutralius miestus, šiame darbe pasirinkti šie kriterijai: temperatūros skirtumas mieste ir užmiestyje, temperatūros pokytis, kritulių kiekio pokytis, maksimalus kietųjų dalelių PM 2,5 kiekis ore, šiltnamio efektą sukeliančių dujų tarša (CO2), sunaudotos energijos kiekis, transporto išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis, išlaidos aplinkosaugai, želdynų plotas, elektrifikuotų viešųjų miesto autobusų kiekis.
5. Įvertinus pasirinktus klimatui neutralius miestus, taikant COPRAS, TOPSIS IR WASPAS metodus nustatyta, kad klimatu neutraliausi miestai pagal eiliškumą yra Jūrmala ≻ Tartu ≻

Vilnius / Krokuva ≻ Klaipėda, kur Vilnius ir Krokuva dalinasi 3-4 vietas prioritetų eilutėje. Tai rodo, kad Jūrmala ir Tartu yra labiausiai klimatu neutralūs miestai.

STATYBOS FAKULTETAS

STATYBOS VALDYMO IR NEKILNOJAMOJO TURTO KATEDROS

POSĖDŽIO PROTOKOLAS

2023-04-13 Nr. 17.7-27
Vilnius

Posėdis įvyko 2023-04-13, 10.00 val.

Posėdžio pirmininkė – doc. dr. Natalija Lepkova

Posėdžio sekretorė – Aldona Liubertienė

Dalyvavo: prof. habil.dr. A. Kaklauskas, prof. dr. J. Antuchevičienė, prof. dr. V.Kutut, doc. dr. N. Lepkova, doc. dr. T.Vilutienė, doc. dr. L.Tupėnaitė, LNTPA prezidentas M. Statulevičius, pranešėjai: doktorantai, magistrantai.

DARBOTVARKĖ:

Statybos valdymo ir nekilnojamojo turto katedroje vyko 26-ioji Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencija "MOKSLAS – LIETUVOS ATEITIS" STATYBA, sekcija Statybos valdymas ir nekilnojamasis turtas. Konferencija skirta doktorantams, dirbantiems statybos srityje ir magistrantams, aktyviai dalyvaujantiems mokslinėje veikloje.

Konferencija vyko nuotoliniu būdu, naudojnt ZOOM aplinką. Konferencijos moderatorė doc. dr. Natalija Lepkova.

Konferencijoje dalyvavo: 3 Statybos valdymo ir nekilnojamojo turto katedros magistrantai, 5 Statybos valdymo ir nekilnojamojo turto katedros doktorantai, 6 katedros dėstytojai.

Lietuvos nekilnojamojo turto plėtros asociacijos prezidentas (LNTPA) Mindaugas Statulevičius pasveikino konferencijos dalyvius ir paragino studentus aktyviai dalyvauti konferencijoje, rengti straipsnius ir juos publikuoti.

KONFERENCIJOS PROGRAMA

1. Ieva Cataldo. „Tiekimo grandinės valdymo statybos įmonėse tvarumo matavimo indeksas". Vadovas A.Banaitis
2. Domantas Ališauskas. „Racionalios statybos technologijos tankiai užstatytoje miesto teritorijoje daugiakriterinis vertinimas". Vadovas V.Kutut.
3. Audrius Šešplaukis. „Automatizuotas gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto vertinimas – hedoninė ir emocinė vertė". Vadovas A. Banaitis.
4. Arvydas Vilkonis. „Statybos rangos sutarčių kainos perskaičiavimo modelis". Vadovė J. Antuchevičienė

5. Lina Leimontaitė. „Virtuali 3D turo pagalba nekilnojamojo turto valdyme“. Vadovė J.Naimavičienė.
6. Živilė Čiučiurkaitė. „Klimatui neutralūs miestai.“. Vadovė T. Vilutienė
7. Kęstutis Daukšys. „Būsto sektoriaus sunaudojamos energijos efektyvumo didinimas pagrįstas belaidžiais išmaniaisiais lizdais ir IoT technologija“. Vadovas A. Kaklauskas
8. Daivaras Dadurka. „LEED sertifikavimo sistemos pritaikymo būstui Lietuvoje tyrimas“. Vadovė L.Tupėnaitė.
9. Anastasiia Velykorusova. „Intelligent decision support system for the sustainable renovation of a built environment“. Vadovas A. Kaklauskas

Posėdžio pirmininkė Natalija Lepkova

SUDERINTA:
Katedros vedėjas Artūras Kaklauskas

LITERATŪROS SARAŠAS

1. Alexander, L., Allison, I., Bird, M. (2022). How do we expect climate to evolve in the future? https://www.science.org.au/learning/general-audience/science-climate-change/4-how-do-we-expect-climate-change-to-evolve
2. Auffhammer, M., & Mansur, E. T. (2014). Measuring climatic impacts on energy consumption: Areview of the empirical literature. *Energy Economics, 46,* 522-530. doi:https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.04.017
3. Averchenkova, A., & Bassi, S. (2016). Beyond the targets: assessing the political credibility of pledges for the Paris Agreement (No. Policy Brief). London, UK: Centre for Climate Change Economics and Policy and Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment.
4. Bai, X. (2018). Advance the ecosystem approach in cities. *Nature 559: 7–8.*
5. Busby, J., Smith, T.G., Krishnan, N., Wight, C., Vallejo-Gutierrez. (2018). In harm's way: Climate security790 vulnerability in Asia. *World Devevlopment, 112, 88-118.*
6. Bi, EG., Gachon, P., Vrac, M., Monette, F. (2017). Which downscaled rainfall data for climatenchange impact studies in urban areas? Review of current approaches and trends. *Theor Appl Climatol 127:685–99.*
7. Bongaarts, J. (2016). Development: slow down population growthNature, 530, pp. 409-412
8. Boehnke, R.F., Hoppe, T., Brezet, H., Blok, K. (2019). Good practices in local climate mitigation action by small and medium-sized cities; exploring meaning, implementation and linkage to actual lowering of carbon emissions in thirteen municipalities in The Netherlands. *J. Cleaner Prod. 207, 630–644.*
9. Boeri, A., Longo, D., Palma, M. (2021). Climate-neutral and smart cities: a european policies' overview. https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/SC21/SC21001FU1.pdf
10. Burley, H., Beaumont, LJ., Ossola, A. (2019). Substantial declines in urban tree habitat predicted under climate change. *Sci Total Environ 685: 451–62.*
11. Chan, E.Y.Y., Ho, J.Y., Hung, H., Liu, S., Lam. H.C.Y. (2019). *Health impact of climate change in cities of middle-income countries: the case of China*. https://academic.oup.com/bmb/article/130/1/5/5481237?login=false
12. Climate Action Tracker. (2021). https://climateactiontracker.org/(acce
13. Climate Change Primer. (2022). https://warmheartworldwide.org/climate-change/?gclid=CjwKCAiA3L6PBhBvEiwAINlJ9EoFNbH_MDUiPJeNVsc4gSyW6dQ0RdiqeDxHADZUy3E7evw7BksAIRoC9QIQAvD_BwE
14. C40. (2021). C40 cities. https://www.c40.org/.

15. Carbon Neutral Cities Alliance (CNCA), (2021). Carbon neutral cities alliance. https://carbonneutralcities.org/
16. Covenant of Mayors, (2021). https://www.covenantofmayors.eu/(acces
17. Davis, L. W., & Gertler, P. J. (2015). Contribution of air conditioning adoption to future energy use under global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 112(19), 5962-5967*. doi:https://doi.org/10.1073/pnas.1423558112
18. De Jong, M., Joss, S., Schraven, D., Zhan, C., Weijnen, M. (2015). Sustainable-smart-resilient-low carbon-eco-knowledge cities; Making sense of a multitude of concepts promoting sustainable urbanization. *J. Clean. Prod. 109, 25–38.* https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.004
19. DePaul, M. (2012). Climate change, migration, and megacities: addressing the dual stresses of mass urbanization and climate vulnerability. *Paterson Rev Int Aff 12:145–62.*
20. Dupuis, J., & Biesbroek, R. (2013). Comparing apples and oranges: The dependent variable problem in comparing and evaluating climate change adaptation policies. Global Environmental Change, 23, 1476–1487. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.07.022.
21. Dogan, E., Seker, F. (2016). Determinants of CO2 emissions in the European Union: The role of renewable and non-renewable energy. *Renew. Energy 94, 429–439.*
22. Dong, K., Dong, X., Dong, C. (2019). Determinants of the global and regional CO2 emissions: What causes what and where? *Appl. Econ. 51, 5031–5044.*
23. Dodman, D., Leck, H., Rusca, M., Colenbrande, S. (2017). African urbanisation and urbanism: implications for risk accumulation and reduction. *Int J Disaster Risk Reduct 26: 7–15*
24. Du, Z., Lawrence, W. R., Zhang, W., Zhang, D., Yu, S., and Hao, Y. (2019). *Interactions between climate factors and air pollution on daily HFMD cases: a time series study in Guangdong, China. Sci. Total Environ.* 656, 1358–1364. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.391
25. IPCC. *Global warming of 1.5 °C. (2018). An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* (eds. Masson-Delmotte, V. et al.) www.ipcc.ch/sr15/
26. ICLEI. (2021). Iclei - local governments for sustainability. https://www.iclei.org/
27. ICLEI. COP25 press release – LGMA calls for a "multilevel action COP26" with roadmap to glasgow. (2019). *Cities & Regions Pavilion – LGMA* https://www.cities-and-regions.org/press-release-lgma-calls-for-multilevel-action-cop26/
28. Yao, L. (2017). Causative impact of air pollution on evapotranspiration in the North China Plain. *Environ. Res.* 158, 436–442. doi: 10.1016/j.envres.2017.07.007

29. Ye, B., Jiang, J., Liu, J., Zheng, Y., Zhou, N. (2021). Research on quantitative assessment of climate change risk at an urban scale: Review of recent progress and outlook of future direction. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032120307024#bib34
30. Young, PJ., Archibald, AT., Bowman, KW., Lamarque, JF., Naik, V., Stevenson, DS. (2013). Pre–industrial to end 21st century projections of tropospheric ozone from the atmospheric chemistry and climate model intercomparison project (ACCMIP). Atmos Chem Phys 2013;13:2063–90
31. Kaklauskas, A. (1999). Pastato gyvavimo proceso daugiakriterinių sprendimų sistema
32. EPA (2020). *Greenhouse Gas Emissions, Overview of Greenhouse Gases*. https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases
33. European Commission, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Stepping up Europe's 2030 Climate Ambition. Investing in Climate-Neutral Future for the Benefit of our People, Brussels, (2020). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0562
34. European Commission, Communication from the European Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Forging a Climate-resilient Europe – the new EU Strategy on Adaptation to Climate Change, Brussels. (2021). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2021%3A82%3AFIN
35. European Commission, Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee of the Regions and the European Investment Bank. (2018). A Clean Planet for all – a European Strategic Long-Term Vision for a Prosperous, Modern, Clean, Competitive and Climate Neutral Economy (COM (2018) 773 Final). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52018DC0773
36. European Commission, European Climate Law. (2021). https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action/law_en
37. European Commission, What are the EU Missions? (2021). https://ec.europa.eu/info/horizon-europe/missions-horizon-europe_en
38. European Parliament, Special Eurobarometer 490, Climate Change, (2019).
39. European Parliament, European Parliament Resolution of 16 Nov. 2017 on the EU Environmental Implementation Review (2018/C 356/14). (2018).

40. European Commission, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, European Climate Pact: Brussels. (2020)
41. Eskander, S.M.S.U., Fankhauser, S. (2020). Reduction in greenhouse gas emissions from national climate legislation. Nat. Clim. Change 10, 750–756
42. Filho, L., Balogun, A.L., Olawale, O. (2019) Assessing the impacts of climate change in cities and their adaptive capacity: Towards transformative approaches to climate change adaptation and poverty reduction in urban areas in a set of developing countries. *Science of the Total Environment, 692. pp. 1175-1190.*
43. Fu, Y., Zhang, X. (2017). Trajectory of urban sustainability concepts: a 35-year bibliometric analysis
44. Foster, S. (2019). New York City panel on climate change 2019 report chapter 6: community-based assessments of adaptation and equity. *Ann. N.Y. Acad. Sci. 1439, 126–173*
45. Francis, LFM., Jensen, MB. (2017). Benefits of green roofs: a systematic review of the evidence for three ecosystem services. *Urban For Urban Green. 28: 167–76*
46. Ford, J. D., & King, D. (2015). A framework for examining adaptation readiness. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 20, 505–526. https://doi.org/10.1007/s11027-013-9505-8
47. Fontaras, G., Zacharof, N-G., Ciuffo, B. (2017). Fuel consumption and CO2 emissions from passenger cars in Europe–Laboratory versus real-world emissions. Pror Energy Combust Sci 60: 97–131
48. Güneralp, B., Güneralp, I., Liu, Y. (2015). Changing global patterns of urban exposure to flood and drought hazardsGlob Environ Change, 31.
49. Guneralp, B., Guneralp, I., Liu, Y. (2015). *Changing global patterns of urban exposure to flood and drought hazards.* Glob Environ Change. 31: 217–25.
50. Gopfert, C., Wamsler, C. & Lang, W. (2019). Institutionalizing climate change mitigation and adaptation through city advisory committees: lessons learned and policy futures. *City Environ. Interact.* **1**, 100004.
51. Hobbie, SE., Grimm, NB. (2020). Nature-based approaches to managing climate change impacts in cities. Phil Trans R Soc B. 375: 20190124
52. Hoppe, T., Van der Vegt, A. and Stegmaier, P. (2016). Presenting a Framework to Analyze Local Climate Policy and Action in Small and Medium-Sized Cities. Sustainability 8, 847. https://doi.org/10.3390/su8090847

53. Heikkinen, M., Yl¨a-Anttila, T., Juhola, S. (2019). Incremental, reformistic or transformational: what kind of change do C40 cities advocate to deal with climate change? J. Environ. Plann. Policy Manage. 21, 90–103.
54. Hewitson, BC., Daron, J., Crane, RG., Zermoglio, MF., Jack, C. (2014). Interrogating empirical–statistical downscaling. Climatic Change 122:539–54
55. Huovila, A., Siikavirta, H., Rozado, C.A., Rokman, J., Tuominem, P. (2022). Carbon-neutral cities: Critical review of theory and practice. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622005509
56. Huang, K., Li, X., Liu, X., Seto, KC. (2019). *Projecting global urban land expansion and heat island intensification through 2050.* Environ Res Lett 14: 114037.
57. Huang, C., Barnett, AG., Wang, X., Vaneckova, P., Fitzgerald, G., Tong, S. (2011). Projecting future heat-related mortality under climate change scenarios: a systematic review. Environ Health Perspect 119:1681–90.
58. Heal, M. R., Kumar, P., and Harrison, R. M. (2012). Particles, air quality, policy and health. *Chem. Soc. Rev.* 41, 6606–6630. doi: 10.1039/c2cs35076a
59. Hwang, C.L.; Yoon, K. (1981). Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. New York: Springer-Verlag
60. Jones, B., O'Neill, B., McDaniel, L., McGinnis, S., Mearns, LO., Tebaldi, C. (2015). Future population exposure to US heat extremes. Nat Clim Change 5:652–6.
61. Karhinen, S., Peltomaa, J., Riekkinen, V., Saikku, L. (2021). Impact of a climate network: The role of intermediaries in local level climate action. https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0959378021000042?token=076956CD122991CB3EF5B9C720B935D475C28CFC8DE1B3347748657AAC7793C92651AB87CF868B31314A64F36B776180&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220609192356
62. Kramer, HA., Mockrin, MH., Alexandre, PM., Radeloff, VC. (2019). *High wildfire damage in interface communities in California.* Int J Wildland Fire. 28: 641–50
63. Kim, D.W., Deo, R.C., Chung, J.H., Lee, J.S. (2016). Projection of heat wave mortality related to climate change in Korea. Nat Hazards ;80:623–37.
64. Kivimaa, P., Hyysalo, S., Boon, W., Klerkx, L., Martiskainen, M., Schot, J. (2019). Passing the baton: How intermediaries advance sustainability transitions in different phases. Environ. Innovat. Soc. Trans. 31, 110–125
65. Ku, CA. (2016). Incorporating spatial regression model into cellular automata for simulating land use change. Appl Geogr 69:1–9.

66. Kumar, P., and Imam, B. (2013). Footprints of air pollution and changing environment on the sustainability of built infrastructure. *Sci. Total Environ.* 444, 85–101. doi: 10.1016/j.scitotenv.2012.11.056
67. Kumar, P., Geneletti, D. (2015). How are climate change concerns addressed by spatial plans? An evaluation framework, and an application to Indian cities. Land Use Pol 2:210–26.
68. Kumar, P., Adelodun, A. A., Khan, M. F., Krisnawati, H., and Garcia-Menendez, F. (2020). *Towards an improved understanding of greenhouse gas emissions and fluxes in tropical peatlands of Southeast Asia. Sustain Cities Soc.* 53:101881. doi: 10.1016/j.scs.2019.101881
69. Kumar, P. (2021). *Climate Change and Cities: Challenges Ahead.* https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frsc.2021.645613/full
70. Kusaka, H., Suzuki-Parker, A., Aoyagi, T., Adachi, SA., Yamagata, Y. (2016). Assessment of RCM and urban scenarios uncertainties in the climate projections for August in the 2050s in Tokyo. Climatic Change 137:1–12.
71. Koop, SH., van Leeuwen, CJ. (2017). The challenges of water, waste and climate change in cities. Environ Dev Sustain. 19: 385–418
72. Lombardi, P., Sonetti, G. (2017). Transition towards a post carbon city - does resilience matter? In: Brandon, P., Lombardi, P., Shen, G. (Eds.), Future Challenges in Evaluating and Managing Sustainable Development in the Built Environment. John Wiley & Sons, Ltd, pp. 55–68.
73. Lin, B., Ossola, A., Alberti, M., Andersson, E., Bai, X., Dobbs, C., Elmqvist, T., Evans, K. (2021). Integrating solutions to adapt cities for climate change. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542519621001352
74. Lin, BB., Egerer, MH., Ossola, A. (2018). Urban gardens as a space to engender biophilia: evidence and ways forward. Front Built Environ; 4: 79
75. Lemonsu, A., Kounkou-Arnaud, R., Desplat, J., Salagnac, JL., Masson, V. (2013). Evolution of the Parisian urban climate under a global changing climate. Climatic Change 2013;116:679–92
76. Li, H., Harvey, JT., Holland, T., Kayhanian, M. (2013). The use of reflective and permeable pavements as a potential practice for heat island mitigation and stormwater management. Environ Res Lett 8: 015023
77. Li, D., Bou-Zeid, E. (2013). Synergistic interaction between urban heat islands and heat waves: the impact in cities is larger than the sum of its parts. J Appl Meteorol Climatol 52:2051–64
78. Li, T.T., Ban, J., Horton, R.M., Bader, D.A., Huang, G.L., Sun, Q.H., (2015). Heat-related mortality projections for cardiovascular and respiratory disease under the changing climate in Beijing, China. Sci Re;5:11441.
79. Li, RQ., Dong, L., Zhang, J., Wang, XR., Wang, WX., Di, ZR (2017). Simple spatial scaling rules behind complex cities. Nat Commun 8:1841

80. Li, Y., Pizer, W. A., & Wu, L. (2019). Climate change and residential electricity consumption in the Yangtze River Delta, China. Proceedings of the National Academy of Sciences, 116(2), 472-477. doi: https://doi.org/10.1073/pnas.1804667115
81. Lin, JY., Hu, YC., Zhao, XF., Shi, LY., Kang, JF. (2017). Developing a city-centric global multiregional input–output model (CCG–MRIO) to evaluate urban carbon footprints. Energy Pol 2017;108:460–6.
82. Lutz, W., & Muttarak, R. (2017). Forecasting societies' adaptive capacities through a demographic metabolism model. Nature Climate Change, 7(3), 177.
83. Ma, Q., Qi, Y., Shan, Q., Liu, S., and He, H. (2020). Understanding the knowledge gaps between air pollution controls and health impacts including pathogen epidemic. *Environ. Res.* 189:109949. doi: 10.1016/j.envres.2020.109949
84. Madaniyazi, L., Guo, YM., Yu, WW., Tong, SL. (2015). Projecting future air pollution-related mortality under a changing climate: progress, uncertainties and research needs. Environ Int 75:21–32.
85. Maione, M., Fowler, D., Monks, P. S., Reis, S., Rudich, Y., Williams, M. L., et al. (2016). Air quality and climate change: designing new win-win policies for Europe. *Environ. Sci. Policy* 65, 48–57. doi: 10.1016/j.envsci.2016.03.011
86. Masson, V. (2020). City-descriptive input data for urban climate models: Model requirements, data sources and challenges. *Urban Climate* **31, 100536.**
87. Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H-O. (2018). Global warming of 15°C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 15°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Geneva: World Meteorological Organization. 32.
88. Masselot, P., Chebana, F., Ouarda, T. B., Bélanger, D., St-Hilaire, A., and Gosselin, P. (2018). A new look at weather-related health impacts through functional regression. *Sci. Rep.* 8, 1–9. doi: 10.1038/s41598-018-33626-1
89. Matschoss, K. and Heiskanen, E. (2017). Making it experimental in several ways: The work of intermediaries in raising the ambition level in local climate initiatives. Journal of Cleaner Production 169, 85–93
90. McPhearson, T., Andersson, E., Elmqvist, T., Frantzeskaki, N. (2015). Resilience of and through urban ecosystem services. Ecosyst Serv. 12: 152–56
91. Mills, D., Schwartz, J., Lee, M., Sarofim, M., Jones, R., Lawson, M. (2015). Climate change

impacts on extreme temperature mortality in select metropolitan areas in the United States. Climatic Change. 131:83–95.

92. Mishra, V., Ganguly, AR., Nijssen, B., Lettenmaier, DP. (2015). *Changes in observed climate extremes in global urban areas.* Environ Res Lett 10: 024005.
93. Mishra, D., Goyal, P., Upadhyay, A. (2015). Artificial intelligence-based approach to forecast M2.5 during haze episodes: a case study of Delhi, India. Atmos Environ 102:239–48.
94. Mustafa, A., Cools, M., Saadi, I., Teller, J. (2017). Coupling agent-based, cellular automata and logistic regression into a hybrid urban expansion model (HUEM). Land Use Pol 2017;69:529–40.
95. National Oceanic and Atmospheric Administration. July 2019 was hottest month on record for the planet. (2019). https://www.noaa.gov/news/july-2019-was-hottest-month-on-record-for-planet
96. Nagorny-Koring, N.C. (2018). Leading the way with examples and ideas? Governing climate change in German municipalities through best practices. J. Environ. Plann. Policy Manage. 21, 46–60
97. Nature Research Highlights (2017). Deadly heat is on the rise. Nature;546:578.
98. Newton, A., Carruthers, TJ., Icely, J. (2012). *The coastal syndromes and hotspots on the coast. Estuar Coast Shelf Sci* 2012; 96: 39–47.
99. Nordhaus, W. D. (2017). Revisiting the social cost of carbon. Proceedings of the National Academy of Sciences, 114(7), 1518-1523. doi:https://doi.org/10.1073/pnas.1609244114
100. Olazabal, M., Gopegui, M.R. (2021). Adaptation planning in large cities is unlikely to be effective. https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0169204620314572?token=0B2F3DCBF74E638930E6217403296CCA9E0697A8A42CC4C9402A594287EEAB17C68D94D5862265B54DC3511553C7AA97&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220609160928
101. Olazabal, M., Galarraga, I., Ford, J., Sainz de Murieta, E., & Lesnikowski, A. (2019). Are local climate adaptation policies credible? A conceptual and operational assessment framework. International Journal of Urban Sustainable Development, 11, 277–296
102. Ossola, A., Lin, BB. (2021). Making nature-based solutions climate-ready for the 50°C world. Environ Sci Policy 123: 151–59.
103. Pasquini, L. (2020). The urban governance of climate change adaptation in least-developed African countries and in small cities: the engagement of local decision-makers in Dar es Salaam, Tanzania, and Karonga, Malawi. *Clim Dev 12: 408–19.*

104. Palermo, V., Bertoldi, P., Apostolou, M., Kona, A., Rivas, S. (2020). Assessment of climate change mitigation policies in 315 cities in the Covenant of Mayors initiative. Sustain. *Cities Soc. 60, 102258.*

105. Patz, J. A., Frumkin, H., Holloway, T., Vimont, D. J., and Haines, A. (2014). Climate change: challenges and opportunities for global health. *JAMA* 312, 1565–1580. doi: 10.1001/jama.2014.13186

106. Pauleit, S., Andersson, E., Anton, B. (2019). Urban green infrastructure—connecting people and nature for sustainable cities. Urban For Urban Green 40: 1–3

107. Paz, S., Semenza, J.C. (2016). El Nino and climate change—contributing factors in the dispersal of Zika virus in the Americas? *Lancet. 387:745.* ,

108. Prasad, N., Ranghieri, F., Shah, F., Trohanis, Z., Kessler, E., Sinha, R. (2009). *Climate Resilient Cities– A Primer on Reducing Vulnerabilities to Disasters.* https://books.google.lt/books?hl=lt&lr=&id=YzmyP90Ek5UC&oi=fnd&pg=PR5&dq=climate+resilient+cities&ots=bu7pQ9FPkH&sig=eGiagEo5gGvf5GXhGn0Z003KXAo&redir_esc=y#v=onepage&q=climate%20resilient%20cities&f=false

109. Pelling, M., Garschagen, M. (2019). Put equity first in climate adaptation. Nature 2019; 569: 327–29

110. Potera, C. (2017). Air conditioning use and heat-related deaths: how a natural disaster presented a unique research opportunity. Environ Health Perspect 125: 104007.

111. Rathore, MM., Ahmad, A., Paul, A., Rho, S. (2016). Urban planning and building smart cities based on the internet of things using big data analytics. Comput Netw. 101: 63–

112. Rashidi, K., Patt, A. (2018). Subsistence over symbolism: the role of transnational municipal networks on cities' climate policy innovation and adoption. Mitig. Adapt. Strat. Glob. Change 23 (4), 507–523

113. Reckien, D., Salvia, M., Heidrich, O., Church, J.M., Pietrapertosa, F., de Gregorio-Hurtado, S., D'Alonzo. (2018). How are cities planning to respond to climate change? Assessment of local climate plans from 885 cities in the EU-28. J. Clean. Prod. 191, 207–219

114. Rivas, S., Urraca, R., Palwermo, V., Bertoldi, P. (2022). Covenant of Mayors 2020: Drivers and barriers for monitoring climate action plans. https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0959652621041962?token=4F6FC6DA6841ADE1233B6E7441820F6797B9A40413A42B9BD459911C357954A819480629D06F677240975E6A408C675F&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220609193716

115. Rojas, JLF., Filho, AJP., Karam, HA., Vemado, F., Masson, V. (2018). Effects of explicit urban-canopy representation on local circulations above a tropical megacity. Bound Lay Meteorol 166:83–111

116. Romero-Lankao, P. (2018). Urban transformative potential in a changing climate. *Nat. Climate Change* **8**, 754–756

117. Rosenzweig, C. (2018). *Climate change and cities: second assessment report of the urban climate change research network*.

118. Sainz de Murieta, E., Olazabal, M., Sanz, E., (2020). Están las ciudades españolas adaptándose al cambio climático? Papeles de Economía Española 160–178.

119. Scoones, I., Stirling, A., Abrol, D. (2020). Transformations to sustainability: combining structural, systemic and enabling approaches. Curr Opin Environ Sustain 2020; 42: 65–75

120. Seddon, N., Chausson, A., Berry, P., Girardin, CAJ., Smith, A., Turner, B. (2020). Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci 2020; 375: 20190120.

121. Silva, RA., West, JJ., Lamarque, JF. (2017). Future global mortality from changes in air pollution attributable to climate change. Nat Clim Change 7:647–51

122. Solecki, W. & Rosenzweig, C. (2019). New York city panel on climate change 2019 report chapter 9: perspectives on a city in a changing climate 2008–2018. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1439, 280–305

123. Solecki, W., Ramos, G., Roberts, D., Rosenzweig, C. (2021). Accelerating climate research and action in cities through advanced science-policy-practice partnerships. https://www.nature.com/articles/s42949-021-00015-z

124. Schmale, J., Shindell, D., von Schneidemesser, E., Chabay, I., and Lawrence, M. (2014). Air pollution: clean up our skies. *Nat. News* 515:335. doi: 10.1038/515335a

125. Shindell, D., Borgford-Parnell, N., Brauer, M., Haines, A., Kuylenstierna, J. C. I., Leonard, S. A., et al. (2017). A climate policy pathway for near-and long-term benefits. *Science* 356, 493–494. doi: 10.1126/science.aak9521

126. Schwarze, R. (2018). Economics, finance, and the private sector. In *Climate change and cities: second assessment report of the urban climate change research network*.

127. Scheffran, J., Brzoska, M., Kominek, J., Link, PM., Schilling, J. (2012). Climate change and violent conflict. Science 336:869–71.

128. Seppala, J., Saikku, L., Soimakallio, S., Lounasheimo, J., Regina, K., Ollikainen, M. (2019). Hiilineutraalius ilmastopolitiikassa – Valtio, alueet ja kunnat. Suomen ilmastopaneeli. Raportti 5a/2019.

129. Simon, D. (2016). Rethinking sustainable cities: accessible, green and fair. Bristol: Policy Press.

130. Scott, M., Lennon, M., Haase, D., Kazmierczak, A., Clabby, G., Beatley, T. (2016). Nature-based solutions for the contemporary city. Plann Theory Pract 17: 267–300

131. Sun, S., Tian, L., Cao, W., Lai, P. C., Wong, P. P. Y., Lee, R. S. Y., et al. (2019). Urban climate modified short-term association of air pollution with pneumonia mortality in Hong Kong. *Sci. Total Environ.* 646, 618–624. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.07.311

132. Tang, J., Niu, X., Wang, S., Gao, H., Wang, X., Wu, J. (2016). Statistical downscaling and dynamical downscaling of regional climate in China: present climate evaluations and future climate projections. J Geophys Res Atmos 121:2110–29.

133. Toparlar, Y., Blocken, B., Maiheu, B., Heijst, GJF. (2017). A review on the CFD analysis of urban microclimate. Renew Sustain Energy Rev 80:1613–40.

134. Vasilyev, as. (2011). Climate neutral citie. How to make cities less energy and carbon intensive and more resilient to climatic challenges. https://unece.org/fileadmin/DAM/hlm/documents/Publications/climate.neutral.cities_e.pdf

135. Von Schneidemesser, E., Monks, P. S., Allan, J. D., Bruhwiler, L., Forster, P., Fowler, D. (2015). *Chemistry and the linkages between air quality and climate change. Chem. Rev.* 115, 3856–3897. doi: 10.1021/acs.chemrev.5b00089

136. UN-HABITAT. (2016). Urbanization and Development: Emerging Futures. http://wcr.unhabitat.org

137. UN-HABITAT COVID-19 response plan. (2020). https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/04/final_un-habitat_covid-19_response_plan.pdf

138. UN Environment Programme. (2020). EPIC approach to sustainability and climate resilience to expand across Africa. UN Environment Programme, Press Release, 3 February, https://www.unenvironment.org/news-and-stories/press-release/epic-approach-sustainability-and-climate-resilience-expand-across

139. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), (2015). Paris agreement: decision 1/CP.17 - UNFCCC document FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1. http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf

140. Xu, Y., and Lamarque, J. F. (2018). Isolating the meteorological impact of 21st century GHG warming on the removal and atmospheric loading of anthropogenic fine particulate matter pollution at global scale. *Earth Future* 6, 428–440. doi: 10.1002/2017EF000684

141. Zhou, Y., Liu, Y. (2016). Does population have a larger impact on carbon dioxide emissions than income? Evidence from a cross-regional panel analysis in China. Appl. Energy 180, 800–809.

142. Ward, K., Lauf, S., Kleinschmit, B., Endlicher, W. (2016). Heat waves and urban heat islands in Europe: a review of relevant drivers. Sci Total Environ 569–70: 527–39.

143. Watts, N., Adger, W. N., Agnolucci, P., Blackstock, J., Byass, P., Cai, W., et al. (2015). Health and climate change: policy responses to protect public health. *Lancet* 386, 1861–1914. doi: 10.1016/S0140-6736(15)60854-6

144. What are EU Missions? (2022). https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/eu-missions-horizon-europe/climate-neutral-and-smart-cities_en

145. West, J.J., Smith, S.J., Silva, R.A. (2013). Co-benefits of mitigating global greenhouse gas emissions for future air quality and human health. Nat Clim Change; 3:885–9

146. Westerhoff, L., Sheppard, SR., Iype, DM., Cote, S., Salter, J. (2018). Social mobilization on climate change and energy: an evaluation of research projects in British Columbia, Canada. Energy Res Soc Sci 46: 368–80

147. Wu, CD., Lung, SCC. (2016). Application of 3-D urbanization index to assess impact of urbanization on air temperature. Sci Rep;6:24351.

148. Wilson, A., Reich, BJ., Nolte, CG., Spero, TL., Hubbell, B., Rappold, AG. (2017). Climate change impacts on projections of excess mortality at 2030 using spatially varying ozone-temperature risk surfaces. J Expo Sci Environ Epidemiol 27:118–24.

149. World Climate Research Program. (2019). *Global research and action agenda on cities and climate change science - full version* (eds. Prieur-Richard A. H. et al.). WCRP Publication No. 13/2019. www.wcrp-climate.org/WCRP-publications/2019/GRAA-Cities-and-Climate-Change-Science-Full.pdf

...