

MOKSLO DARBO ATASKAITA

TVIRTINU

Mokslo ir inovacijų prorektorius

20__ m. _____ d.

Užsakovas: Šiaulių miesto savivaldybės administracija

Darbo pavadinimas: **ŠIAULIŲ MIESTO GATVIŲ BŪKLĖS VERTINIMAS IR
REITINGAVIMAS**

Mokslo sritis: Technologijos mokslai, Statybos inžinerija

2024 m. rugsėjo 4 d. Sutartis Nr. 10.13-2024-1159

Mokslo direkcijos direktorius

(vardas, pavardė, parašas)

Fakulteto dekanas

(vardas, pavardė, parašas)

Instituto direktorius

(vardas, pavardė, parašas)

Darbo vadovas

(vardas, pavardė, parašas)

TURINYS

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	3
LENTELIŲ SĄRAŠAS	4
SĄVOKOS IR APIBRĖŽIMAI	5
ĮVADAS.....	6
1. TYRIMO METODOLOGIJA.....	7
2. ATLIKTI TYRIMAI ŠIAULIŲ MIESTO GATVĖSE.....	10
2.1. Gatvių dangos skenavimas specializuota įranga.....	10
2.2. Eismo intensyvumo tyrimai	11
2.3. Viešojo transporto eismo tankio tyrimai	12
2.4. Gatvių dangos konstrukcijos sluoksnių tyrimai	12
3. REMONTO PRIORITETINIO SĄRAŠO SUDARYMAS	14
3.1. Tyrimo metodika.....	14
3.2. Techniniai parametrai ir būklės indeksai	14
3.2.1. Techninių parametrų perskaičiavimas	14
3.2.2. Techninių parametrų konvertavimas į būklės indeksus	15
3.3. Remonto prioriteto balo apskaičiavimas.....	17
3.3.2. Kombinuotų būklės indeksų skaičiavimas.....	19
3.3.3. Suminio būklės indekso skaičiavimas	19
3.3.4. Remonto prioriteto koeficiento skaičiavimas	20
3.4. Dangos būklės vertinimo objektai.....	21
3.4.1. Homogeninių ruožų sudarymas	22
3.5. Gatvių remonto rūšies parinkimas	23
3.6. Remonto prioriteto sąrašo sudarymas	23
4. BENDROSIOS IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS	26
5. LITERATŪRA.....	27
PRIEDAI.....	28

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

2.1 pav.	Kelio dangos pažaidų lazerinė atpažinimo ir būklės vertinimo sistema IRIS	10
2.2 pav.	Georadaras GSSI.....	13
3.1 pav.	Remonto prioriteto balo apskaičiavimo principinė schema bei taikomi svoriniai koeficientai....	18
3.2 pav.	Suminio dangos būklės indekso (SBI) žemėlapių fragmentas 10 m ilgio atkarpomis	21
3.3 pav.	Suminio dangos būklės indekso (SBI) žemėlapių fragmentas homogeniniais ruožais	22

LENTELIŲ SĄRAŠAS

2.1 lentelė. Pateiktų teminių duomenų rinkinių santrauka	11
3.1 lentelė. Techninių parametrų perskaičiavimas	15
3.2 lentelė. Konvertavimo parametrai a ir b	16
3.3 lentelė. Tipinės indeksų reikšmės priklausomai nuo techninio parametro reikšmės.....	16
3.4 lentelė. Naudojami svoriniai koeficientai (W_n) skaičiuojant KBI pateikti žemiau	19
3.5 lentelė. Naudojami svoriniai koeficientai (W_n) skaičiuojant SBI pateikti žemiau.....	20
3.6 lentelė. Dangų atnaujinimo sprendiniai atsižlegiant į gatvės ruožo suminį dangos būklės indeksą	23
3.7 lentelė. Remonto prioritetų sąrašo, sudaryto B ir C kategorijos gatvėms, fragmentas.....	25

SĄVOKOS IR APIBRĖŽIMAI

Danga (angl. pavement) – vieno arba dviejų sluoksnių viršutinė (dėvimoji) dangos konstrukcijos dalis.

Dangos konstrukcija – daugiasluoksnė struktūra susidedanti iš dangos ir pagrindo sluoksnių įrengtų ant žemės sankasos. Dangos konstrukcija priklausomai nuo sluoksnius sudarančių medžiagų ir elgsenos skirstoma į standžią, pusiau standžią ir nestandžią.

Dangos konstrukcijos struktūrinis degradavimas – degradacijos procesai susiję su pagrindo sluoksnių suirimu. Dangos konstrukcijos funkcionavimas (angl. pavement performance) – dangos konstrukcijos būklės analitinis konstrukcijos atsparumo struktūrinių pažeidimų susidarymui įvertinimas per projekcinį laikotarpį, nustatomas taikant funkcionavimo modelius.

Dangos konstrukcijos suirimas – reiškinys įtakotas nepakankamos visos struktūros laikomosios gebos ir traktuojamas susidarius vienai iš struktūrinių pažeidimų pagrindo sluoksniuose: nuovargio plyšiams ir/arba liekamosioms deformacijoms.

Funkcionavimo modeliai (angl. performance models) – modeliai nustatantys ribinį (leistinąjį) apkrovų skaičių pagal projekcinės dangos konstrukcijos reakcijos į apkrovą parametrus (įtempimus, deformacijas įlinkius), mechanines sluoksnių savybes bei konkrečių aplinkos ir eksploatacijos sąlygų

Nuovargio plyšiai – plyšiai, kurių susidarymą įtakoja dangos konstrukcijos nuovargis nuo transporto priemonių apkrovų poveikio, kurie dažniausiai pradeda formuotis asfalto pagrindo sluoksniu apačioje.

Pažaida – kelio elementų kokybės trūkumas, atsiradęs dėl išorinių veiksnių kelio naudojimo metu, aplinkos, transporto priemonių apkrovų ir dangos konstrukcijos kokybės poveikio.

Pažangus dangos konstrukcijos projektavimas – projektavimo metodas leidžiantis įvertinti medžiagų mechanines savybes bei prognozuoti dangos konstrukcijos funkcionavimą.

Projektinė apkrova – ašių apkrovų skaičius nustatytas projekciniam laikotarpiui.

Projektinė apkrova A – ekvivalentinės 10 t svorio ašies apkrovų skaičius nustatytas projekciniam laikotarpiui.

Provėža – tai ilgalaikė dangos ir/arba konstrukcijos deformacija, susiformuojanti ratų vėžėse.

IVADAS

Vilniaus Gedimino technikos universiteto (toliau – VILNIUS TECH) Aplinkos inžinerijos fakulteto (toliau – AIF) Kelių turimo institutas (toliau – KTI) pagal 2024 rugsėjo 4 d. sutartį Nr. 10.13-2024-1159 (toliau – Sutartis) su Šiaulių miesto savivaldybės administracija (toliau – Užsakovas) vykdė „Gatvių būklės vertinimas ir reitingavimą“ (toliau – Paslaugos).

Darbo tikslas – pasitelkiant automatizuotus matavimus ir pažangią 3D skenavimo technologiją išsamiai ir objektyviai įvertinti Šiaulių miesto B, C ir D kategorijų gatvių važiuojamosios dalies dangos būklę (susidariusias pažaidas ir defektus), , nustatyti eismo intensyvumo rodiklius ir, remiantis gautais duomenimis bei šio darbo apimtyje sukurta ir su Užsakovu suderinta gatvių būklės vertinimo metodika, sudaryti gatvių remonto darbų prioritetinį sąrašą, kuris padėtų racionaliai planuoti miesto gatvių priežiūros ir atnaujinimo darbus.

Tyrimo metu įvertinta 301 Šiaulių miesto gatvės dangos būklė. Iš viso nuskenuota 480 km ilgio eismo juostų. Iš šios apimties 265 km sudarė B ir C kategorijų gatvės, o 215 km – D kategorijos gatvės. Vertinant kiekvieną eismo juostą, buvo nustatyti pagrindiniai dangos būklės rodikliai: išilginis lygumas (tarptautinis nelygumo indeksas – IRI), provėžų gylis, plyšių ir lopų plotai, duobės, bitumo išplaukimas, dangos nuolydžiai, makrotekstūros gylis bei šulinių aukščio skirtumai. Be to, buvo fiksuoti vizualiniai vaizdai, sudarytas taškų debesis ir ortofotografiniai žemėlapiai. Visose gatvėse papildomai įvertintas eismo intensyvumas išskiriant sunkųjų transportą. Visi duomenys buvo apdoroti ir paruošti įkėlimui į ArcGIS aplinką, užtikrinant jų geografinį tikslumą bei tinkamumą tolimesnei gatvių būklės analizei ir remonto darbų planavimui.

Šis tyrimas neapėmė inžinerinių geologinių tyrimų ir hidrogeologinės situacijos analizės, todėl ataskaitoje nurodyti atnaujinimo sprendiniai priimti atsižvelgiant į atliktų matavimų ir tyrimų duomenis. Priimant konkrečius atnaujinimo sprendinius (sluoksnių storius ir medžiagų rūšis) rekomenduojama atlikti išplėstinius tyrimus projekto (objekto) lygiu bei dangos konstrukcijos modeliavimą taikant visuotinai priimtą mechanistinį-empirinį metodą. Atlikus išsamią analizę projekto (objekto) lygiu, kai kuriose gatvėse gali susidaryti poreikis ją atnaujinti visiškai pakeičiant esamą dangos konstrukciją.

Mokslo darbą atliko Vilniaus Gedimino technikos universiteto Aplinkos inžinerijos fakulteto Kelių tyrimo instituto specialistai. [REDACTED]

1. TYRIMO METODOLOGIJA

Miesto gatvių tinklas – tai svarbi susisiekimo sistemos dalis, užtikrinanti gyventojų, paslaugų, verslo bei logistikos judėjimą. Augant automobilių skaičiui ir didėjant eismo intensyvumui, vis aktualesnės tampa su miesto transportu susijusios problemos – spūstys, aplinkos tarša, triukšmas bei spartesnis gatvių dangos dėvėjimasis. Efektyvi susisiekimo infrastruktūra yra būtina darniai miesto plėtrai bei ekonominiam vystymuisi.

Miesto gatvėse dangos eksploatacijos sąlygos skiriasi nuo magistralinių ar užmiesčio kelių: čia didesnę reikšmę turi ne tik eismo intensyvumas, bet ir transporto srautų pasiskirstymas per parą (ryto ir vakaro piko valandomis), taip pat apkrovų dinamika sankryžose, prie stotelių ar spūstyse. Visa tai sąlygoja didesnę konstrukcijų nuovargį ir greitesnę dangos degradaciją. Skirtingai nei užmiestyje, miestuose eismo režimas pasižymi dažnais stabdymais, greitėjimais, ilgalaikiu stovėjimu bei mažesniais atstumais tarp transporto priemonių. Tokie faktoriai lemia padidintą mechaninį poveikį dangos konstrukcijai, ypač viršutiniams jos sluoksniams. Didžiausią įtaką dangos konstrukcijos būklei turi sunkusis lėtaeigis transportas, ypač kai viešasis transportas juda tomis pačiomis eismo juostomis nuolatiniu srautu.

Miesto mikroklimato ypatumai taip pat prisideda prie spartesnės dangos degradacijos. Vasaros metu dėl miestuose vyraujančios užuovėjos asfalto dangos temperatūra gali būti net 8–10 °C aukštesnė nei užmiestyje. Tokiu atveju rišančioji medžiaga (bitumas) praranda savo standumo savybes, o tai paspartina plastinių deformacijų – provėžų, bangų, slinkčių – formavimąsi (Paliukaitė ir Vaitkus, 2011).

Dangos reakcija į transporto priemonių apkrovas taip pat priklauso nuo važiavimo greičio. Miesto sąlygomis, kai greitis nedidelis (40–50 km/h), ratų poveikis dangai trunka ilgiau ir yra tolygesnis. Tuo pat metu dėl netolygaus judėjimo susidaranti impulsinė apkrova didina įtempių koncentracijas dangos konstrukcijoje, o tai ilgainiui pasireiškia nuovargio plyšiais, kas lemia trumpesnę eksploatacinę laikotarpį.

Reikia paminėti ir miestams būdingą požeminę infrastruktūrą. Gatvių važiuojamojoje dalyje yra įrengti įvairūs inžineriniai tinklai, kurių remonto ar keitimo metu ardamos dangos konstrukcijos. Dažnu atveju jos atstatomos ne iki pirminės būklės, o tai lemia papildomus nelygumus, drėgmės kaupimąsi, silpnina konstrukcijų patvarumą ir trumpina jų tarnavimo laiką.

Atsižvelgiant į tai, šiuolaikinė miesto gatvių priežiūra ir planavimas reikalauja sisteminio būklės vertinimo metodo. Dangos būklės degradacijos prognozė bei savalaikis priežiūros sprendimų priėmimas leidžia efektyviau valdyti išlaidas ir mažinti remonto dažnį. Tyrimai rodo, kad dangos eksploatacijos trukmė priklauso nuo trijų pagrindinių veiksnių: dangos konstrukcijos tipo ir įrengimo kokybės, klimato sąlygų bei transporto apkrovų (Braga, 2005).

Todėl atliktas Šiaulių miesto gatvių dangų tyrimas buvo orientuotas į realių eksploatacijos sąlygų įvertinimą. Tyrimo metu buvo analizuojami transporto priemonių eismo srautai, transporto tipas bei dangos konstrukcijos sluoksnių charakteristikos, tam kad būtų įvertinta esama būklė ir numatyti duomenimis pagrįsti remonto sprendimai. Atskirai buvo vertinamas viešojo transporto kiekiai tiriamose gatvėse. Dangos

eksploatacinių savybių analizė atlikta remiantis tiek dangos paviršiaus pažaidų ir defektų registravimu, tiek IRI, provėžų, makrotekstūros ir kitais techniniais parametrais. Tokie išsamūs vertinimai leidžia sudaryti aiškų prioritetinį remonto sąrašą bei pagrįsti investicijų paskirstymą, o ateityje – planuoti periodinius vertinimus ir dangų būklės kitimo stebėseną.

Didžiausią poveikį kelio dangos techninei būklei daro transporto priemonių apkrova, kurios intensyvumas ir poveikio mastas priklauso nuo daugelio tarpusavyje susijusių veiksnių: transporto priemonių masės, ašių skaičiaus, ašių apkrovos, ratų tipo, padangų slėgio, rato ir dangos sąlyčio ploto, transporto priemonių eismo intensyvumo ir sudėties, važiavimo greičio bei transporto srautų pasikartojimo dažnio (Braga, 2005). Tačiau vien mechaninis poveikis nėra vienintelis dangos degradaciją lemiantis veiksnys – ilgainiui asfalto mišinių rišiklyje vyksta negrįžtami oksidaciniai bei cheminiai procesai, spartinantys dangos senėjimą, dėl kurio mažėja jos elastingumas, atsparumas bei ilgaamžiškumas.

Šis tyrimas orientuotas į vieno pagrindinių gatvių tinklo elemento – važiuojamosios dalies (t.y. dangos) būklės valdymo sistemą, skirtą įvertinti, planuoti ir optimizuoti Šiaulių miesto gatvių tinklo dangos būklę. Vertinant dangos būklę, pasitelkti eksploatacinių savybių rodikliai, apibrėžiami kaip techninių dangos charakteristikų kompleksinis rodiklis. Rodikliai fiksuojami tiek kiekybinėmis (matuojamomis), tiek kokybinėmis (ekspertinio vertinimo) reikšmėmis, o jų įvertinimas taikomas skalėje nuo 0 (labai gera būklė) iki 5 (labai bloga būklė).

Kuriant gatvių dangų būklės vertinimo metodiką atsižvelgta į Europos bendradarbiavimo mokslinių ir techninių tyrimų programos COST 354 (*angl.* European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research) metodiką „Kelių dangų eksploatacinių savybių rodikliai“, kuri leidžia objektyviai klasifikuoti gatvių dangas pagal jų būklę. Toks metodas leidžia užtikrinti rezultatų palyginamumą tarptautiniame kontekste ir sudaro prielaidas taikyti bendrą dangos būklės vertinimo indeksą, panašų į visoje Europos Sąjungoje taikomą Pavement Condition Index (PCI). Lietuvoje šiam tikslui taip pat naudojamas suminės dangos būklės indekso rodiklis (SDBI arba SBI), kuris apjungia paviršiaus defektus, provėžas ir nelygumus ir kitas pažaidas bei parametrus į vieną visuminį vertinimą.

COST 354 išskiria tris pagrindines eksploatacinių savybių grupes: struktūrines (susijusias su laikomąja geba), komforto (pavyzdžiui išilginį lygumą, triukšmą) bei saugumo (pavyzdžiui atsparumo slydimui, skersinį lygumą) rodiklius. COST 354 taip pat nustatė principus, kaip šiuos rodiklius transformuoti į skaitinės reikšmės skalėje nuo 0 iki 5 ar kitais vertinimo metodais, kad jie galėtų būti lengvai integruojami į sprendimų priėmimo sistemas. COST 354 metodika skatina homogeniškų ruožų identifikavimą – tai leidžia ne tik tiksliai nustatyti dangos būklės pokyčius, bet ir racionaliai planuoti intervencijas. Be to, ji padeda atskirti dangos senėjimo procesus nuo mechaninių pažeidimų, todėl vertinimas tampa labiau pritaikytas ilgalaikiai strategijai.

Vertinant gatvių dangos būklę buvo taikyta modifikuota COST 354 metodika, kurios pagrindu apskaičiuotas kompleksinis dangos būklės įvertinimas kiekvienam homogeniniam ruožui. Tačiau siekiant

neapsiriboti vien techninės dangos būklės nustatymu, vertinimas buvo papildytas dviem esminiais aspektais: eismo intensyvumo ir viešojo transporto svarba. Šie papildomi veiksniai leidžia tiksliau įvertinti kiekvieno gatvės ruožo reikšmę miesto transporto sistemoje ir jo įtaką eismo dalyviams. Galutiniam prioritetų nustatymui šie trys rodikliai buvo integruoti į vieną bendrą vertę, kuri nusako ne tik dangos susidėvėjimo lygį, bet ir socialinę bei funkcinę reikšmę. Pagal šią vertę sudarytas remonto prioritetų sąrašas, kurio pagrindu galima planuoti efektyvias, poreikiu grįstas investicijas į miesto gatvių atnaujinimą.

2. ATLIKTI TYRIMAI ŠIAULIŲ MIESTO GATVĖSE

2.1. Gatvių dangos skenavimas specializuota įranga

Gatvių dangos būklės tyrimas Šiaulių mieste atliktas pasitelkiant pažangią automatizuoto skenavimo technologiją, skirtą tiksliai identifikuoti asfalto dangos paviršiaus pažaidas ir defektus bei eksploatacines savybes. Skenavimas vykdytas naudojant specializuotą Lehmann+Partner Polska įrangą IRIS19 (analogiškos įrangos pavyzdys pateiktas 2.1 pav.), kurioje integruoti Pavemetrics LCMS-2 linijiniai lazeriniai profilografai. Ši sistema leidžia dideliu greičiu ir tikslumu fiksuoti dangos paviršiaus geometriją bei pažeidimus, generuojant aukštos skiriamosios gebos 3D profilių duomenis. Naudojant šią įrangą, užtikrinamas 2 mm vertikalus skenavimo tikslumas.



2.1 pav. Kelio dangos pažaidų lazerinė atpažinimo ir būklės vertinimo sistema IRIS

Skenavimo darbai atlikti laikantis techninėje specifikacijoje numatytų reikalavimų: kiekviena eismo juosta buvo vertinama atskirai, įskaitant ir inžinerinius statinius (tiltus, viadukus), vengiant besidubliuojančių trajektorijų. Tyrimai nebuvo vykdomi posūkių juostose trumpesnėse nei 50 m, stotelių įlankose ar vietose, kuriose įranga fiziškai negalėjo pravažiuoti dėl pločio ar aukščio apribojimų. Skenavimas vyko eismo sraute, laikantis kelių eismo taisyklių.

Naudota įranga leido identifikuoti visus techninėje specifikacijoje numatytus parametrus: išilginį nelygumą (IRI), provėžų gylį, plyšių ir lopų plotus, bitumo išplaukimą, skersinį ir išilginį dangos nuolydį, makrotekstūros gylį, taip pat šulinių bei kitų objektų aukščio skirtumus nuo dangos paviršiaus. Duomenys buvo apdorojami automatizuotai, naudojant lazerinio skenavimo atvaizdų intensyvumo ir paviršiaus aukščio informaciją, o visi rezultatai geografiškai surišti LKS94 koordinatinių sistemoje. Rezultatai parengti ir pateikti Užsakovui su juo suderinti formatu taip, kad būtų galima naudoti ArcGIS aplinkoje.

Tyrimo metu surinkti duomenys Užsakovui perduoti suderintu formatu – erdvinių teminių duomenų rinkinių rinkmenomis. Kiekvienas duomenų rinkinys apima konkretų dangos pažaidų ar būklės parametą

ir yra susietas su atributine informacija, aprašyta atskiruose laukuose (žr. 2.1 lentelę). Be to, kiekvienam rinkiniui taikoma atitinkama geometrinė reprezentacija (linija arba poligonas), leidžianti integruoti duomenis į GIS sistemas.

2.1 lentelė. Pateiktų teminių duomenų rinkinių santrauka

Tema	Geometrija	Atributiniai duomenys (parametrai)
Provėžos	Linija	Gylis (mm), plotis (mm)
IRI (nelygumo indeksas)	Linija	IRI reikšmė (mm/m)
Plyšiai	Linija	Ilgis (m), plotis (mm), gylis (mm), prasislinkimas (mm)
Duobės	Poligonas	Plotas (m ²)
Lopai	Poligonas	Plotas (m ²)
Makrotekstūra	Linija	MPD – vidutinis tekstūros gylis
Bitumo išplaukimas	Poligonas	Bitumo išplaukimo indeksas

2.2. Eismo intensyvumo tyrimai

Eismo intensyvumo matavimai Šiaulių miesto gatvėse buvo atliekami trumpalaikio stebėjimo būdu, naudojant tiesioginę transporto srautų fiksaciją iš anksto su Užsakovu suderintose vietose. Tyrimo metu buvo parinkti 123 matavimo taškai B ir C kategorijų gatvėse bei papildomi 280 taškų D kategorijos gatvėse.

Transporto priemonės buvo klasifikuojamos į dvi pagrindines grupes – lengvuosius ir sunkiasvorius automobilius. Šis supaprastintas klasifikavimas buvo taikytas dėl tyrimo specifikos ir praktinio orientavimo į bendrą dangos apkrovos įvertinimą. Surinkti duomenys apie pravažiavusių transporto priemonių skaičių buvo naudojami vidutinio metinio paros eismo intensyvumo (VMPEI) skaičiavimui, taikant Lietuvos automobilių kelių direkcijos patvirtintas rekomendacijas R VMPEI TM 20. Šiose rekomendacijose numatyta, kad trumpalaikio matavimo metu gauti duomenys gali būti koreguojami naudojant tam tikrus laiko koeficientus, kurie atspindi savaitės dienos, metų laikotarpio bei dienos laiko įtaką eismo intensyvumui.

Apskaičiuotas VMPEI rodiklis suteikia galimybę palyginti skirtingoms gatvių atkarpoms tenkantį transporto eismą ir jo svarbą bendrame miesto transporte. Šie duomenys buvo integruoti į bendrą gatvių dangos būklės vertinimo sistemą, leidžiančią koreliuoti dangos nusidėvėjimo lygį su faktiniu transporto srauto intensyvumu, ir toliau naudoti planuojant remonto darbų prioritetus bei investicijų paskirstymą. Tyrimo metodika užtikrina pakankamą rezultatų reprezentatyvumą, o taikytas VMPEI skaičiavimo metodas atitinka nacionalinius standartus.

Tyrimo rezultatai pateikti A priede „Eismo intensyvumo matavimų rezultatai“, kuriame kiekvienam matavimo taškui nurodyta ši informacija: gatvės pavadinimas, matavimo data ir trukmė, užfiksuotų lengvųjų ir sunkiasvorių transporto priemonių skaičius, valandinis ir paros eismo intensyvumas, o taip pat

apskaičiuotas vidutinis metinis paros eismo intensyvumas (VMPEI), pateikiamas atskirai lengviesiems, sunkiasvoriams ir bendrai visoms transporto priemonėms.

Papildomai užsakovui buvo perduotas erdvinis failas SHP formatu, kuriame pateikti visų eismo matavimo taškų koordinuoti taškai LKS94 koordinatų sistemoje. Atributinėje lentelėje kiekvienam taškui priskirta pagrindinė informacija: VMPEI reikšmės lengvosioms, sunkiasvorėms transporto priemonėms bei bendras eismo intensyvumas.

2.3. Viešojo transporto eismo tankio tyrimai

Papildomai prie bendro eismo intensyvumo vertinimo buvo atliktas viešojo transporto eismo tankio tyrimas, siekiant įvertinti keleivinio transporto eismo intensyvumą Šiaulių miesto gatvėse. Tyrimo tikslas – nustatyti, koku intensyvumu gatvėmis kursuoja autobusai, ir šią informaciją integruoti į gatvių būklės vertinimo ir remonto prioritetų nustatymo metodiką.

Remiantis Užsakovo pateikta ir viešai prieinama autobusų stotelių ir maršrutų informacija, kiekvienam eismo intensyvumo matavimo taškui papildomai buvo suskaičiuotas pravažiuojančių autobusų skaičius, tenkantis tiriamam ruožui. Autobusų intensyvumo duomenys pateikti papildomuose atributiniuose laukuose šalia kiekvieno eismo intensyvumo matavimo taško.

2.4. Gatvių dangos konstrukcijos sluoksnių tyrimai

Atliekant Šiaulių miesto gatvių dangos konstrukcijos būklės analizę, buvo taikyti tiek invaziniai, tiek neinvaziniai tyrimo metodai, siekiant nustatyti asfalto dangos sluoksnių storį bei jo kitimą. Tyrimų tikslas – objektyviai įvertinti važiuojamosios dalies konstrukcinę sandarą bei pagrįsti remonto darbų pobūdį.

Pagal techninės specifikacijos reikalavimus, buvo padaryti 58 gręžiniai, iš kurių paimti mėginiai skirtingose miesto vietose, suderintose su Užsakovu, atsižvelgiant į gatvės kategoriją, transporto apkrovą ir identifikuotus defektus. Kiekviename gręžinyje nustatyti konstrukciniai asfalto dangos parametrai: bendras ir kiekvieno sluoksnio storiai atskirai. Tyrimo metu taip pat buvo atlikta sluoksnių vizualinė apžiūra ir fiksavimas.

Kartu su gręžiniais, tose pačiose gatvėse buvo atlikti ir giluminio radaro (georadaro) tyrimai, naudojant GSSI gamintojo įrangą (2.1 pav.). Georadaro matavimai buvo atlikti 45-iose gatvėse, apimant apie 30 km bendro ruožų ilgio.



2.1 pav. Georadaras GSSI

Gręžinių tyrimų rezultatai pateikti B priede „Asfalto dangos sluoksnių storio nustatymo gręžinių paėmimo būdu tyrimų duomenys“. Georadaro matavimų rezultatai pateikti C priede „Asfalto dangos sluoksnių storio nustatymo pagal georadaro matavimus suvestinė“, kuriame dokumentuota informacija apie matuotus ruožus, nustatytą konstrukcijos storį ir kitus svarbiausius matavimų parametrus.

Papildomai Užsakovui pateikti erdviniai duomenys (SHP formatu):

- taškinis sluoksnis su gręžinių vietomis ir atributiniais duomenimis apie nustatytus sluoksnius,
- linijinis sluoksnis, žymintis georadaro matavimų maršrutus, prie kiekvieno ruožo nurodant atitinkamus duomenis.

3. REMONTO PRIORITETINIO SĄRAŠO SUDARYMAS

Remonto prioritetinis sąrašas sudarytas kompleksiskai įvertinus visus atliktus tyrimus, leidžiančius išsamiai įvertinti gatvių techninę būklę, eksploatacines savybes bei jų svarbą miesto transporto sistemoje. Vertinimas apėmė gatvių dangos būklės (IRI, provėžos, plyšiai, lopai, duobės ir kt.), gatvių konstrukcinių sluoksnių tyrimų rezultatus (gręžinių ir georadaro duomenis), bendrą eismo intensyvumą (lengvųjų ir sunkiasvorių transporto priemonių srautus), taip pat viešojo transporto tankį, t. y. pravažiuojančių autobusų skaičių konkrečiuose ruožuose.

3.1. Tyrimo metodika

Remonto darbų prioritetų nustatymas buvo grindžiamas kelių pakopų dangos būklės vertinimo metodu, toks metodinis požiūris leidžia sistemingai transformuoti atskirus techninius parametrus į apibendrintus būklės rodiklius ir galiausiai į sprendimams tinkamą prioriteto balą.

Pirmiausia, techniniai parametrai (TP), tokie kaip IRI, provėžos, plyšiai, defektų plotai, tekstūra, laikomoji geba ir kt., buvo apskaičiuoti remiantis automatizuotais skenavimo ir konstrukcijų tyrimų duomenimis. Kiekvienas techninis parametras buvo paverstas į būklės indeksą (BI) – bedimensį dydį, atspindintį konkretaus parametro būklę skalėje nuo labai geros (0 balų) iki labai prastos (5 balai).

Toliau atskiri BI buvo apjungti į kombinuotus būklės indeksus (KBI), tokius kaip:

- Struktūrinis indeksas,
- Komforto indeksas,
- Saugumo indeksas.

Šie KBI buvo agreguoti į suminį dangos būklės indeksą (SBI), kuris atspindi bendrą ruožo būklę ir yra pagrindinis inžinerinis rodiklis priimant sprendimus dėl remonto poreikio.

Galiausiai papildomi kriterijai: eismo intensyvumas VMPEI, bei viešojo transporto tankis buvo konvertuojami į analogiškus bedimensius indeksus – eismo intensyvumo indeksą (EII) bei viešojo transporto indeksą (VTI). Atsižvelgiant į šiuos papildomus kriterijus iš SBI apskaičiuojamas galutinis rodiklis – Remonto prioriteto balas (RPB). Šis balas nustato kiekvieno ruožo prioritetinę poziciją bendrame sąrašė.

3.2. Techniniai parametrai ir būklės indeksai

3.2.1. Techninių parametrų perskaičiavimas

Remonto prioritetinio balo skaičiavimui kiekvienas nustatytas techninis parametras turi būti transformuotas į vieningą bedimensę skalę – būklės indeksą. Kadangi pirminiai duomenys gaunami skirtingais formatais ir skirtingu detalumu (pvz., atkarpų ilgiais, pavieniais objektais ar ruožo vidurkiais),

pirmiausia atliekamas techninių parametų apdorojimas ir perskaičiavimas, siekiant suvienodinti jų taikymo intervalą ir vertinimo logiką. 3.1 lentelėje pateikta, kaip kiekvienas parametras buvo:

- surinktas ir aprašytas (pvz., IRI, plyšiai, bitumo išplaukimas),
- perskaičiuotas standartizuotam intervalui (10 m atkarpoms),
- konvertuotas į atitinkamą būklės indeksą (pvz., BI_IL, BI_PL, BI_B ir kt.).

3.1 lentelė. Techninių parametų perskaičiavimas

Nustatytas techninis parametras	Techninio parametro perskaičiavimas	Konvertavimas į indeksą
Išilginis lygumas pateikiamas nelygumo indeksas IRI (mm/m) <i>1 m atkarpomis kiekvienai rato vėžei</i>	perskaičiuojamas vidurkis 10 m atkarpai eismo juostai	Išilginio lygumo būklės indeksas BI_IL
Provėžos pateikiamas vidutinis provėžos gylis (mm) <i>1 m atkarpomis kiekvienai rato vėžei</i>	perskaičiuojamas vidurkis 10 m atkarpai eismo juostai	Provėžų būklės indeksas BI_Pr
Plyšiai pateikiami plyšio ilgis, plotis, gylis (mm) <i>pavieniais objektais</i>	apskaičiuojama 10 m ilgio atkarpos ploto dalis (%) pažeista plyšiais; papildomai padidinama (max 70%) ruoželiuose su aukšta lopais pažeisto ploto reikšme	Plyšių būklės indeksas BI_PL
Duobės ir lopai pateikiamas duobės gylis (mm) ir plotas (m ²), lopų plotas (m ²) <i>pavieniais objektais</i>	apskaičiuojama ir sudedama 10 m ilgio atkarpos ploto dalis (%) pažeista duobėmis ir lopais	Paviršiaus defektų būklės indeksas BI_PD
Bitumo išplaukimas pateikiamas bitumo išplaukimo indeksas <i>0,5 m atkarpomis kiekvienai vėžei</i>	perskaičiuojamas vidurkis 10 m atkarpai eismo juostai	Bitumo išplaukimo būklės indeksas BI_B
Makrotekstūra pateikiamas vidutinis profilio gylis MPD (mm) <i>10 m atkarpomis vienai eismo juostai</i>	neperskaičiuojama	Makrotekstūros būklės indeksas BI_MT
Eismo intensyvumas pateikiamas metinis intensyvumas VMPEI (aut/h) <i>gatvei / homogeniniam ruožui</i>	neperskaičiuojama	Eismo intensyvumo indeksas EII
Viešojo transporto kiekis pateikiamas maršrutų skaičius stotelėje VT (autob./parą) <i>gatvei / homogeniniam ruožui</i>	neperskaičiuojama	Viešojo transporto indeksas VTI

Visi tolimesniuose skaičiavimuose naudojamo techniniai parametrai perskaičiuoti mažiausiam dydžiui – 10 m vienos eismo juostos atkarpai.

3.2.2. Techninių parametų konvertavimas į būklės indeksus

Techninių parametų transformavimui į atitinkamus būklės indeksus (BI) buvo taikoma tipinė linijinė konvertavimo formulė (1), leidžianti susieti kiekvieno parametro fizinę reikšmę su 0–5 skalėje pateiktu indekso dydžiu. Tam tikrų parametų koeficientai skiriasi nuo gatvės kategorijos. Tokia metodika užtikrina vientisą parametų interpretavimą, leidžiantį jų reikšmes lyginti, sverti bei toliau naudoti kombinacijoms su kitais indeksais.

$$BI = \min\left(5, \max\left(0, \frac{(TP-a)}{b}\right)\right) \quad (1)$$

čia: BI – būklės indekso reikšmė nuo 0 iki 5;
 TP – apskaičiuotas techninis parametras;
 a – didžiausia techninio parametro reikšmė, prie kurio BI lygus 0 (žr. 3.1 lentelę);
 b – kitimo koeficientas (žr. 3.1 lentelę).

Konvertavimo parametrai a ir b kiekvienam indeksui pagal gatvės kategoriją pateikti 3.1 lentelėje, o orientacinės BI reikšmės, priklausomai nuo faktinių techninių parametrų dydžių, pateiktos 3.2 lentelėje. Pavyzdžiui, esant $IRI = 5,2$ mm/m B kategorijos gatvėje, atitinkamas būklės indeksas $BI_{IL} = 3$, o esant $VMPEI = 15\,000$ aut./parą, eismo intensyvumo indeksas $EII = 3$.

3.1 lentelė. Konvertavimo parametrai a ir b

Koef.	Išilginio lygumo būklės indeksas BI_{IL}			Provėžų būklės indeksas BI_{Pr}	Plyšių būklės indeksas BI_{PI}		Makrotektūrų būklės indeksas BI_{MT}	Paviršiaus defektų būklės indeksas BI_{PD}	Bitumo išplaukimo būklės indeksas BI_B	Eismo intensyvumo indeksas EII		Viešojo transporto indeksas VTI	
Kat.	B	C	D	B,C,D	B,C	D	B,C,D	B,C,D	B,C,D	B,C	D	B,C	D
a	1	1,5	2,5	6	0	0	1	0	0,5	0	0	0	0
b	1,4	1,3	1,3	4	0,15	0,18	-0,16	3	0,3	5000	800	80	4

3.2 lentelė. Tipinės indeksų reikšmės priklausomai nuo techninio parametro reikšmės

BI	IRI, mm/m			Provėžos gylis, mm	Plyšių plotas, %		MPD, mm	Pav. defektų plotas, %	Bitumo išplaukimo indeksas	VMPEI, aut./parą		VT, autob./parą	
Kat.	B	C	D	B,C,D	B,C	D	B,C,D	B,C,D	B,C,D	B,C	D	B,C	D
0	1	1,5	2,5	6	0	0,05	1	0	0,5	0	0	0	0
1	2,4	2,8	3,8	10	0,15	0,18	0,84	3	0,8	5000	800	80	4
2	3,8	4,1	5,1	14	0,3	0,36	0,68	6	1,1	10000	1600	160	8
3	5,2	5,4	6,4	18	0,45	0,54	0,52	9	1,4	15000	2400	240	12
4	6,6	6,7	7,7	22	0,6	0,72	0,36	12	1,7	20000	3200	320	16
5	8	8	9	26	0,75	0,95	0,2	15	2	25000	4000	400	20

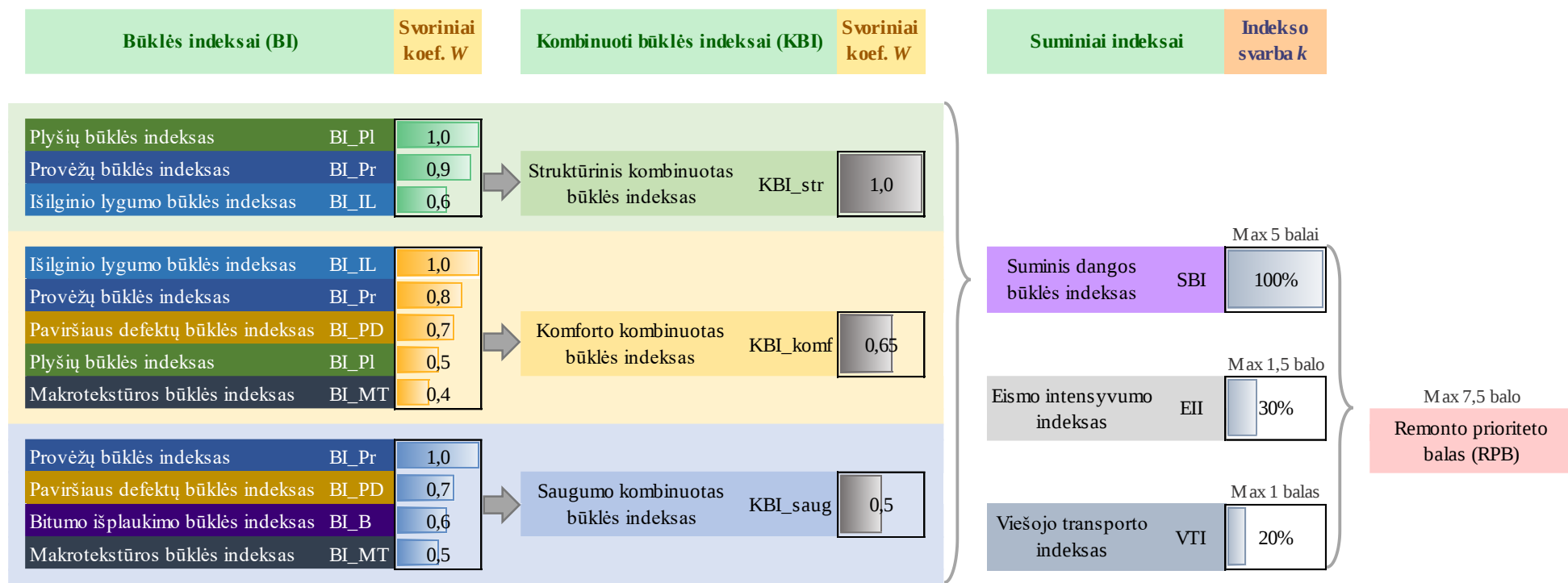
3.3. Remonto prioriteto balo apskaičiavimas

Remonto prioriteto balas (RPB) apskaičiuojamas remiantis integruota daugiapakope vertinimo sistema, kurioje sujungiami keli skirtingi būklės ir svarbos rodikliai. Remonto prioriteto balo apskaičiavimo principinė schema bei svoriniai koeficientai pateikti 3.1 paveiksle. Pavieniai būklės indeksai (BI) pažingsniui transformuojami į kombinuotus indeksus (KBI), o šie – į suminį dangos būklės indeksą (SBI), kuris vėliau koreguojamas papildomais veiksniais.

Pirmiausia kiekvienam BI taikomas atitinkamas svorinis koeficientas (W), atspindintis jo santykinę svarbą konkrečiame kombinuotame indekse. Pvz., plyšių būklės indeksas vertinant struktūrinę būklę turi koeficientą 1,0, o komforto vertinime – tik 0,5. Tuomet kiekvienas KBI (pvz., struktūrinis, komforto, saugumo) taip pat turi svorį (pvz., 1,0; 0,65; 0,5), kuris naudojamas skaičiuojant suminį dangos būklės indeksą – SBI.

Galiausiai, SBI jungiamas su eismo intensyvumo indeksu (EII) ir viešojo transporto indeksu (VTI), kurių reikšmės lemia ruožo svarbą miesto transporto sistemoje. Taip apskaičiuojamas galutinis remonto prioriteto balas (RPB), kuriuo remiantis ruožams priskiriamas prioritetas remonto sąraše – kuo aukštesnis balas, tuo skubesis remonto poreikis.

Toks metodas užtikrina, kad prioritetai būtų nustatyti ne tik pagal fizinę dangos būklę, bet ir pagal ruožo svarbą eismo sistemoje bei potencialų poveikį naudotojams.



3.1 pav. Remonto prioriteto balo apskaičiavimo principinė schema bei taikomi svoriniai koeficientai

3.3.2. Kombinuotų būklės indeksų skaičiavimas

Kombinuoti būklės indeksai (KBI) apibendrina susijusių būklės indeksų reikšmes ir leidžia įvertinti dangos būklę pagal tris pagrindinius faktorius: dangos konstrukcijos struktūrą, eismo saugumą bei komfortą. Skirtingai nei pavieniai BI, KBI atspindi platesnį dangos būklės aspektą, todėl jie sudaro pagrindą suminės būklės (SBI) ir galiausiai remonto prioriteto balo (RPB) apskaičiavimui.

Kiekvienas KBI apskaičiuojamas naudojant koreguotą vidurkio formulę, kurioje atsižvelgiama tiek į svarbiausio būklės indekso (I_1) reikšmę, tiek į likusių BI vidurkį, padaugintą iš poveikio faktoriaus p . Taip išlaikoma svarbiausio rodiklio įtaka, tačiau kartu atsižvelgiama ir į kitus parametrus.

Struktūrinis, komforto ar saugumo KBI yra apskaičiuojamas kaip svarbiausio BI bei vidutinės visų kitų BI reikšmės, padaugintos iš poveikio faktoriaus:

$$KBI = I_1 + \frac{p}{100} \cdot \overline{I_2, I_3, \dots, I_n} \quad (2)$$

čia KBI – kombinuotas būklės indeksas (max 5);

p – poveikio faktorius, $p = 30\%$;

BI_n – būklės indeksai;

W_n – būklės indeksų svoriniai koeficientai (žr. 3.1 lentelę);

I_n – svoriniais koeficientais išreikšti būklės indeksai, apskaičiuojami pagal formulę:

$$I_n = W_n \cdot BI_n \quad (3)$$

Indeksai prieš skaičiuojant rūšiuojami mažėjimo tvarka ($I_1 \geq I_2 \geq \dots \geq I_n$), kad stipriausiai degraduotas aspektas būtų vertinamas kaip pagrindinis. Toks požiūris leidžia užtikrinti, jog blogiausios dangos savybės dominuoja vertinime, tačiau galutinis indeksas vis tiek lieka subalansuotas ir apima visus vertinimo aspektus.

3.1 lentelė. Naudojami svoriniai koeficientai (W_n) skaičiuojant KBI pateikti žemiau

Būklės indeksas	BI	KBI_str	KBI_komf	KBI_saug
Bitumo išplaukimo būklės indeksas	BI_B			0,6
Plyšių būklės indeksas	BI_Pl	1,0	0,5	
Paviršiaus defektų būklės indeksas	BI_PD		0,7	0,7
Išilginio lygumo būklės indeksas	BI_IL	0,6	1,0	
Makrotekstūros būklės indeksas	BI_MT		0,4	0,5
Provėžų būklės indeksas	BI_Pr	0,9	0,8	1,0

3.3.3. Suminio būklės indekso skaičiavimas

Suminis dangos būklės indeksas (SBI) yra apibendrintas rodiklis, apjungiantis visus kombinuotus būklės indeksus (KBI) ir atspindintis bendrą gatvės ruožo dangos techninę būklę. SBI apskaičiuojamas taikant dominuojančio KBI koreguoto vidurkio formulę, identiška logika kaip KBI skaičiavime. Šiuo atveju

svarbiausias (didžiausias) KBI reikšmingai įtakoja galutinį rezultatą, tačiau taip pat įtraukiamos ir likusios KBI reikšmės, padaugintos iš poveikio faktoriaus.

Suminis būklės indeksas skaičiuojamas pagal formulę:

$$SBI = I_1 + \frac{p}{100} \cdot \overline{I_2, I_3, \dots, I_n} \quad (4)$$

čia SBI – kombinuotas būklės indeksas (max 5);

p – poveikio faktorius, $p = 30\%$;

KBI_n – būklės indeksai;

W_n – būklės indeksų svoriniai koeficientai (žr. 3.1 lentelę);

I_n – svoriniais koeficientais išreikšti būklės indeksai, apskaičiuojami pagal formulę:

$$I_n = W_n \cdot KBI_n \quad (5)$$

Indeksai prieš skaičiuojant rūšiuojami mažėjimo tvarka ($I_1 \geq I_2 \geq \dots \geq I_n$).

3.1 lentelė. Naudojami svoriniai koeficientai (W_n) skaičiuojant SBI pateikti žemiau

Kombinuotas būklės indeksas	KBI	W
Struktūrinis kombinuotas būklės indeksas	KBI_str	1,0
Komforto kombinuotas būklės indeksas	KBI_komf	0,65
Saugumo kombinuotas būklės indeksas	KBI_saug	0,5

3.3.4. Remonto prioriteto koeficiento skaičiavimas

Galutinis Remonto prioriteto balas (RPB) yra kompleksinis rodiklis, kuriuo remiantis sudaromas eiliškumas, kuriose gatvėse ar jų ruožuose būtina atlikti remonto darbus pirmiausia. Šis balas atspindi ne tik objektyvią dangos techninę būklę, bet ir socialinius aspektus: eismo apkrovos bei viešojo transporto svarbą konkrečiose atkarpose.

Remonto prioriteto balas (RPB) apskaičiuojamas remiantis suminės dangos būklės indekso (SBI) reikšme, kuri laikoma pagrindiniu vertinimo komponentu. Tuomet ši reikšmė yra koreguojama atsižvelgiant į du papildomus veiksnius – eismo intensyvumo indeksą (EII) ir viešojo transporto indeksą (VTI). Abu šie indeksai padauginami iš jų svarbos koeficientų (k_n) ir pridedami prie pagrindinės SBI reikšmės. Tokiu būdu dangos techninė būklė papildoma socialinio ir funkcinio reikšmingumo aspektais. RPB apskaičiuojamas:

$$RPB = SBI + EII \cdot k_{EII} + VTI \cdot k_{VTI} \quad (6)$$

čia RPB – remonto prioriteto balas;

SBI – suminis dangos būklės indeksas;

EII – eismo intensyvumo indeksas;

VTI – viešojo transporto indeksas;

k_n – indeksų svarbos faktoriai, $k_{EII} = 0,30$, $k_{VTI} = 0,2$;

3.4. Dangos būklės vertinimo objektai

Dangos būklės vertinimas šiame darbe buvo atliekamas dviem analitiniais lygmenimis – **10 metrų ilgio vienos eismo juostos atkarpose** bei **homogeniniuose gatvių ruožuose**. Šie lygmenys pasirinkti tam, kad būtų galima tiek detaliai vertinti konkrečias lokalias dangos būklės savybes, tiek apibendrintai analizuoti visos gatvės ruožus, taikomus sprendimų priėmimui dėl remonto prioritetų.

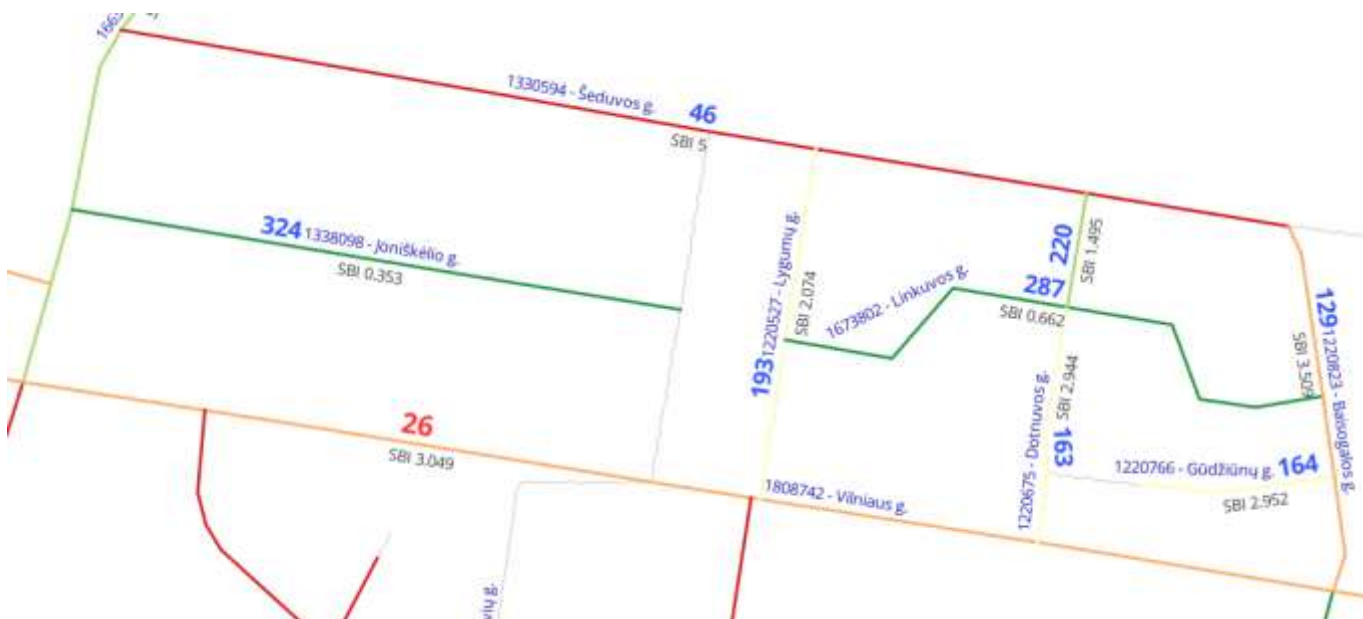
Vertinant **10 m ilgio atkarpas**, visi dangos būklės indeksai (BI), kombinuoti indeksai (KBI) ir suminis dangos būklės indeksas (SBI) skaičiuojami tiesiogiai pagal kiekvienai atkarpai nustatytus techninių parametrų rodiklius, pvz., IRI, provėžų gylį, plyšių plotą ir kt.

Vertinant **homogeninius ruožus**, duomenys agreguojami – visų į tą ruožą patenkančių 10 m ilgio atkarpų kiekvieno techninio parametro reikšmės yra susumuojamos ir apskaičiuojamas jų vidurkis. Tik tuomet pagal gautą vidutinę techninio parametro reikšmę skaičiuojami būklės indeksai (BI), toliau – kombinuoti indeksai (KBI), suminis indeksas (SBI), o galiausiai – remonto prioriteto balas (RPB).

Toks vertinimas leidžia užtikrinti tiek lokalių defektų identifikavimą, tiek strateginį planavimą viso gatvių tinklo mastu, remiantis apibendrintais rodikliais. Šis dviejų lygių vertinimo principas pavaizduotas 3.1 ir 3.2 paveiksluose, kuriuose pateiktas **suminio dangos būklės indekso (SBI)** erdvinis pasiskirstymas.



3.1 pav. Suminio dangos būklės indekso (SBI) žemėlapių fragmentas 10 m ilgio atkarpomis



3.2 pav. Suminio dangos būklės indekso (SBI) žemėlapių fragmentas homogeniniais ruožais

3.4.1. Homogeninių ruožų sudarymas

Homogeniniai ruožai – tai atkarpos, kuriose gatvės dangos būklė ir eismo sąlygos yra panašios ir nekinta reikšmingai viso ruožo ilgiu. Tokių ruožų nustatymas yra būtinas norint suvienodinti vertinimo vienetų, taikomus dangos būklės agregavimui ir remonto prioritetų planavimui.

Homogeninių ruožų sudarymas (segmentavimas) Šiaulių miesto gatvėse atliktas vadovaujantis COST 354 metodika bei techninėje specifikacijoje nurodytais principais:

- **B ir C kategorijų gatvės** pirmiausia buvo suskaidytos į ne smulkesnius ruožus nei atkarpos tarp dviejų didesnių sankryžų, jungiančių šias gatves su kitomis B ar C kategorijos gatvėmis. Užsakovo pageidavimu kai kurie ruožai papildomai buvo smulkiau sudalinti arba sujungti, pavyzdžiui, išskiriant sankryžos prieigas į atskirą homogeninį ruožą. Tokiu būdu užtikrintas logiškas eismo segmentavimas, atitinkantis tiek transporto organizavimo, tiek inžinerinio vertinimo poreikius.
- **D kategorijos gatvėms**, pagal numatytą tvarką ir suderinus su Užsakovu, pagal nutylėjimą buvo priskiriamas vienas homogeninis ruožas visai gatvei. Šie ruožai buvo smulkinami tik tuo atveju, kai:
 - gatvė buvo reikšmingo ilgio (≥ 500 m),
 - vizualiai ar pagal duomenis buvo identifikuoti aiškūs dangos būklės skirtumai tarp skirtingų atkarpų.

Užsakovo pageidavimu, homogeniniai ruožai buvo taikomi bendrai visoms eismo juostoms, kurios patenka į atitinkamą gatvės atkarpą, t. y. vertinimas nebuvo atliekamas atskirai kiekvienai juostai ar eismo kryptčiai, o visos juostos buvo laikomos sudedamąja vieno homogeninio ruožo dalimi. Tose gatvių

atkarpose, kuriose buvo atlikti asfalto dangos sluoksnio storio nustatymo bandymai bei georadaro (GPR) matavimai, homogeninių ruožų ribos buvo papildomai tikslinamos, atsižvelgiant į nustatytą dangos konstrukcijos pokytį.

3.5. Gatvių remonto rūšies parinkimas

Remonto sprendinių parinkimas buvo grindžiamas kiekvieno homogeninio ruožo suminio dangos būklės indekso (SBI) reikšme. Atsižvelgiant į šį parametą, homogeniniams ruožams, kurių būklė vidutinė ir prastesnė, siūloma taikyti tris dangos atnaujinimo rūšis (žr. 3.1 lentelę): viršutinio dangos sluoksnio atnaujinimą (A1), viršutinio ir dalies apatinio dangos sluoksnių atnaujinimą (A2) bei viršutinio ir apatinio dangos sluoksnių atnaujinimą (A3). Taip pat, priimant konkrečius kapitalinio remonto sprendinius (sluoksnių storius ir medžiagų rūšis), rekomenduojama atlikti išplėstinius tyrimus projekto (objekto) lygiu bei dangos konstrukcijos modeliavimą. Atlikus išsamią analizę projekto (objekto) lygiu, kai kuriose gatvėse gali susidaryti poreikis ją atnaujinti įrengiant visiškai naują dangos konstrukciją arba pritaikyti specifines medžiagas (pvz.: didelio standumo asfalto mišinius, sluoksnių armavimo tinklus ar kt.), kurios atlikus skaičiavimus mechanistiniu–empiriniu metodu leis pagrįstai atnaujinti tik dalį konstrukcijos.

3.1 lentelė. Dangų atnaujinimo sprendiniai atsižvelgiant į gatvės ruožo suminį dangos būklės indeksą

Suminis dangos būklės indeksas	Atnaujinimo apimtis ir žymėjimas	Atnaujinimo ir nuolatinės priežiūros sprendinys*	Preliminari 1 m ² kaina, Eur su PVM
Labai gera <1	Nuolatinė priežiūra	Plyšių taisymas, paviršiaus apdorojimas	Nevertinta
Gera [1:2)	Nuolatinė priežiūra	Plyšių taisymas, paviršiaus apdorojimas	Nevertinta
Vidutinė [2:3)	Viršutinio dangos sluoksnio atnaujinimas (A1)	Pagal IT APM 10 ir TRA APM 10 (asfalto viršutinio sluoksnio pakeitimas arba karštasis regeneravimas)	~23,20
Bloga [3:4)	Viršutinio ir dalies apatinio dangos sluoksnių atnaujinimas (A2)	Dangos frezavimas, asfalto išlyginamojo, asfalto apatinio (6 cm AC 16 AS su PMB 45/80-65) ir asfalto viršutinio (3,5 cm SMA 11 S su PMB 45/80-65) sluoksnio pakeitimas	~50,40
Labai bloga ≥4	Viršutinio ir apatinio dangos sluoksnių atnaujinimas (A3)	Dangos frezavimas, asfalto išlyginamojo, asfalto apatinio (12 cm AC 16(22) AS su PMB 45/80-65) ir asfalto viršutinio (3,5 cm SMA 11 S su PMB 45/80-65) sluoksnio pakeitimas	~70,00

Pastabos:

* – kiekvieną kartą numatant homogeninio ruožo atnaujinimą, jis turi būti vertinamas projekto (objekto) lygiu ir esant poreikiui numatytas atnaujinimo sprendinys (asfalto sluoksnių storiai ir medžiagų rūšys) turi būti tikslinamas.

3.6. Remonto prioriteto sąrašo sudarymas

Remonto prioriteto sąrašas sudaromas remiantis kiekvienam gatvės homogeniniam ruožui apskaičiuotu Remonto prioriteto balu (RPB). Atsižvelgiant į skirtingą funkcinę reikšmę ir eismo struktūrą, remonto sąrašas sudaromas atskirai B/C kategorijos gatvėms (miesto pagrindiniam transporto tinklui) ir D kategorijos gatvėms (vietinio reikšmingumo gatvėms). Ruožai kiekviename sąrašė rikiuojami mažėjančia

RPB tvarka – nuo aukščiausių remonto poreikį turinčių atkarpų iki tų, kuriose remonto poreikis yra mažesnis. Abu sąrašai apima šiuos pagrindinius duomenis:

- Eil. Nr. – prioritetinis numeris pagal RPB reikšmę;
- Papildomų matavimų ilgis – gatvių, kuriose atlikti papildomi (georadaro ir asfalto sluoksnio storio nustatymas iš gręžinių) tyrimai, ilgis;
- VMPEI (vidutinis metinis paros eismo intensyvumas, aut./parą);
- VT – vidutinis autobusų skaičius ruože per parą;
- SBI – suminis dangos būklės indeksas;
- EII – eismo intensyvumo indeksas;
- VTI – viešojo transporto indeksas;
- RPB – galutinis remonto prioriteto balas, apskaičiuotas pagal formulę, kuri apima aukščiau minėtus kriterijus;
- Remonto rūšis – priskirtas dangos atnaujinimo tipas (A1, A2 ar A3), atsižvelgiant į būklę;
- Preliminari remonto kaina*, tūks. Eur – apytikslis investicijų poreikis ruožui atnaujinti.
- Bendriniai gatvės duomenys: gatvės ID ir pavadinimas, kategorija, homogeninio ruožo numeris toje gatvėje, bendras ilgis (visų eismo juostų suma) bei pagrindinių ir visų eismo juostų skaičius.

* Preliminari remonto kaina apskaičiuojama kiekvienam homogeniniam ruožui padauginus jo bendrą ilgį (t. y. visų juostų ilgių sumą) iš tipinio vienos eismo juostos pločio, kuris priklauso nuo gatvės kategorijos. Skaičiavimams taikyti tokie tipiniai pločiai: B kategorijai – 3,25 m, C – 3,00 m, D – 2,75 m. Gautas plotas dauginamas iš preliminarios 1 m² remonto kainos, atitinkančios parinktą remonto rūšį.

Remonto prioriteto sąrašas dėl savo apimties šiame skyriuje pateikiamas tik iš dalies – žemiau pateikta pirmųjų 20-ies aukščiausių remonto prioriteto balą (RPB) surinkusių B ir C kategorijos ruožų ištrauka (žr. 3.1 lentelę). Visas remonto prioritetų sąrašas pateikiamas šio dokumento prieduose: D priede – B ir C kategorijų gatvių ruožai, E priede – D kategorijos gatvių ruožai.

Skaičiavimais nustatyta, kad bendra preliminari remonto kaina Šiaulių miesto gatvių homogeniniams ruožams atnaujinti siekia 30,9 mln. Eur (su PVM). Iš jų:

- B/C kategorijos gatvių ruožų remonto suma – 11,1 mln. Eur,
- D kategorijos gatvių ruožų remonto suma – 19,8 mln. Eur.

3.1 lentelė. Remonto prioritetų sąrašo, sudaryto B ir C kategorijos gatvėms, fragmentas

Eil. Nr.	Gatvės ID	Gatvės pavadinimas	Pagrindiniai parametrai							Būklės indeksai						Kombinuoti būklės indeksai						Pagrindiniai indeksai				Remontai		
			Katego- rija	Hom. ruožas	Bendras ilgis ¹ , m	Pagr. eismo juosų ²	Viso eismo juosų ³	VMPEI, aut./parą	VT, autob./parą	Bitumo išplaukimo BI_B	Plyšių BI_PI	Paviršiaus defektų BI_PD	Išilginio lygumo BI_IL	Makroteks- tūros BI_MT	Provėžų BI_Pr	Struktūri- nis KBI_str	KBI_str lemiantis BI	Komforto KBI_komf	KBI_komf lemiantis BI	Saugumo KBI_saug	KBI_saug lemiantis BI	SB ⁴	SBI lemiantis KBI	EI ⁵ (max 1,5)	VT ⁶ (max 1,0)	RPB ⁷	Remonto rūšis	Preliminari kaina, tūkst. Eur.
RPE	street	street_name	gat	segn	len	lane	lane	vmpe	vt_autob	BI_B	BI_PI	BI_PD	BI_IL	BI_MT	BI_Pr	KBI_str	KBI_str	KBI_kor	KBI_kor	KBI_sai	KBI_sai	SB	SBI.Ma	EI_p	VT_p	RP	rem_ti	rem_kain
1	1220546	Gytarių g.	C	1	3770	4	4	10184	172	0,79	5	5	4,41	0,43	0,02	5	BI_PI	4,874	BI_IL	3,571	BI_PD	5,00	KBI_str	0,61	0,43	6,042	A3	791,7
2	1808742	Vilniaus g.	C	5	1200	4	5	10215	138	0,98	4,2	4,91	3,22		0,22	4,52	BI_PI	3,849	BI_PD	3,518	BI_PD	5,00	KBI_str	0,61	0,34	5,956	A3	252
3	1368688	S. Daukanto g.	C	4	1100	2	4	21104	9	0,56	3,4	3,45	4,36	1,05	0,58	3,871	BI_PI	4,735	BI_IL	2,559	BI_PD	4,53	KBI_str	1,15	0,02	5,691	A3	231
4	1219842	Statybininkų g.	C	2	820	2	2	10084	6	0,59	5	4,89	4,23	0,44		5	BI_PI	4,687	BI_IL	3,48	BI_PD	5,00	KBI_str	0,61	0,02	5,622	A3	172,2
5	1219952	Sodo g.	C	5	1580	2	2	10084	6	0,28	5	5	4,69	0,84	0,52	5	BI_PI	5	BI_IL	3,611	BI_PD	5,00	KBI_str	0,61	0,02	5,622	A3	331,8
6	1220694	Dvaro g.	C	2	1570	2	2	8917	53	0,39	3,8	5	4,52	1,28		4,207	BI_PI	4,963	BI_IL	3,587	BI_PD	4,96	KBI_str	0,53	0,13	5,621	A3	329,7
7	1454315	Birutės g.	C	4	280	2	2	10232		0,92	5	5	3,89	0,68	0,18	5	BI_PI	4,371	BI_IL	3,607	BI_PD	5,00	KBI_str	0,62		5,615	A3	58,8
8	1219694	Žemaitės g.	C	1	710	2	2	5799	81	0,33	5	5	5	0,26	0,05	5	BI_PI	5	BI_IL	3,538	BI_PD	5,00	KBI_str	0,35	0,20	5,550	A3	149,1
9	1220694	Dvaro g.	C	3	1390	2	3	8089	17	0,57	5	5	5	1,12	0,05	5	BI_PI	5	BI_IL	3,595	BI_PD	5,00	KBI_str	0,49	0,04	5,528	A3	291,9
10	1220125	Panevėžio g.	C	2	1300	2	2	4682	85	0,69	5	5	4,97	1,28	0,2	5	BI_PI	5	BI_IL	3,625	BI_PD	5,00	KBI_str	0,28	0,21	5,494	A3	273
11	1220599	Javų g.	C	1	670	2	2	583	172	0,26	5	5	5		0,02	5	BI_PI	5	BI_IL	3,518	BI_PD	5,00	KBI_str	0,04	0,43	5,466	A3	140,7
12	1460408	Vyturių g.	C	1	7040	2	2	6093	21	1,01	5	5	2,98	0,61		5	BI_PI	3,929	BI_PD	3,591	BI_PD	5,00	KBI_str	0,37	0,05	5,418	A3	1478,4
13	1220125	Panevėžio g.	C	3	1040	2	2	3102	85	0,86	5	4,07	3,7	1,09	0,55	5	BI_PI	4,167	BI_IL	3,01	BI_PD	5,00	KBI_str	0,19	0,21	5,398	A3	218,4
14	1219952	Sodo g.	C	6	800	2	2	6265		0,6	5	5	3,43	0,12	0,12	5	BI_PI	3,956	BI_PD	3,554	BI_PD	5,00	KBI_str	0,38		5,375	A3	168
15	1808757	Vytauto g.	C	6	810	2	3	4142		0,78	5	5	4,54	0,18		5	BI_PI	4,995	BI_IL	3,556	BI_PD	5,00	KBI_str	0,25		5,249	A3	170,1
16	1808757	Vytauto g.	C	2	830	2	2	5120	9	0,32	3,93	5	2,52	1,08		4,157	BI_PI	3,869	BI_PD	3,573	BI_PD	4,80	KBI_str	0,29	0,02	5,117	A3	174,3
17	1219952	Sodo g.	C	2	740	2	2	1529	6	0,35	5	5	4,18	0,9		5	BI_PI	4,657	BI_IL	3,566	BI_PD	5,00	KBI_str	0,09	0,02	5,109	A3	155,4
18	1220857	V. Bielskio g.	C	2	470	2	2	1640		0,78	5	5	5	0,82		5	BI_PI	5	BI_IL	3,588	BI_PD	5,00	KBI_str	0,10		5,099	A3	98,7
19	1807382	Metalistų g.	C	2	550	2	2	841		0,28	4,8	5	3,51			5	BI_PI	3,952	BI_IL	3,517	BI_PD	5,00	KBI_str	0,05		5,051	A3	115,5
20	1219876	Tilžės g.	B	10	1250	4	7	22241	402	1,41	2,73	1,36	1,3		0,88	2,966	BI_PI	1,587	BI_PI	1,125	BI_PD	3,21	KBI_str	0,86	0,64	4,702	A2	204,8
21	1460666	Dubijos g.	B	8	2420	3	3	15408	24	1,04	3,2	0,24	1,23	0,26	1,28	3,484	BI_PI	1,789	BI_PI	1,372	BI_Pr	3,76	KBI_str	0,70	0,05	4,501	A2	396,4
22	1219694	Žemaitės g.	C	7	2460	5	5	19870	194	0,58	2,2	3,86	3,51	1,32	1,15	2,671	BI_PI	3,904	BI_IL	2,918	BI_PD	3,27	KBI_str	0,78	0,32	4,366	A2	372
23	1220804	Aušros al.	C	1	1220	2	4		158	0,65	2,87	4,66	3,52	0,92	0,65	3,275	BI_PI	3,939	BI_IL	3,412	BI_PD	3,92	KBI_str		0,31	4,225	A2	184,5
24	1454315	Birutės g.	C	2	580	2	3	6872	91	0,68	2,73	2,75	3,76	1,09	0,38	3,12	BI_PI	4,062	BI_IL	2,058	BI_PD	3,67	KBI_str	0,30	0,17	4,139	A2	87,7
25	1817652	S. Dariaus ir S. Girėno g.	C	1	2310	2	2	6084	212	0,63	2,47	4,5	2,78	0,81		2,72	BI_PI	3,475	BI_PD	3,228	BI_PD	3,30	KBI_str	0,24	0,35	3,893	A2	349,3
26	1808742	Vilniaus g.	C	6	3740	4	6	15099	138	0,57	1,4	5	3,01	1,09		2,016	BI_IL	3,811	BI_PD	3,589	BI_PD	3,05	KBI_komf	0,55	0,21	3,811	A2	565,5
27	1450692	J. Basanavičiaus g.	C	5	1300	2	2	10973	115	0,64	2,47	3,27	2,55	0,71	0,32	2,743	BI_PI	2,855	BI_IL	2,395	BI_PD	3,20	KBI_str	0,42	0,18	3,806	A2	196,6
28	1367992	Ukmergės g.	C	1	890	2	2	1000	3	0,85	2,73	5	3,7	0,79		3,063	BI_PI	4,089	BI_IL	3,59	BI_PD	3,73	KBI_str	0,05	0,01	3,782	A2	134,6
29	1219876	Tilžės g.	C	7	2520	4	6	27061	599	0,93	1,53	3,21	2,14	1,2	1,82	2,06	BI_Pr	2,61	BI_PD	2,545	BI_PD	2,51	KBI_str	0,75	0,50	3,758	A1	175,4
30	1367992	Ukmergės g.	C	3	700	2	2	502		0,68	2,8	5	2,7	0,59		3,043	BI_PI	3,825	BI_PD	3,57	BI_PD	3,68	KBI_str	0,02		3,706	A2	105,9
31	1219694	Žemaitės g.	C	8	2040	4	4	29013	16	0,77	2,13	1,62	1,74	1,42	1,05	2,428	BI_PI	2,011	BI_IL	1,356	BI_PD	2,73	KBI_str	0,82	0,02	3,566	A1	142
32	1368673	Gegužių g.	B	3	1260	4	5	15523	272	0,8	2	1,43	1,98	0,83	1,28	2,351	BI_PI	2,232	BI_IL	1,47	BI_Pr	2,68	KBI_str	0,50	0,36	3,541	A1	95,1
33	1219694	Žemaitės g.	C	3	780	2	2	10179		0,42	2,27	0,8	2,9	1,12	1,12	2,682	BI_PI	3,128	BI_IL	1,257	BI_Pr	3,08	KBI_str	0,38		3,458	A2	118
34	1808757	Vytauto g.	C	3	960	2	3	12456	116	0,46	2,2	3,01	2,27	1,52		2,404	BI_PI	2,556	BI_IL	2,211	BI_PD	2,82	KBI_str	0,42	0,16	3,404	A1	66,9
35	1368688	S. Daukanto g.	C	5	390	2	2	517		0,65	1,47	1,64	4,26			2,776	BI_IL	4,401	BI_IL	1,187	BI_PD	3,37	KBI_komf	0,02		3,386	A2	59
36	1220087	Serbentų g.	B	3	3650	4	5	25899	96	0,71	1,87	2,4	1,35	1,19	1,12	2,143	BI_PI	1,954	BI_PD	1,894	BI_PD	2,48	KBI_str	0,74	0,12	3,338	A1	275,3
37	1219694	Žemaitės g.	C	6	940	2	2	10272	162	0,63	1,93	3,23	3,03	1,85	0,12	2,219	BI_PI	3,335	BI_IL	2,403	BI_PD	2,72	KBI_str	0,34	0,22	3,279	A1	65,5
38	1808757	Vytauto g.	C	1	1670	2	2	9222	28	0,42	2	4,55	2,42	1,49	0,05	2,225	BI_PI	3,489	BI_PD	3,29	BI_PD	2,85	KBI_komf	0,31	0,04	3,202	A1	116,3
39	1460685	Ežero g.	C	1	250	2	3	8256		0,53	1,6	4,63	2,81	0,52	0,6	2,007	BI_IL	3,563	BI_PD	3,359	BI_PD	2,87	KBI_komf	0,28		3,153	A1	17,4
40	1460685	Ežero g.	C	2	140	1	2			0,58	2,4		3,58	0,29	0,22	2,752	BI_PI	3,692	BI_IL	0,384	BI_B	3,14	KBI_str			3,141	A2	21,2
41	1808757	Vytauto g.	C	5	1160	3	5	10656	144	0,37	1,6	4,19	2,38	1,39	0,45	1,875	BI_PI	3,24	BI_PD	3,07	BI_PD	2,62	KBI_komf	0,34	0,19	3,141	A1	80,8
42	1460666	Dubijos g.	B	6	3410	4	4	24826	20	1,36	1,53	1,7	2,56	0,94	1,48	1,965	BI_IL	2,824	BI_IL	1,728	BI_Pr	2,37	KBI_str	0,71	0,02	3,101	A1	257,2
43	1219952	Sodo g.	C	3	460	2	2	1529	6	0,68	2,13	2,47	3,56	0,77		2,456	BI_IL	3,793	BI_IL	1,808	BI_PD	2,97	KBI_komf	0,06	0,01	3,034	A1	32,1
44	1220087	Serbentų g.	B	1	4200	4	5	12013	51	0,83	2,13	2,06	1,21	1,08	0,28	2,277	BI_PI	1,662	BI_PD	1,574	BI_PD	2,56	KBI_str	0,37	0,07	2,990	A1	316,7
45	1853034	Pramonės g.	C	3	2010	4	4	23040	144	1,07																		

4. BENDROSIOS IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

1. Šiaulių miesto gatvių su asfalto danga būklei įvertinti taikyta pažangi, daugiakomponentė vertinimo metodika, apimanti automatizuotus paviršiaus defektų matavimus, konstrukcijos tyrimus georadaru ir gręžiniais bei eismo intensyvumo analizę. Šie duomenys leido objektyviai įvertinti dangos būklę daugiau nei 480 km ilgio gatvių tinkle, taikant vertinimą tiek 10 m atkarpų lygmeniu, tiek homogeninių ruožų lygmeniu.
2. Gatvių dangos remonto sprendiniai parinkti atsižvelgiant į SBI reikšmę, numatant tris atnaujinimo rūšis:
 - A1 – viršutinio sluoksnio atnaujinimas, kai dangos būklė vidutinė;
 - A2 – viršutinio ir dalies apatinio sluoksnio atnaujinimas, kai dangos būklė bloga;
 - A3 – viršutinio ir apatinio dangos sluoksnių atnaujinimas, kai būklė labai bloga.
3. Numatyti gatvių atnaujinimo metodai pagrįsti Lietuvoje galiojančiais normatyviniais techniniais dokumentais (įrengimo taisyklėmis IT APM 10 ir techninių reikalavimų aprašu TRA APM 10) bei gautais Šiaulių miesto dangų tyrimų rezultatais.
4. Preliminariai apskaičiuota, kad visų remonto prioritetiniame sąraše esančių gatvių ruožų atnaujinimui reikalinga apie 30,9 mln. Eur su PVM. Iš jų 11,1 mln. Eur – B ir C kategorijų gatvių atnaujinimui ir 19,8 mln. Eur – D kategorijos gatvių atnaujinimui. Gatvių atnaujinimui reikalingų lėšų suma yra orientacinė ir atliekant detalius tyrimus projekto (objekto) lygiu gali atsirasti poreikis keisti sluoksnių storius, pritaikyti specialius sprendinius ar optimizuotas dangų konstrukcijas.
5. Rekomenduojama artimiausiu metu pradėti įgyvendinti sudarytus remonto prioritetinius sąrašus, pirmiausia orientuojantis į ruožus su aukščiausiu RPB. Kiekvienam atnaujinamam ruožui turi būti numatomi projektiniai sprendiniai projekto (objekto) lygiu.

5. LITERATŪRA

Braga A. 2005. Dangų degradacijos modeliai ir jų taikymas Lietuvos automobilių keliams (Models of Pavement Deterioration and their Adaptation to Lithuanian Automobile Roads), : 154.

COST Action 354 2008. Performance Indicators for Road Pavements. Final Report.

Vaitkus A., Čygas D., Kleizienė R. 2014. Research of Asphalt Pavement Rutting in Vilnius City Streets Proc. of the 9th International Conference „Environmental Engineering 2014“, 22-23 May, 2014, Vilnius, Lithuania. , Vilnius, Lithuania: Vilnius Gediminas Technical University Press “Technika” 2014. DOI: 10.3846/enviro.2014.172

Lietuvos statistikos departamentas 2025. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt>]

Lietuvos automobilių kelių direkcija 2020. Vidutinio metinio paros eismo intensyvumo apskaičiavimo iš trumpalaikio matavimo duomenų rekomendacijos R VMPEI TM 20

Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija 2025. Automobilių kelių standartizuotų dangų konstrukcijų projektavimo taisyklės.

PRIEDAI

A priedas. Eismo intensyvumo matavimų rezultatai.

B priedas. Asfalto dangos sluoksnių storio nustatymo pagal paimtus gręžinius ėminius rezultatai.

C priedas. Asfalto dangos sluoksnių storio nustatymo pagal georadaro matavimus suvestinė.

D priedas. B ir C kategorijos gatvių remonto prioritetinis sąrašas.

E priedas. D kategorijos gatvių remonto prioritetinis sąrašas.

F priedas. Lentelėse ir erdvinių duomenų laikmenose pateikiamų stulpelių/atributų pavadinimų reikšmės.

G priedas¹. Erdvinių duomenų rinkiniai.

H priedas¹. Ortofotografinė dangos nuotrauka.

I priedas¹. Užfiksuota vaizdinė medžiaga.

¹ Užsakovui pateikta nuoroda į internetinę saugyklą