INHUS Engineering, UAB
Žarijų g. 6
LT-02300, Vilnius, Lietuva

engineering@inhus.eu
M. +370 700 80000
F. +370 700 80001

Dokumentas	**STATINIO TECHNINĖS BŪKLĖS VERTINIMO ATASKAITA**
Dalis	**KONSTRUKCIJŲ TECHNINĖS BŪKLĖS VERTINIMAS**
Kompleksas	**HE-25-I.006-SK (1-TOMAS)**
Objektas	**TILTAS, GELEŽINKELIO LINIJOJE VILNIUS-KLAIPĖDA 95+185 KM** **JONAVA, JONAVOS M. SAV.**
Darbo sritis	**KONSTRUKCIJŲ (SK)**
Užsakovas	**AB „LTG INFRA“**

Pareigos	Vardas, Pavardė (atestato Nr.)	Parašas
Statinio ekspertizės vadovas		
Statinio dalies ekspertizės vadovas		
Jaunesnioji inžinierė		

VILNIUS, 2025

www.inhus.eu

INHUS Engineering, UAB
Įmonės kodas
301545597
PVM mok. Kodas
LT100003862515

Atsiskaitomoji sąsk.
LT89 7300 0101 0615 2053
AB Swedbank
Banko kodas
73000
SWIFT kodas
HABALT22

AIŠKINAMASIS RAŠTAS

TURINYS

Įvadas ..... - 2 -
1 Bendri duomenys apie tiltą ..... - 2 -
1.1 Istoriniai duomenys apie esamą statinį ..... - 2 -
1.2 Pagrindiniai tilto rodikliai ir sutartiniai žymenys ..... - 3 -
2 Tilto detalioji apžiūra ir jos rezultatai ..... - 9 -
2.1 Perdangos plokščių tyrimai ..... - 9 -
2.2 Atraminių guolių tyrimai ..... - 10 -
2.3 Krantinių ir tarpinių atramų tyrimai ..... - 10 -
2.4 Tilto šlaitų tyrimai ..... - 11 -
2.5 šalitilčių tyrimai ..... - 11 -
2.6 Geležinkelio kelio elementų tyrimai ..... - 12 -
2.7 Gelžbetoninių konstrukcijų betono tyrimai ..... - 13 -
2.8 Tilto konstrukcijų detaliosios apžiūros išvados ..... - 13 -
3 Tilto statiniai ir dinaminiai bandymai ..... - 14 -
3.1 Statiniai bandymai ..... - 14 -
3.1.1 Matavimo prietaisai ir jų išdėstymas ..... - 15 -
3.1.2 Statinių bandymų eiga ..... - 16 -
3.1.3 Statinio bandymo rezultatai ..... - 19 -
3.2 Dinaminiai bandymai ..... - 27 -
3.2.1 Matavimo prietaisai ir jų išdėstymas ..... - 27 -
3.2.2 Dinaminis įlinkis ir dinaminis koeficientas ..... - 28 -
3.2.3 Vertikalių ir horizontalių pagreičių matavimai ..... - 28 -
3.2.4 Tilto savųjų svyravimų dažnis ir slopinimo koeficientas ..... - 33 -
4 Tilto konstrukcijų modeliavimas ..... - 34 -
4.1 Tilto konstrukcijų modeliavimo rezultatai ..... - 34 -
4.1.1 Skaičiuojamoji schema ..... - 34 -
4.1.2 Nuolatinės apkrovos ..... - 35 -
4.1.3 Kintamos apkrovos ..... - 35 -
4.1.4 Vertikaliųjų apkrovų ekscentricitetas ..... - 36 -
4.1.5 Keliamosios galios nustatymo metodika ..... - 37 -
4.1.6 Įrąžų, keliamosios galios, įlinkių ir savųjų svyravimų dažnių skaičiavimas ..... - 39 -
5 Apibendrinamosios išvados ir rekomendacijos ..... - 49 -

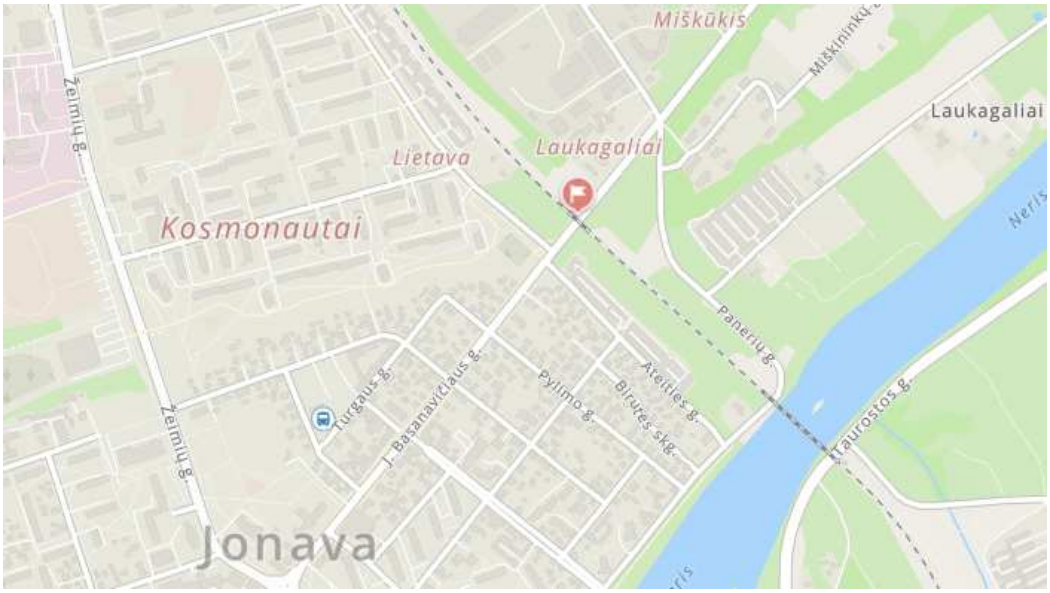
ĮVADAS

Darbai atliekami pagal AB „LTG Infra“ ir INHUS Engineering, UAB 2025 m. balandžio mėn. 25 d. sutartį Nr. SI-158/2025. Darbe pagal paslaugų teikimo techninę specifikaciją atliktas geležinkelio tilto, esančio geležinkelio linijoje Vilnius – Klaipėda 95+185 km, laikančiųjų konstrukcijų ir elementų techninės būklės vertinimas. Tyrimų metu atlikti eksploatuojamos tilto dalies patikrinamieji statiniai ir dinaminiai bandymai, laikančiųjų konstrukcijų analizė bei patikrintas jų atitikimas esminiams statinio reikalavimams. Taip pat nustatyta statinio kategorija pagal keliamąją galią bei kokiomis apkrovomis bei sąlygomis galima pervežti krovinius tiriamo tilto konstrukcija.

1 BENDRI DUOMENYS APIE TILTĄ

1.1 ISTORINIAI DUOMENYS APIE ESAMĄ STATINĮ

Tikslūs metai, kada tiltas geležinkelio linijoje Vilnius – Klaipėda 95+185 km (tilto vietą žr.1.1 pav.) buvo pastatytas pirmą kartą nėra žinomi. Remiantis informacija tilto kortelėje, 1963 m. tilto metalinis tarpatramis pakeistas gelžbetoninėmis plokštėmis, o 1984 m. viadukas buvo perstatytas pagal naują projektą.



1.1 pav. Tilto vieta geležinkelio linijoje Vilnius – Klaipėda 95+185 km



1.2 pav. Geležinkelio tilto fasadas iš Klaipėdos pusės

Tilto konstrukciją sudaro dvi lygiagrečios keturių angų, karpytos, atremtos į gelžbetonines atramas perdangos iš g/b plokščių, ramtai g/b poliniai su atramine aikštele, taip pat suformuoti sparnai ir atkaltės, taurų pamatai g/b poliniai, taurų liemuo – g/b į viršų platėjančios kolonos, viršuje apjungtos po dvi. Bendras tilto perdangų ilgis – 50,0 m, o viso tilto ilgis (iki ramtų galų) – 54,6 m. Vienos perdangos plotis su šalitilčiais – 5,3 m, bendras viso tilto plotis su šalitilčiais – 10,6 m.

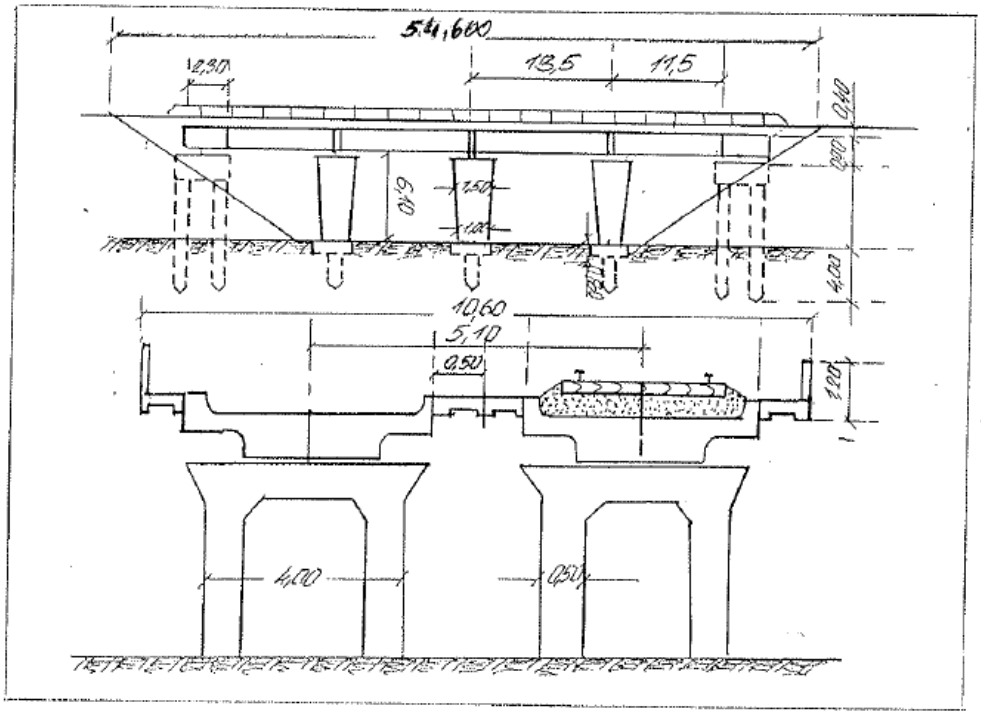
Viena tilto perdanga neeksploatuojama, o kita eksploatuojama. Geležinkelio kelias ant tilto eksploatuojamos dalies: vienkelis balastinis kelias, kelio vėžės plotis – 1520 mm.



1.3 pav. Geležinkelio tilto vaizdas į Klaipėdos pusę

1.2 PAGRINDINIAI TILTO RODIKLIAI IR SUTARTINIAI ŽYMENYS

Tiltas pastatytas Vilnius – Klaipėda geležinkelio linijoje 95+185 km. Tilto savininkas AB „LTG Infra“.



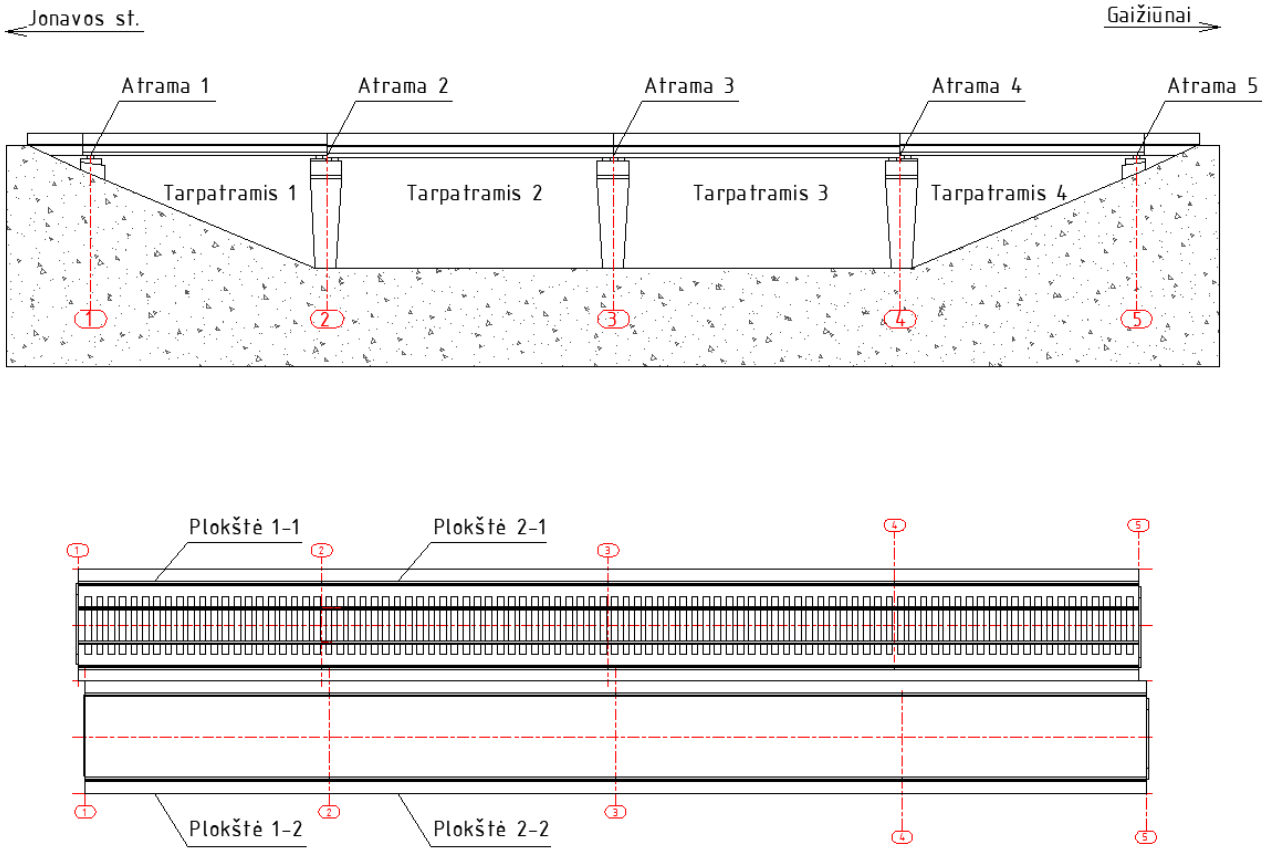
1.4 pav. Pagrindiniai tilto rodikliai (ištrauka iš tilto kortelės)

Tilto techniniai rodikliai:

- Tilto ilgis tarp kraštinių atramų sparnų galų – 54,6 m.
- Tilto ilgis tarp kraštinių atramų atkalčių – 50,0 m.
- Tilto perdangos formulė 11,5+2*13,5+11,5=50,0 m.
- Geležinkelio kelias ant tilto: vienkelis balastinis ant medinių pabėgių, kelio vėžės plotis – 1520 mm.
- Tilto statybos metai – 1984 m (perstatytas pagal naują projektą).

Pagrindiniai tilto rodikliai pateikti 1.4 pav., o tilto kortelė bei brėžiniai (fasadas, planas, pjūviai), sudaryti remiantis tilto kortele bei atliktais tilto konstrukcijų geometriniais matavimais, pateikti priede.

Tilto konstrukcijų pagrindiniai sutartiniai žymėjimai pateikti 1.5 pav. Tilto atramos ir tarpatramiai skaičiuojami nuo Klaipėdos pusės link Vilniaus. Tilto atrama Klaipėdos krypties pusėje yra Atrama Nr. 1, o atrama Vilniaus krypties pusėje – Atrama Nr. 5. Tarpatramis tarp Atramos Nr. 1 ir Atramos Nr. 2 yra Tarpatramis 1, tarp Atramos Nr. 2 ir Atramos Nr. 3 – Tarpatramis 2 ir t.t. Plokštė toliau Jonavos centro pusės yra plokštė 1, plokštė arčiau Jonavos centro pusės yra plokštė 2.



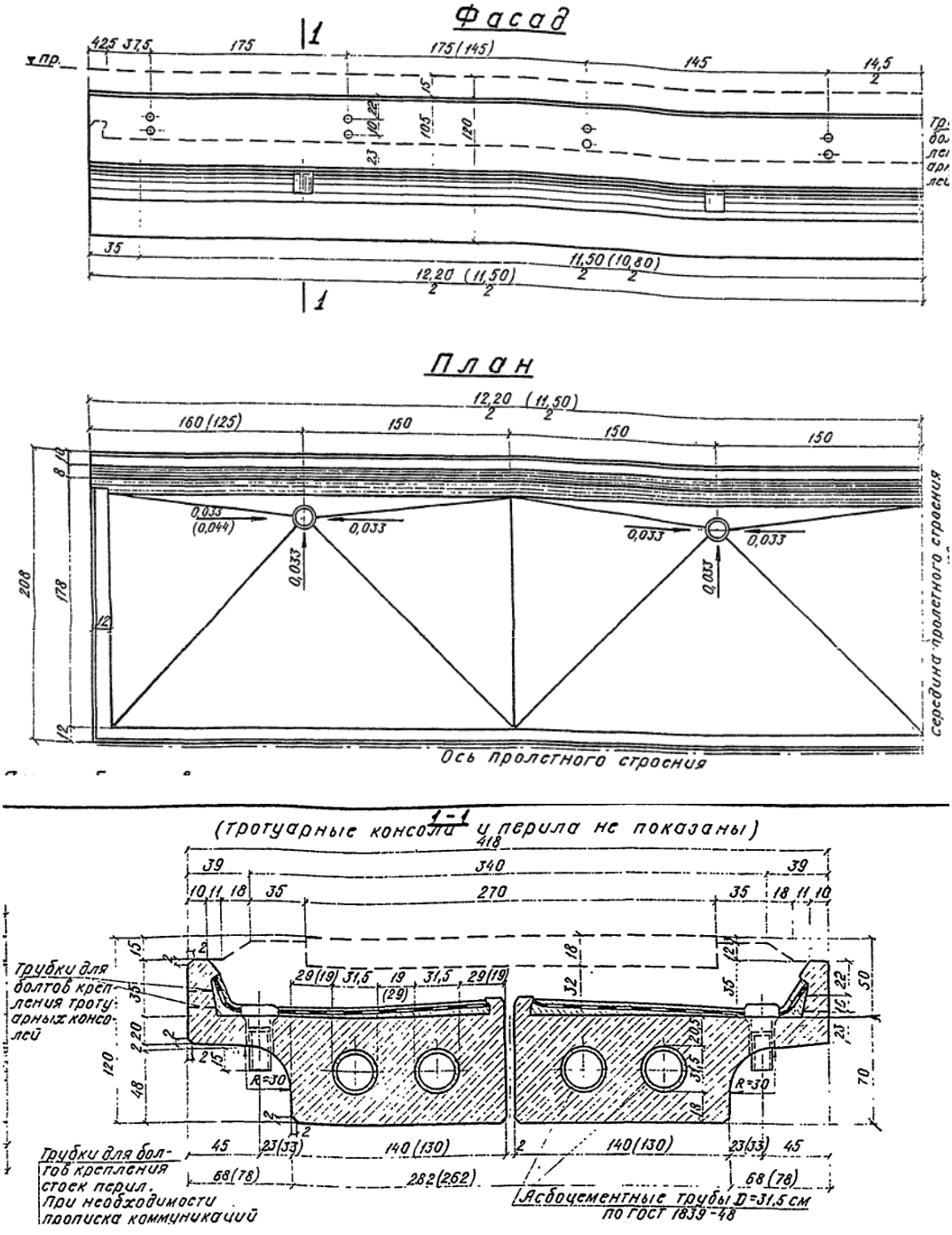
1.5 pav. Tilto konstrukcijų elementų sutartinis žymėjimas

Tilto perdanga kraštiniuose tarpatramiuose sudaryta iš gelžbetoninių 11,5 m ilgio plokščių, o viduriniuose tarpatramiuose iš gelžbetoninių 13,5 m ilgio plokščių. Plokščių bendras vaizdas pateiktas 1.6 pav., matmenys, remiantis tipiniu projektu TP 3.501-54 bei atliktais matavimais – 1.7 ir 1.9 pav.

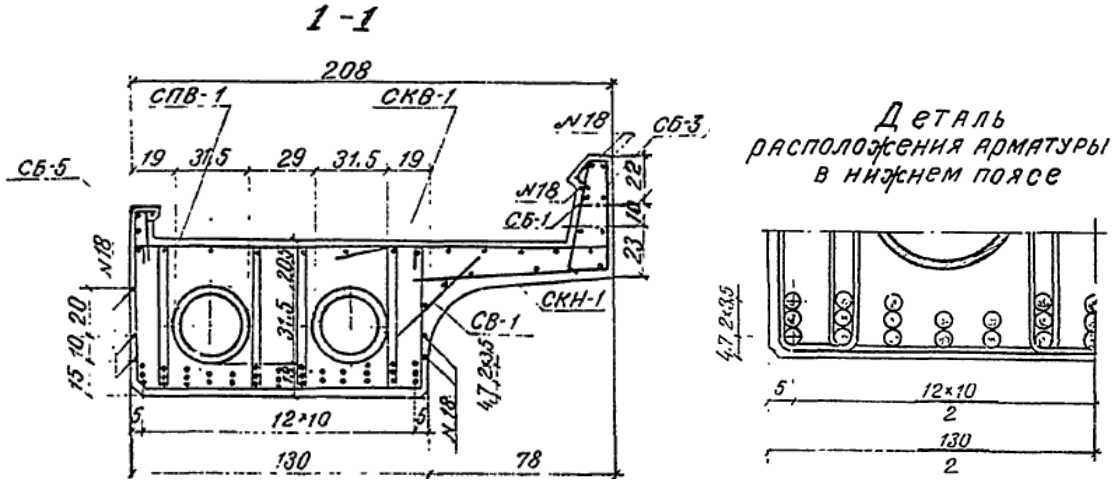




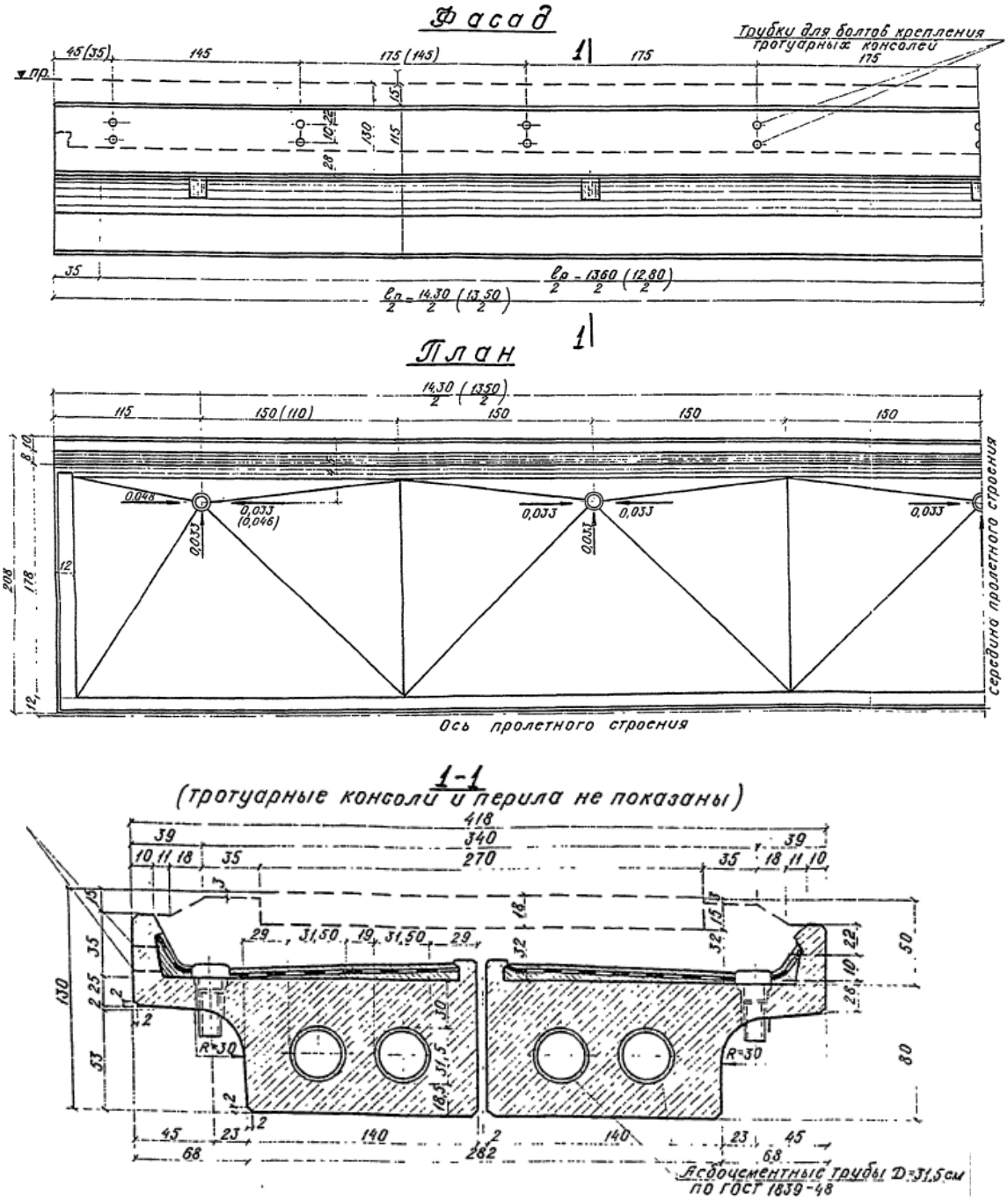
1.6 pav. Tilto perdangos plokštės



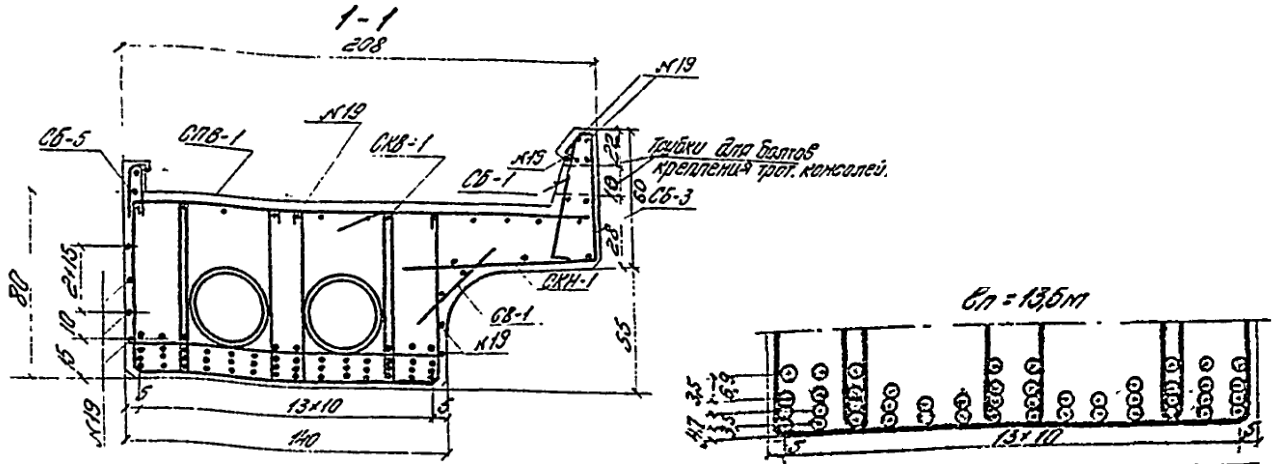
1.7 pav. Plokščių geometrija 11,5 m (1/4 tarpatramių) (šalitilčiai nerodomi)



1.8 pav. 11,5 m ilgio plokščių armavimas



1.9 pav. Plokščių geometrija 13,5 m (2/3 tarpatramių) (šalitilčiai nerodomi)



1.10 pav. 13,5 m ilgio plokščių armavimas

Tyrimuose visų elementų tikslus armavimas nenustatytas, jis priimtas pagal tipinį projektą. 1.8 ir 1.10 pav. pateiktas plokščių skersinis pjūvis, kuriame pavaizduotas jų armavimas. 11,5 m ilgio plokščių apatinė juosta armuota 2-3 eilėmis Ø32 mm A-II klasės armatūros strypais, viršutinė plokščių juosta armuota Ø8 mm A-I klasės armatūros tinklais, sankabos – Ø10 mm armatūros lankstiniai. 13,5 m ilgio plokščių apatinė juosta armuota 2-4 eilėmis Ø32 mm A-II klasės armatūros strypais, viršutinė plokščių juosta armuota Ø8 mm A-I klasės armatūros tinklais, sankabos – Ø10 mm armatūros lankstiniai. Armatūros klasė A-I atitinka S240 pagal STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“, jos skaičiuotinė takumo riba f_{yd} = 210 MPa, o tamprumo modulis – E_s = 205 GPa, o A-II klasės skaičiuotinė takumo riba f_{yd} = 310 MPa, o tamprumo modulis – E_s = 205 GPa. Pagal tipinį projektą 11,5 m ilgio plokštės betonas M300, o 13,5 m ilgio plokštės betonas M400.

Abiejose tilto perdangos pusėse įrengti šalitilčiai su gelžbetoninių briaunotų plokščių paklotu. Šalitilčio plokštės 540 mm pločio.



1.11 pav. Tilto šalitilčiai

Išorinėje šalitilčių pusėje įrengti metaliniai turėklai, jų aukštis nuo einamojo paviršiaus – 110 cm, turėklų porankių ir statramsčių skerspjūvis L75x75x6, užpildo elementai strypai Ø18 mm. Šalitilčiai prie

perdangos tvirtinami per tipines metalines konsoles. Šalitilčių bendri vaizdai pateikti 1.11 pav., o jų tvirtinimo prie perdangos konstrukcijų metalinės konsolės 1.12 pav.



1.12 pav. Tilto šalitilčių metalinės konsolės

Tilto perdangos plokštės atremtos ant atramų per metalinius išgaubtuosius bebriaunius paslankius ir nepaslankius atraminius guolius. Atraminiai guoliai prie plokščių bei atramų pritvirtinti juos privirinant prie įdėtinių detalių, esančių šiose konstrukcijose. Guolių vaizdai pateikti 1.13 pav.



1.13 pav. Atraminiai guoliai

Tilto perdanga atremta ant ramtų ir taurų, atramų pamatai poliniai, apjungti rostverku, taurų liemuo – g/b į viršų platėjančios kolonos, viršuje apjungtos po dvi (1.14 pav.). Atramų viršuje yra suformuotos atraminės aikštelės guoliams.



1.14 pav. Kraštinė atrama (kairėje) ir tarpinės atramos

Geležinkelio sankasa piltinė, sutvirtinta betoninėmis plytelėmis.



1.15 pav. Geležinkelio kelio sankasa ir jos sutvirtinimas

2 TILTO DETALIOJI APŽIŪRA IR JOS REZULTATAI

Tyrimų metu atlikta detali statinio konstrukcijų ir elementų apžiūra. Vizualinės apžiūros metu užfiksuoti defektai ir pažaidos apibendrintai aprašyti tolesniuose poskyriuose.

2.1 PERDANGOS PLOKŠČIŲ TYRIMAI

Vizualinės apžiūros metu plokštėse esminių defektų ar pažaidų turinčių įtakos konstrukcijų laikomajai galiai neužfiksuota, todėl jų būklę galima vertinti kaip gerą, tačiau žemiau pateiktus defektus ir pažaidas būtina pašalinti siekiant užtikrinti konstrukcijų ilgaamžiškumą ir saugų tolesnį eksploatavimą. Perdangos hidroizoliacija bei deformacinės siūlės yra nesandarios, todėl konstrukcijos neapsaugomos nuo vandens poveikio. Perdangos plokštėse matomos vandens pratakos, išplauti cementinio akmens elementai, apkerpėjęs, apsamanojęs paviršius, vietomis matomi paviršiniai plyšiai, atšokęs apsauginis betono sluoksnis ir armatūros korozija ties deformaciniais pjūviais. Taip pat vandens nuvedimo šulinėliai yra sukorodavę, ties jais pratekantis vanduo nuolat drėkina perdangos plokštes. Būtina sutvarkyti tilto perdangos hidroizoliaciją, deformacines siūles bei atnaujinti vandens nuvedimo sistemą, suremontuoti plokštes.



2.1 pav. Apkerpėjęs, apsamanojęs plokščių paviršius, įdėtinių detalių korozija



2.2 pav. Kiauri deformaciniai pjūviai, nusidėvėjusi, sukorodavusi vandens nuvedimo sistema

2.2 ATRAMINIŲ GUOLIŲ TYRIMAI

Vizualinės apžiūros metu nustatyti atraminių guolių tipai, geometriniai parametrai, fiksuotos pažaidos ir defektai. Atraminių guolių konstrukcijų būklė gera, tačiau matoma elementų paviršinė korozija ir atšokusi, vietomis nusilupusi apsauginė danga. Atraminius guolius reikalinga nušveisti ir padengti antikorozine danga.



2.3 pav. Atraminių guolių būklė gera, vietomis atšokus apsauginė danga

2.3 KRANTINIŲ IR TARPINIŲ ATRAMŲ TYRIMAI

Vizualinės apžiūros metu užfiksuoti defektai ir pažaidos nėra esminiai, todėl tilto atramų būklę galima įvardinti kaip gerą. Dėl nesandarios hidroizoliacijos ir deformacinių pjūvių vanduo prateka ant tilto atramų konstrukcijų, paviršiai yra apsamanoję, vietomis pastebimi paviršiniai plyšiai. Reikalinga įrengti naujas tilto deformacinių pjūvių konstrukcijas, nuvalyti atramas bei padengti jų paviršių apsaugine danga.




2.4 pav. Kiauri deformaciniai pjūviai, matomos vandens pratakos ant atramų, pažeistas betono paviršius

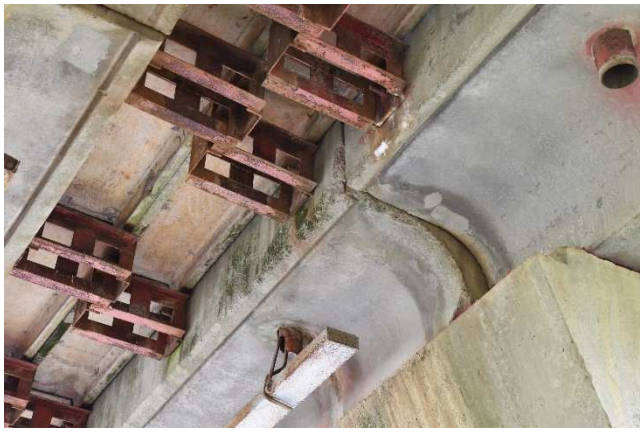
2.4 TILTO ŠLAITŲ TYRIMAI




2.5 pav. Išplautas šlaitas ir jo tvirtinimas

Atliekant vizualinę apžiūrą pastebėta, jog šlaitas, esantis Jonavos geležinkelio stoties pusėje yra išplautas, įgriuvusios šlaito tvirtinimo betoninės plytelės.

2.5 ŠALITILČIŲ TYRIMAI


2.6 pav. Paviršinė elementų korozija, kai kur per trumpi šalitilčių tvirtinimo varžtai

Šalitilčio takai tvirtinami per metalines konsoles prie perdangos plokščių varžtais. Vizualinės apžiūros metu esminių pažaidų ar defektų, turinčių įtakos šalitilčius laikantiems metalinės konsolės elementams neužfiksuota, todėl galima daryti išvadą, kad šių elementų techninė būklė patenkinama. Užfiksuoti defektai ir pažaidos apžiūros metu: konsolių elementų paviršinė korozija, kai kuriose vietose matomi per trumpi konsolių tvirtinimo prie plokščių varžtai. Šalitilčių gelžbetoninių plokščių paviršius dėl išorinių aplinkos veiksnių apsamanojęs, kai kuriose vietose matoma armatūros korozija.



2.7 pav. Šalitilčių plokščių paviršius vietomis apsamanojęs, nusidėvėjęs, kai kur matoma armatūros korozija

Plieninių turėklų būklė patenkinama, matoma elementų korozija, atšokę, atsilupę apsauginiai dažai, kai kurie turėklų užpildo elementai sulankstyti ar nutrūkę.



2.8 pav. Turėklų paviršius koroduoja, atšokusi apsauginė danga, sulankstyti, nutrūkę kai kurie turėklų užpildo elementai

2.6 GELEŽINKELIO KELIO ELEMENTŲ TYRIMAI



2.9 pav. Trūkę mediniai pabėgiai

Vizualinės apžiūros metu bėgių ar gretbėgių ir jų tvirtinimo elementų defektų neužfiksuota, tačiau mediniuose pabėgiuose pastebėti įtrūkimai, kas turi įtakos jų laikomajai galiai. Medinių pabėgių techninė būklė prasta, juos būtina keisti arba remontuoti mažinant trūkių plitimą.

2.7 GELŽBETONINIŲ KONSTRUKCIJŲ BETONO TYRIMAI

Esamo konstrukcijų betono būklei ištirti ir įvertinti atlikti neardomieji bandymai. Neardančiuoju metodu betono stiprumas nustatytas, taikant „Schmidt“ plaktuką. Bandymo taškuose buvo atliekama ne mažiau kaip po 10 matavimų. Apdorojant duomenis mažiausioji ir didžiausioji atšokimo reikšmės buvo atmestos. Atšokimo duomenų imtį apdorojus statistiškai, įvertinus rezultatų sklaidą, prietaiso paklaidą bei rezultatų patikimumą nustatyta betono klasė.

Neardančiaisiais metodais betono stipris nustatytas atramose bei perdangos plokštėse bandymą kartojant atramose 5 kartus, o perdangos plokštėse – 2, iš viso 7 vietose. Bandymo metu surinktus duomenis apdorojus statistiškai, gauti rezultatai pateikti 2.1 lentelėje.

Išanalizavus rezultatus gauta, jog neardančiaisiais metodais nustatytas betono stipris atramose atitinka ne mažesnę nei C30/37 betono klasę, o perdangos plokštėse ne žemesnę kaip C40/50 betono klasę.

2.1 lentelė. Neardančiais metodais nustatytas betono stipris

Elemento pozicija	Nr.	Vidutinis atgalinio smūgio dydis, R_{vid}	Vidutinis charakteristinis atgalinio smūgio dydis, R_{char}	Vidutinis charakteristinis kubinis betono stipris, f_{cp} (Mpa)	Betono klasė	Betono markė
Atrama	S-1	54,3	47,5	56,8	C 45/55	M 700
	S-2	53,0	46,3	54,5	C 45/55	M 700
	S-3	47,8	41,0	45,1	C 30/37	M 500
	S-4	54,5	47,8	57,2	C 45/55	M 700
	S-5	55,3	48,5	58,6	C 45/55	M 700
Perdangos plokštė	S-6	51,3	46,0	54,0	C 40/50	M 700
	S-7	50,5	45,2	52,6	C 40/50	M 600

2.8 TILTO KONSTRUKCIJŲ DETALIOSIOS APŽIŪROS IŠVADOS

Apibendrinus vizualinės apžiūros metu surinktą medžiagą apie konstrukcinių tilto elementų techninę būklę, galima teigti, kad atramose bei perdangos elementuose yra struktūrinių pažeidimų, kuriuos būtina pašalinti siekiant toliau saugiai eksploatuoti tilto konstrukcijas. Pažaidų šalinimui rekomenduojami sekantys darbai:

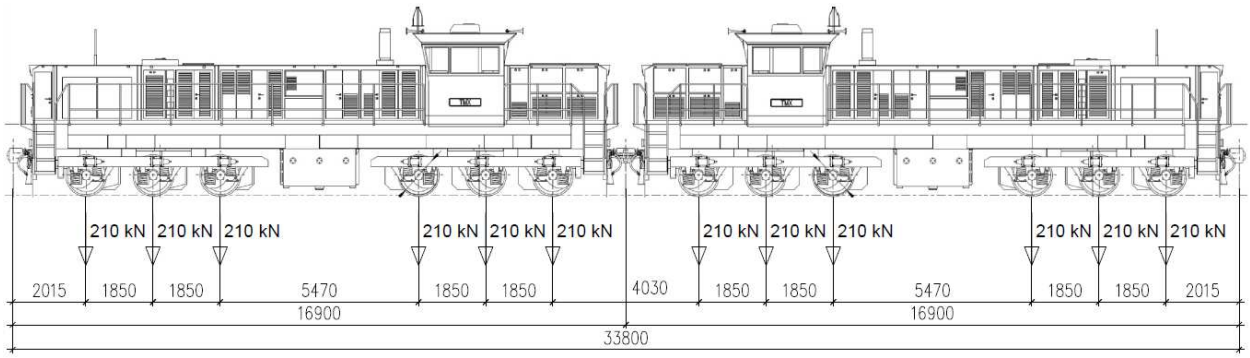
- pažeistų betono paviršių valymas ir atstatymas: nuvalomi betono paviršiai, pašalinami nesilaikantys betono gabalai, užtaisomos kavernos ir paviršinės pažaidos, atstatomas pažeistas apsauginis betono sluoksnis bei sudūlėję paviršiai; numatytiems atstatymo darbams rekomenduojama naudoti mineralinius remontinius R3 klasės mišinius;
- gelžbetoniniuose elementuose esančios koroduojančios armatūros remontas: koroduojančių ir atsidengusių armatūros strypų valymas bei armatūros padengimas antikorozine danga vietose, kur dėl armatūros korozijos atkibęs ar pilnai nukritęs apsauginis betono sluoksnis; siūloma naudoti įsigeriantį mišinį su korozijos greitį mažinančiais priedais;

- plyšių užtaisymas ir injektavimas: nuvalius gelžbetoninių konstrukcijų paviršių ir užfiksavus didesnius nei 0,5 mm pločio plyšius būtina juos išvalyti ir injektuoti; likusieji plyšiai užtaisomi vientisu remontinio mišinio sluoksniu;
- atramų betoninių paviršių padengimas atmosferos poveikiams atsparia danga; siūloma naudoti hidrofobinį impregnantą, kuris padidina betono atsparumą atmosferos poveikiams ir ženkliai sumažina vandens įgertį;
- hidroizoliacijos atstatymas ant perdangos ir aplink vandens nuleidimo šulinėlius;
- naujos vandens surinkimo ir nuvedimo sistemos įrengimas;
- naujų deformacinių siūlių įrengimas;
- metalinių konstrukcijų paviršiaus valymas ir padengimas apsaugine antikorozine danga;
- atsipalaidavusių varžtų priveržimas, nutrūkusių virinimo siūlių pervirinimas;
- šalitilčio plokščių keitimas arba paviršiaus atstatymas;
- turėklų lyginimas, valymas ir perdažymas;
- šlaitų tvirtinimo atstatymas;
- suskilusių medinių pabėgių keitimas.

Technines specifikacijas remontinėms medžiagoms bei darbams būtina numatyti, rengiant tilto konstrukcijų remonto projektą.

3 TILTO STATINIAI IR DINAMINIAI BANDYMAI

Bandymo objektas yra geležinkelio tiltas, esantis geležinkelio linijoje Vilnius – Klaipėda 95+185 km. Esamas tiltas keturių tarpatramių, karpytos perdangos konstrukcijos. Geležinkelio kelias su granito balastu ir mediniais pabėgiais. Siekiant nustatyti tilto atsparumą eismo poveikiams, tiltas buvo bandomas statine ir dinamine apkrovomis 2025 m. rugpjūčio 27-28 d. Bandymai buvo atliekami veikiant kontroliuojamo svorio bandomajai apkrovai, dviem sujungtiems šilumvežiams TEM TMH, ir judant kontroliuojamu judėjimo greičiu: 5–80 km/h.



3.1 pav. Du šilumvežiai TEM TMH, jų schema ir pagrindiniai matmenys

3.1 STATINIAI BANDYMAI

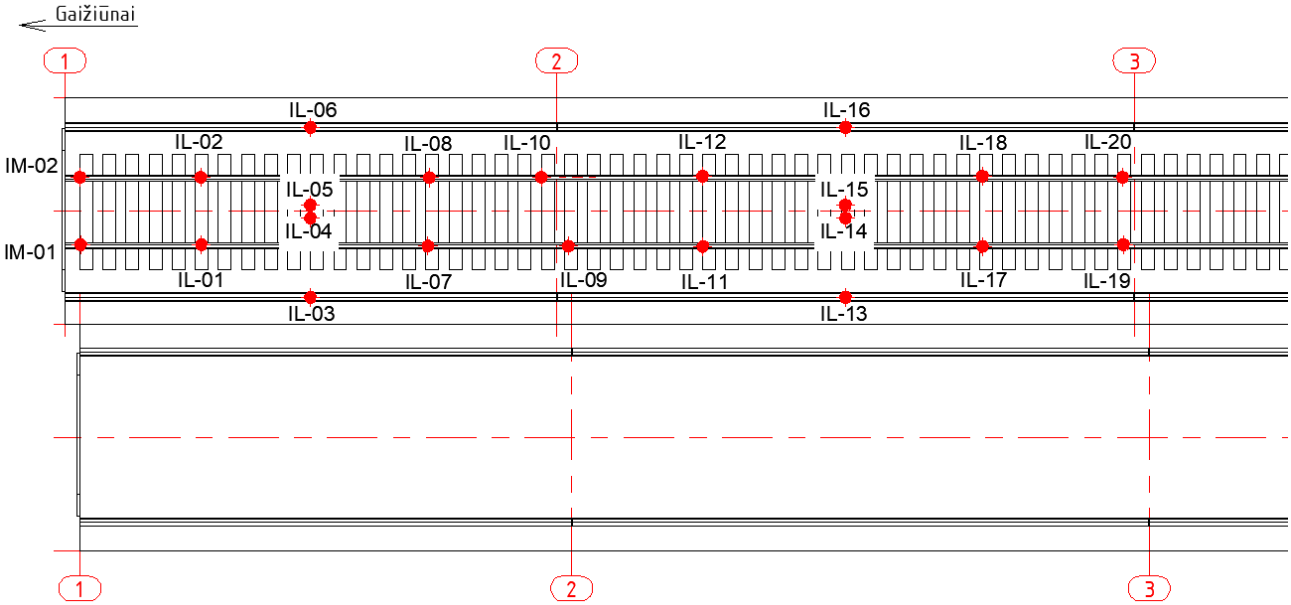
Siekiant nustatyti statinių apkrovų poveikį tilto konstrukcijoms bandymo metu tiltas apkrautas dviem lokomotyvais TEM TMH, kurių suminė apkrova 252 t, o ašies apkrova 21 t. Lokomotyvai, jų principinė schema

ir pagrindiniai matmenys pateikti 3.1 paveiksle. Lokomotyvai statinio bandymo metu buvo statomi į šešias padėtis – lokomotyvų 2 nuo priekio ašį statant į pirmo bei antro tarpatramio vidurį, lokomotyvo 6 bei paskutinę (12) ašį nuo priekio statant arčiau pirmos atramos, lokomotyvais apkraunant 1 bei 2 tarpatramių perdangą simetriškai jos vidurio atžvilgiu. Taip buvo siekiama gauti maksimalias plokščių įlinkio reikšmes visuose tilto tarpatramiuose. Numatomos lokomotyvų padėtys lokomotyvui važiuojant Jonavos st. – Gaižiūnai kryptimi pateiktos 3.4 – 3.13 paveiksluose.

3.1.1 Matavimo prietaisai ir jų išdėstymas

Statinio bandymo metu charakteringuose tilto perdangos pjūviuose matuoti poslinkiai. Poslinkiai matuoti 1 tarpatramio perdangos viduriniame pjūvyje (keturiuose taškuose: po 1 abiejų plokščių viduryje, taip pat po vieną ties išoriniais plokščių kraštais). Tarp atramų ir tilto vidurio buvo po 2 daviklius, skirtus matuoti ketvirčio poslinkius. Ties 2 atrama poslinkiai matuoti vieną daviklį padėjus per 0,5 m nuo atraminio guolio į 1 tarpatramio pusę ir kitą daviklį per 0,5 m nuo guolio į 2 tarpatramio pusę. Antrame tarpatramyje davikliai išdėstyti analogiškai: po 2 daviklius ketvirčiuose, 4 davikliai tarpatramio viduryje (2 ties perdangos plokštės centru, kiti du ties plokštės išoriniu kraštu) bei padėjus du daviklius ant 3 atramos, prie atraminių guolių.

Prietaisų išdėstymo schema statinio bandymo metu pateikta 3.2 paveiksle. Poslinkiams matuoti naudoti 0,01 mm tikslumo, 25, 50 ir 100 mm eigos skaitmeniniai įlinkiomačiai. Bandymo metu skaitmeninių įlinkiomačių signalas buvo perduodamas į imtuvą, kuris apdoroja gautus duomenis ir perduoda poslinkio skaitinę reikšmę į kompiuterio ekraną. Poslinkiai buvo matuojami visuose perdangos apkrovimo etapuose nuo lokomotyvų TEM TMH užvažiavimo ant tilto iki pilno nuvažiavimo nuo tilto konstrukcijos. Tokiu būdu galima nustatyti ne tik tampriuosius poslinkius, bet ir poslinkius, atsiradusius apkrovą išlaikant ant tilto. Nukrovus perdangą, nustatyti liekamieji įlinkiai. Statinio bandymo metu taip pat stebėta ir bendra tilto konstrukcijos elgsena.



3.2 pav. Statinių įlinkiomačių išdėstymo schema

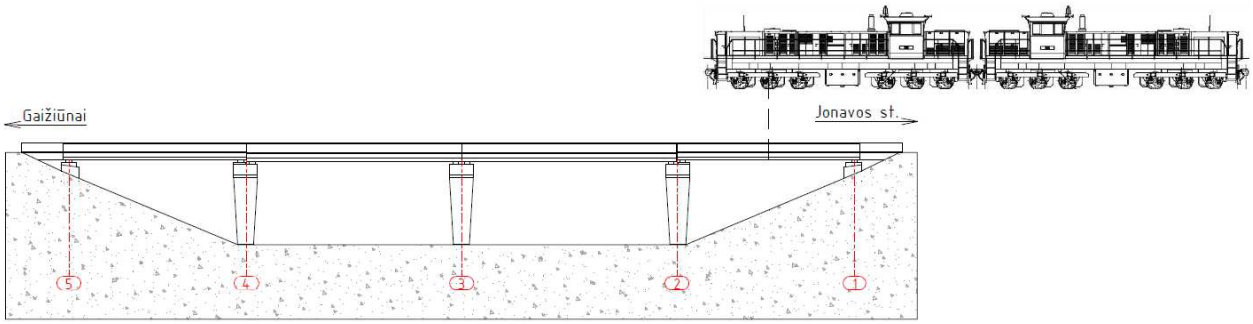


3.3 pav. Statinių įlinkiomačių išdėstymas bandymo metu

3.1.2 Statinių bandymų eiga

Atliekant natūrinius statinius bandymus numatyta sekanti veiksmų seka:

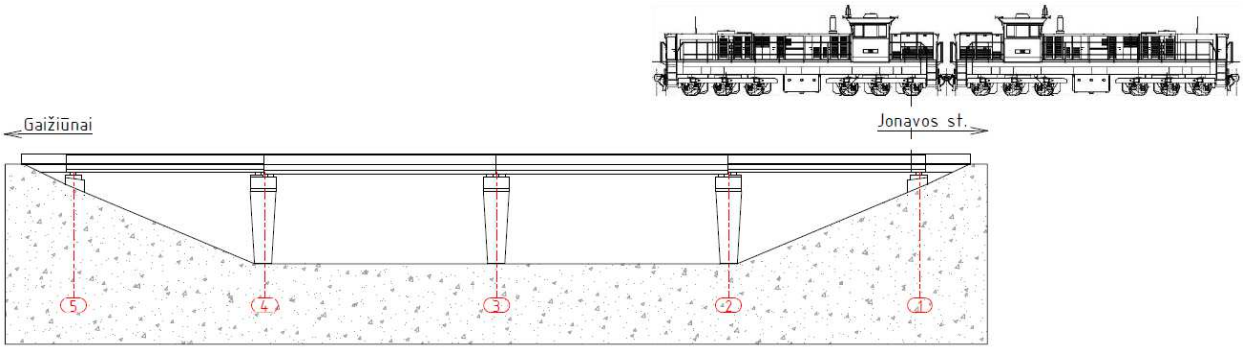
1. Lokomotyvai važiuoja 5 km/val greičiu Jonavos st. – Gaižiūnai, Gaižiūnai – Jonavos st. kryptimi per tiltą.
2. Statiniu poveikiu apkraunamas tiltas, statant lokomotyvą tarpatramių nepalankiausiose padėtyse (I – VI padėtys). Į padėtis važiuojama nuo Jonavos st. pusės pirmiausia apkraunant tarpatramį 1, vėliau apkraunant tarpatramį 2.
3. Lokomotyvui judant į numatytą padėtį fiksuojami konstrukcijos poslinkiai.
4. Lokomotyvui stovint ≥5 min numatytoje padėtyje fiksuojamas poslinkių pokytis.
5. Kartojami 3 ir 4 punktai sunkvežimiams esant kiekvienoje padėtyje.
6. Pilnai nukrovus perdangą fiksuojami liekamieji poslinkiai.
7. Kartojami 3-6 punktai į padėtis VI-I važiuojant nuo Gaižiūnų pusės.



3.4 pav. Šilumvežių padėtis ant tilto perdangos I padėtyje



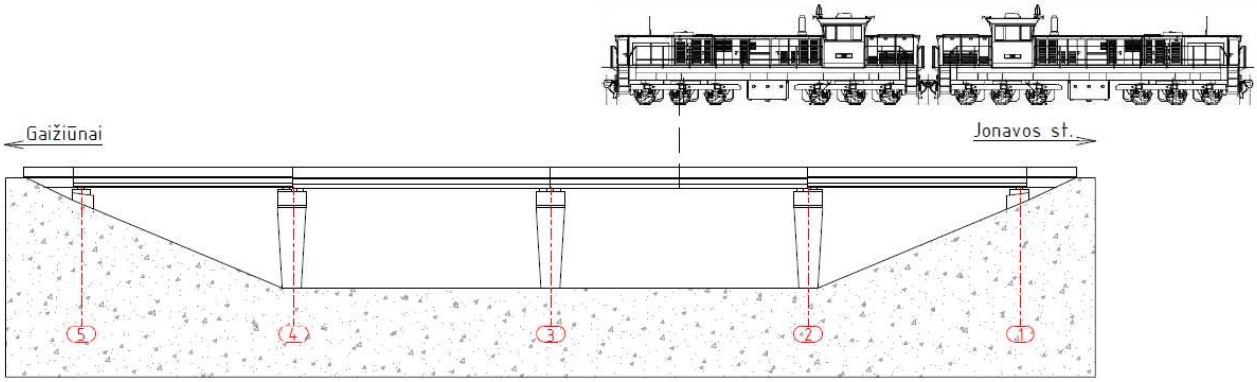
3.5 pav. Statinių bandymų eiga: šilumvežiai I padėtyje



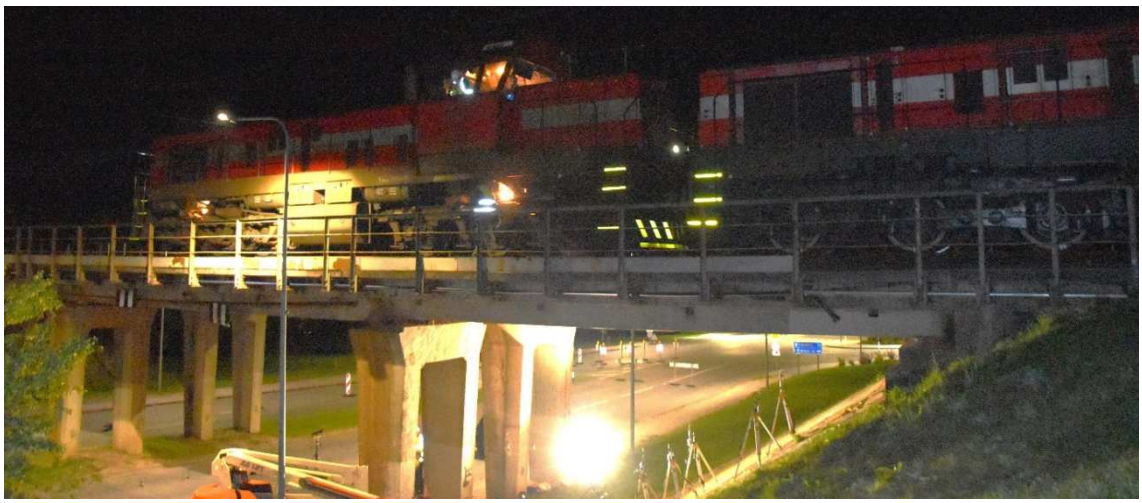
3.6 pav. Šilumvežių padėtis ant tilto perdangos II padėtyje



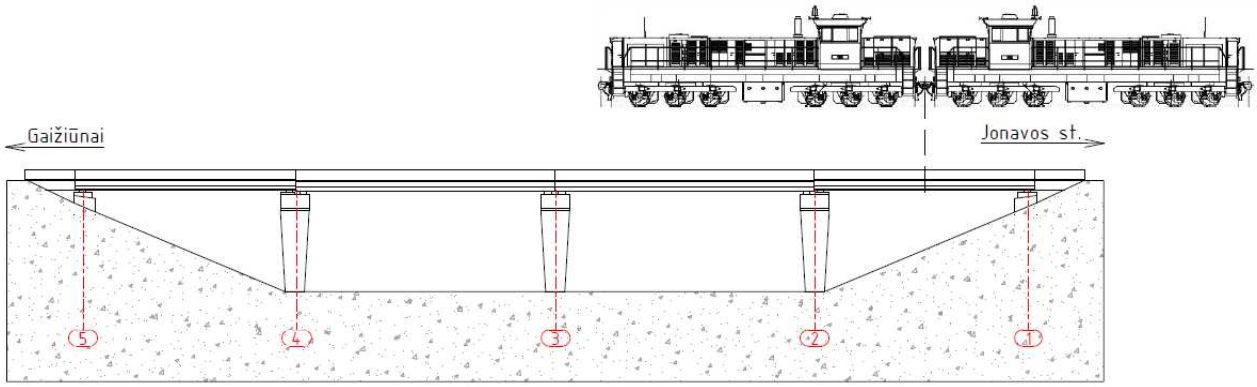
3.7 pav. Statinių bandymų eiga: šilumvežiai II padėtyje



3.8 pav. Šilumvežio padėtis ant tilto perdangos III padėtyje



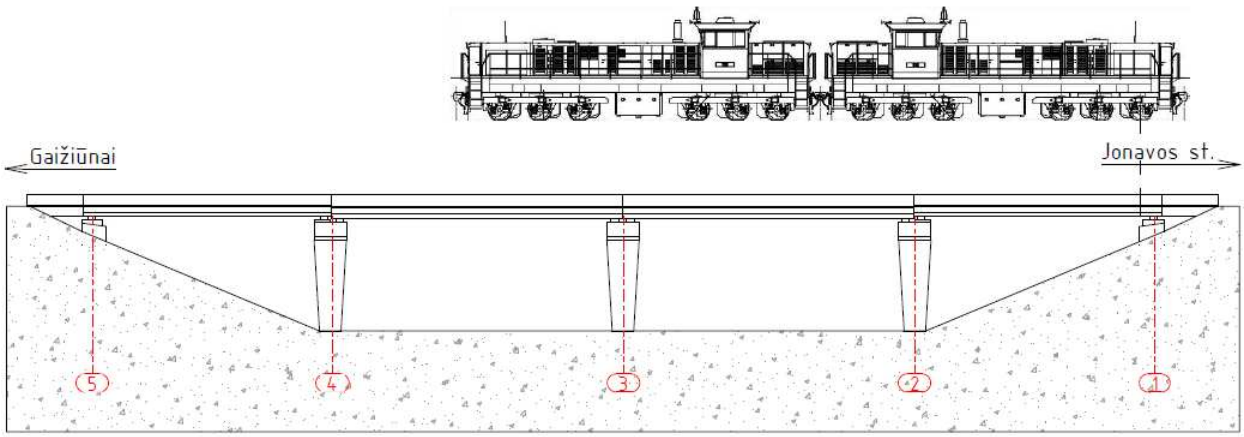
3.9 pav. Statinių bandymų eiga: šilumvežiai III padėtyje



3.10 pav. Šilumvežio padėtis ant tilto perdangos IV padėtyje



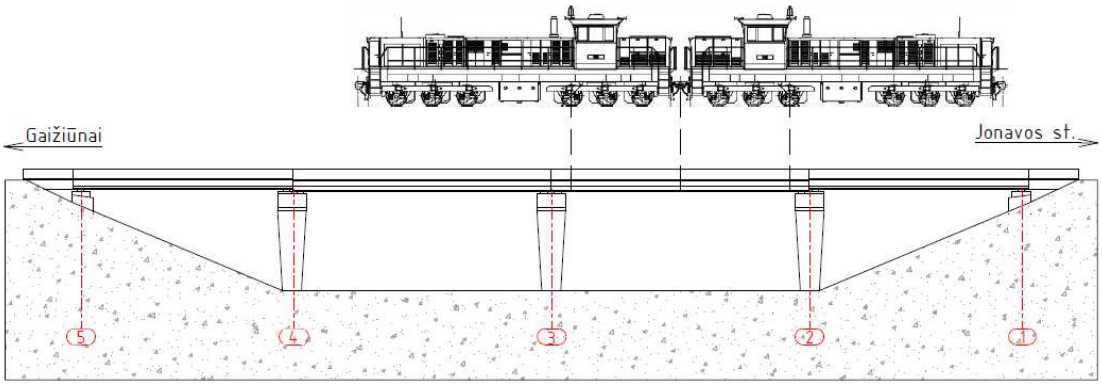
3.11 pav. Statinių bandymų eiga: šilumvežiai IV padėtyje



3.12 pav. Šilumvežių padėtis ant tilto perdangos V padėtyje



3.13 pav. Statinių bandymų eiga: šilumvežiai V padėtyje



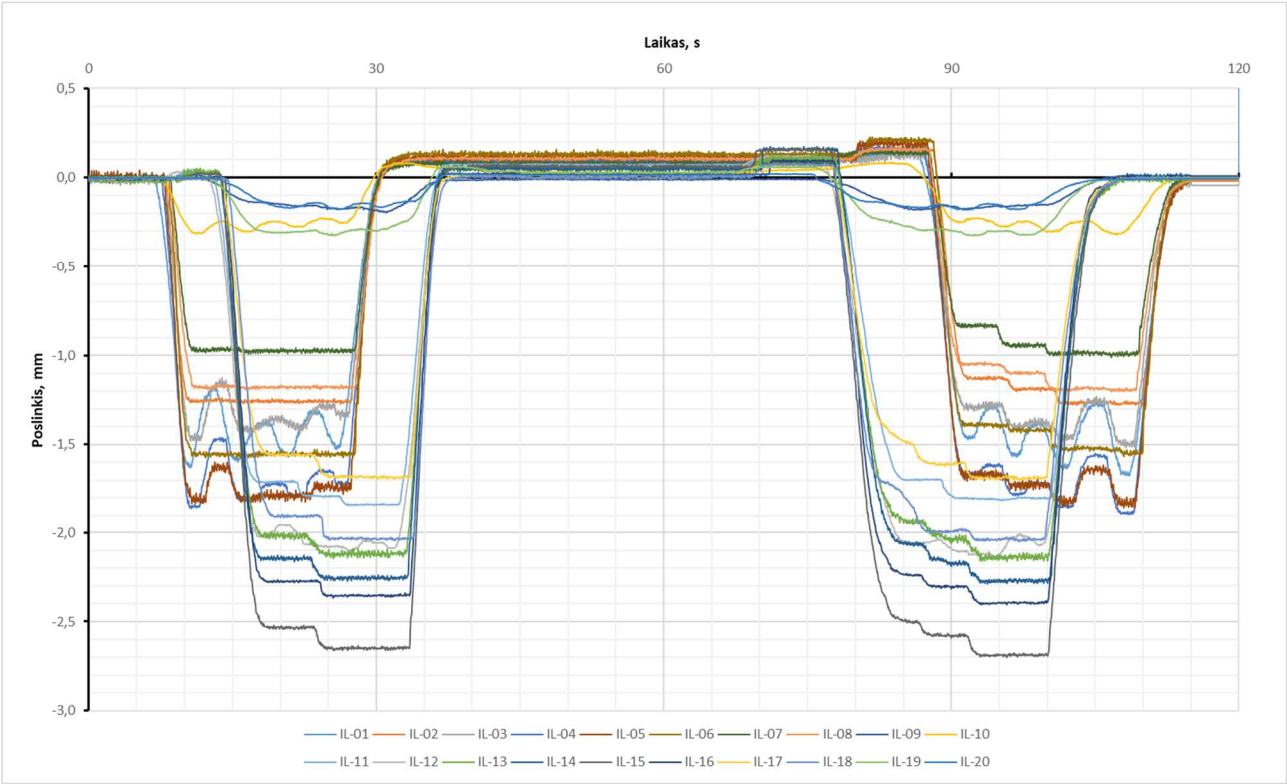
3.14 pav. Šilumvežių padėtis ant tilto perdangos VI padėtyje



3.15 pav. Statinių bandymų eiga: šilumvežiai VI padėtyje

3.1.3 Statinio bandymo rezultatai

Tilto perdangų statinių įlinkių matavimų rezultatai pateikti 3.1 – 3.4 lentelėse (jose pateiktos poslinkių reikšmės su ženklu „-“ atitinka įlinkį) bei 3.16 pav. esančioje diagramoje.



3.16 pav. Poslinkių matavimų rezultatai šilumvežiui lėtai pravažiavus per tiltą Jonavos st. - Gaižiūnai kryptimi bei Gaižiūnai – Jonavos st. kryptimi

3.16 paveiksle pavaizduoti konstrukcijų poslinkiai ties kiekvienu skaitmeniniu įlinkiomačiu 1 ir 2 tarpatramio plokštėse šilumvežiams lėtai pravažiavus kryptimis Jonavos st. – Gaižiūnai ir Gaižiūnai – Jonavos st. Iš šios diagramos galima matyti, jog didžiausias pirmo tarpatramio plokštės 1-1 poslinkis jos viduryje (daviklis IL-05) buvo 1,86 mm, o plokštės 1-2 poslinkis jos viduryje (daviklis IL-04) buvo 1,89 mm. Tuo tarpu antro tarpatramio plokštės 2-1 poslinkis jos viduryje (daviklis IL-15) buvo 2,70 mm, o plokštės 2-2 poslinkis jos viduryje (daviklis IL-14) buvo 2,29 mm. Pagal gautus rezultatus galima matyti, kad 1 tarpatramyje 2 % (0,03 mm) labiau įlinko plokštė 1-2, o 2 tarpatramyje 15 % (0,41 mm) daugiau įlinko plokštė 2-1.

3.1 lentelė. Statinių poslinkių matavimo rezultatai davikliuose IL-01...10, kryptimi Jonavos st. – Gaižiūnai

Eil. Nr.	Apkrovimo stadija	Įlinkiomačio parodymas, mm									
		IL-01	IL-02	IL-03	IL-04	IL-05	IL-06	IL-07	IL-08	IL-09	IL-10
1	Pirmas apkrovimo etapas	-1,65	-1,33	-1,52	-1,90	-1,98	-1,60	-1,00	-1,20	0,02	-0,31
2	Išlaikymas 1 (≥7 min)	-1,66	-1,33	-1,52	-1,91	-1,99	-1,62	-1,00	-1,20	0,02	-0,32
	Įlinkio prieaugis 1	0,00	0,00	-0,01	0,00	-0,01	-0,01	-0,02	0,00	0,00	0,00
3	Antras apkrovimo etapas	-1,35	-1,35	-1,19	-1,55	-1,66	-1,31	-1,00	-1,19	-0,05	-0,26
4	Išlaikymas 2 (≥7 min)	-1,33	-1,32	-1,16	-1,53	-1,67	-1,33	-1,00	-1,20	-0,05	-0,26
	Įlinkio prieaugis 2	-0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	-0,02	-0,04	0,00	0,00	0,00
5	Trečias apkrovimo etapas	-1,40	-1,33	-1,38	-1,74	-1,86	-1,69	-1,12	-1,20	-0,13	-0,29
6	Išlaikymas 3 (≥7 min)	-1,41	-1,34	-1,39	-1,74	-1,86	-1,72	-1,13	-1,21	-0,13	-0,28
	Įlinkio prieaugis 3	-0,01	-0,01	0,00	-0,01	0,00	-0,01	-0,02	-0,01	0,00	0,00
7	Ketvirtas apkrovimo etapas	-1,40	-1,33	-1,34	-1,74	-1,84	-1,70	-1,13	-1,20	-0,14	-0,27
8	Išlaikymas 4 (≥7 min)	-1,42	-1,35	-1,37	-1,75	-1,82	-1,69	-1,12	-1,20	-0,14	-0,27
	Įlinkio prieaugis 4	-0,02	-0,02	-0,02	-0,04	-0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00
9	Penktas apkrovimo etapas	-1,40	-1,34	-1,31	-1,67	-1,75	-1,69	-1,12	-1,19	-0,15	-0,24
10	Išlaikymas 5 (≥7 min)	-1,37	-1,33	-1,27	-1,65	-1,77	-1,71	-1,13	-1,20	-0,16	-0,25
	Įlinkio prieaugis 5	0,02	0,03	0,01	0,04	0,02	-0,02	-0,02	-0,01	0,00	-0,01
11	Šeštas apkrovimo etapas	-1,55	-1,35	-1,43	-1,77	-1,77	-1,68	-1,11	-1,19	-0,17	-0,26
12	Išlaikymas 6 (≥7 min)	-1,55	-1,35	-1,42	-1,76	-1,79	-1,69	-1,12	-1,19	-0,17	-0,26
	Įlinkio prieaugis 6	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	-0,02	-0,01	-0,01	0,00	0,00
13	Nukrovimas (liekamasis įlinkis)	0,04	0,08	0,04	0,05	0,09	0,02	-0,07	0,11	-0,01	0,02

3.17 ir 3.20 paveiksluose pateikti nenutrūkstamai fiksuoti visų įlinkiomačių plokštėse parodymai statant šilumvežius į skirtingas padėtis geležinkelio kelyje statinio bandymo metu. Grafikuose matyti visi apkrovimo etapai, kurių pradžia ir pabaiga yra pažymėta punktyrine vertikalia linija. Kaip minėta 3.1 poskyryje, matavimai fiksuoti lokomotyvą pastačius į charakteringas padėtis (žr. **Error! Reference source not found.** – 3.15 pav.) maksimaliems įlinkiams nuo bandomosios apkrovos gauti. Šių poslinkių reikšmės, kurios fiksuotos perdangoje statinio bandymo metu pateiktos 3.1 – 3.4 lentelėse. Reikšmės su „-“ reiškia konstrukcijų įlinkį, o teigiamos reikšmės (be ženklo) – išlinkį.

Didžiausi plokščių poslinkiai, užfiksuoti lokomotyvams važiuojant į padėtis Jonavos st. – Gaižiūnai kryptimi (žr. 3.18-3.19 pav., 3.1-0 lenteles) 1 tarpatramyje buvo padėties I metu, o 2 tarpatramyje – padėties VI metu. Pirmo tarpatramio viduryje plokštė Nr.1 įlinko 1,99 mm, o plokštė Nr. 2 – 1,91 mm, ir tai sudaro 0,08 mm (4%) skirtumą. Tuo tarpu antro tarpatramio viduryje esanti plokštė 1 įlinko 2,71 mm, o plokštė 2 – 2,31 mm, kur skirtumas yra 0,4 mm (15%).

3.2 lentelė. Statinių įlinkių matavimo rezultatai davikliuose IL-11...20, kryptimi Jonavos st. – Gaižiūnai

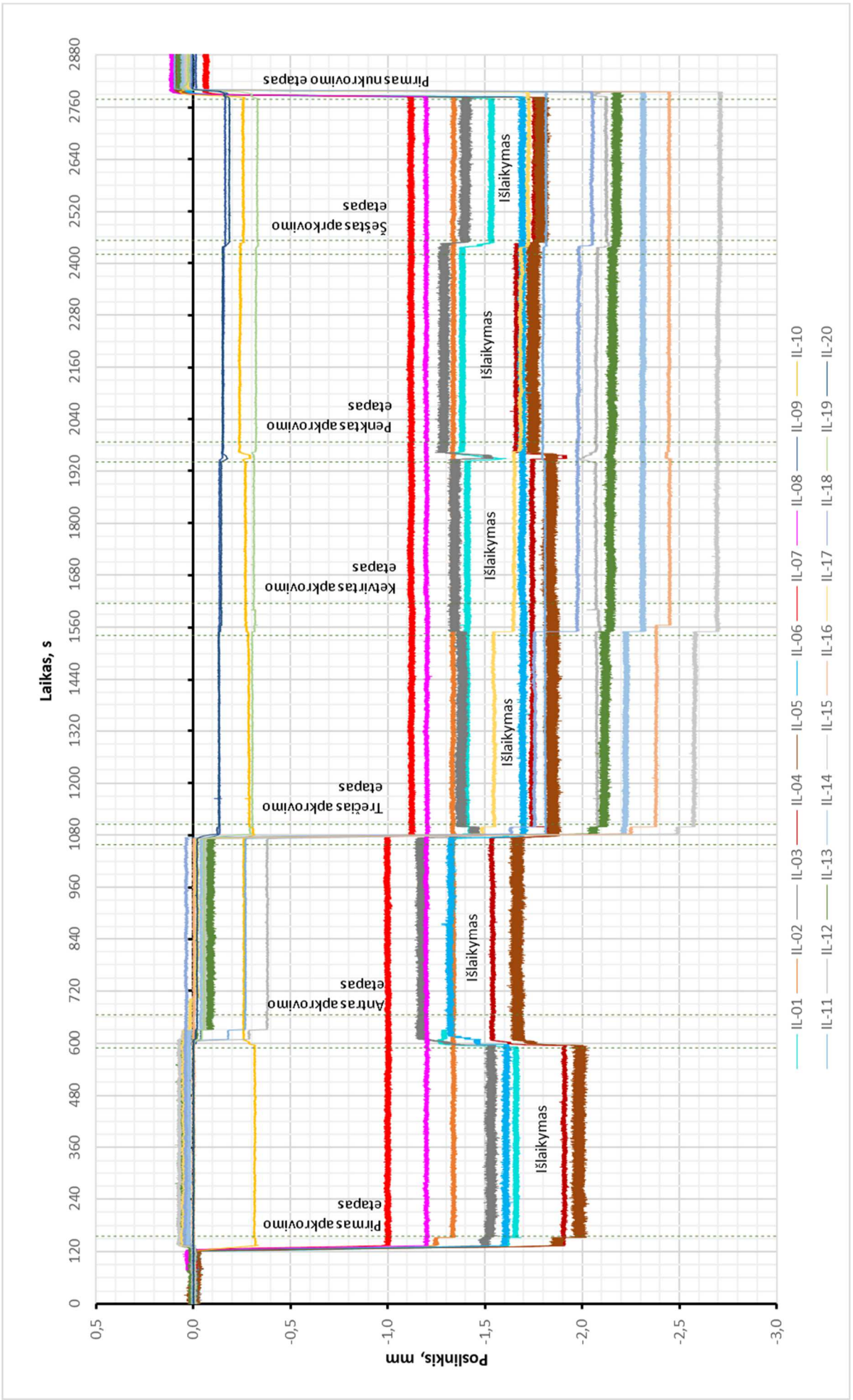
Eil. Nr.	Apkrovimo stadija	Įlinkiomačio parodymas, mm									
		IL-11	IL-12	IL-13	IL-14	IL-15	IL-16	IL-17	IL-18	IL-19	IL-20
1	Pirmas apkrovimo etapas	0,03	0,04	0,05	0,02	0,07	0,00	0,05	0,04	0,00	0,00
2	Išlaikymas 1 (≥7 min)	0,03	0,04	0,05	0,02	0,06	0,00	0,06	0,05	0,00	0,00
	Įlinkio prieaugis 1	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
3	Antras apkrovimo etapas	-0,27	-0,38	-0,07	-0,04	-0,06	0,00	0,02	0,04	-0,06	-0,02
4	Išlaikymas 2 (≥7 min)	-0,27	-0,38	-0,10	-0,05	-0,06	0,00	-0,02	0,03	-0,06	-0,02
	Įlinkio prieaugis 2	-0,09	0,00	0,00	-0,03	0,00	0,01	0,00	-0,04	-0,01	0,00
5	Trečias apkrovimo etapas	-1,81	-2,08	-2,12	-2,23	-2,57	-2,38	-1,55	-1,76	-0,30	-0,13
6	Išlaikymas 3 (≥7 min)	-1,81	-2,07	-2,11	-2,22	-2,58	-2,38	-1,54	-1,76	-0,30	-0,13
	Įlinkio prieaugis 3	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	-0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
7	Ketvirtas apkrovimo etapas	-1,81	-2,08	-2,15	-2,31	-2,69	-2,45	-1,65	-1,97	-0,31	-0,14
8	Išlaikymas 4 (≥7 min)	-1,81	-2,06	-2,13	-2,31	-2,70	-2,45	-1,64	-1,97	-0,31	-0,14
	Įlinkio prieaugis 4	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00
9	Penktas apkrovimo etapas	-1,80	-2,07	-2,14	-2,31	-2,69	-2,44	-1,68	-1,97	-0,32	-0,15
10	Išlaikymas 5 (≥7 min)	-1,80	-2,08	-2,15	-2,31	-2,69	-2,44	-1,68	-1,98	-0,32	-0,15
	Įlinkio prieaugis 5	0,00	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00
11	Šeštas apkrovimo etapas	-1,82	-2,13	-2,18	-2,31	-2,71	-2,45	-1,72	-2,05	-0,33	-0,19
12	Išlaikymas 6 (≥7 min)	-1,82	-2,13	-2,17	-2,31	-2,71	-2,44	-1,73	-2,06	-0,33	-0,19
	Įlinkio prieaugis 6	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00
13	Nukrovimas (liekamasis įlinkis)	0,09	0,07	0,08	0,06	0,04	0,01	0,02	0,01	0,02	0,00

Didžiausi plokščių įlinkiai, užfiksuoti lokomotyvui važiuojant į padėtis Gaižiūnai – Jonavos st. kryptimi (žr. 3.20-3.21 pav., 3.3-3.4 lenteles) pirmame tarpatramyje nesikeitė ir buvo I apkrovimo metu, o 2 tarpatramyje – V apkrovimo metu. Pirmo tarpatramio plokštė 1 viduryje įlinko 1,92 mm, o plokštė 2 -1,94 mm, ir tai sudaro 0,02 mm (1%) skirtumą. Tuo tarpu antro tarpatramio plokštė 1 viduryje įlinko 2,80 mm, o plokštė 2 – 2,43 mm, kur skirtumas yra 0,37 mm (13%).

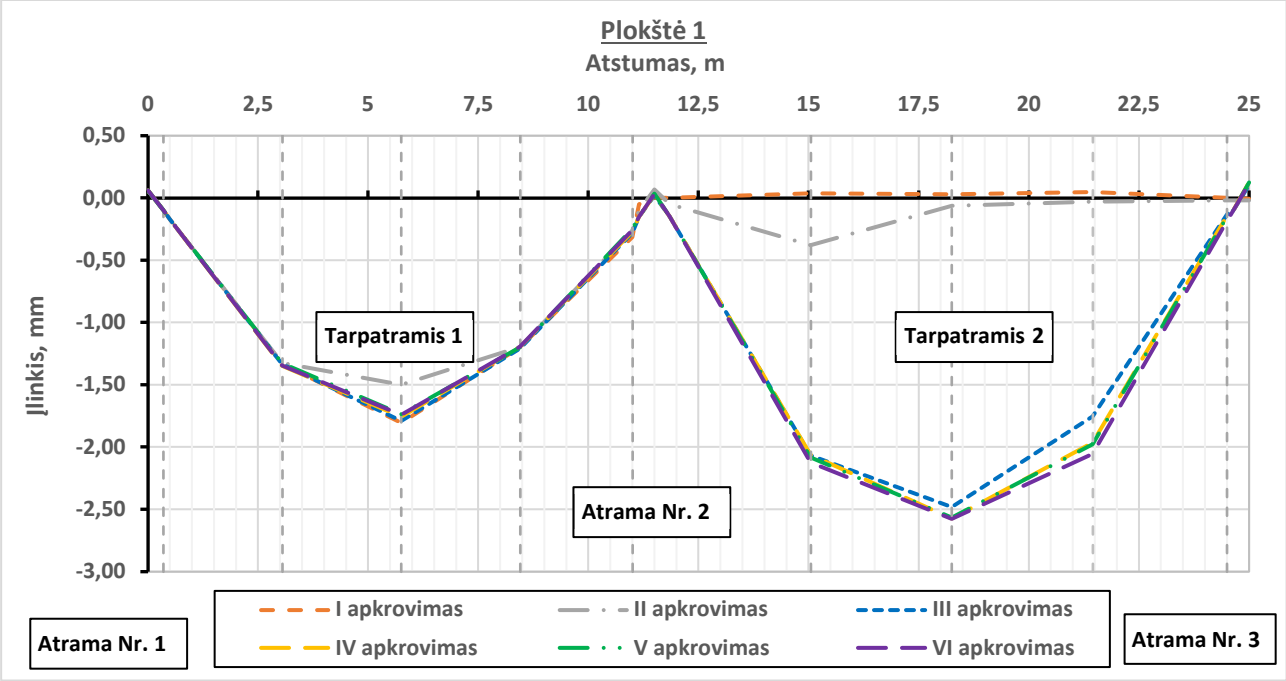
Remiantis natūrinio tyrimo metu gautais rezultatais (žr. 3.18 – 3.21 pav.), galima daryti išvadą, kad 1 tarpatramyje esanti plokštė 1 įlinksta daugiau apie 2% nei plokštė 2. Tuo tarpu 2 tarpatramyje lokomotyvui stovint padėtyse gaunamas įlinkio skirtumas didesnis - plokštė 1 įlinksta daugiau apie 14% (0,4 mm) nei plokštė 2.

Ketvirto apkrovimo atveju, kuomet lokomotyvo vidurinė ašis stovi pirmo tarpatramio viduryje, didžiausias poslinkis buvo pasiektas plokštėje 1-1, arčiau krašto plokštės esančiame daviklyje IL-05 ir siekė 1,84 mm. Lyginant pirmojo tarpatramio ketvirčio daviklius IL-02 su IL-08, plokštėje 1-1, skirtumas sudarė 11 %, o IL-01 su IL-07, plokštėje 1-2, skirtumas buvo 21 %. Didesnis poslinkis buvo arčiau krantinės atramos esančiuose davikliuose. Tuo tarpu, kai sunkvežimis stovi antrojo tarpatramio viduryje (VI apkrovimo atvejis), skirtumas tarp 2-1 plokštės ketvirčių susidarė 3 %, o tarp plokštės 2-2 ketvirčių – 5 %.

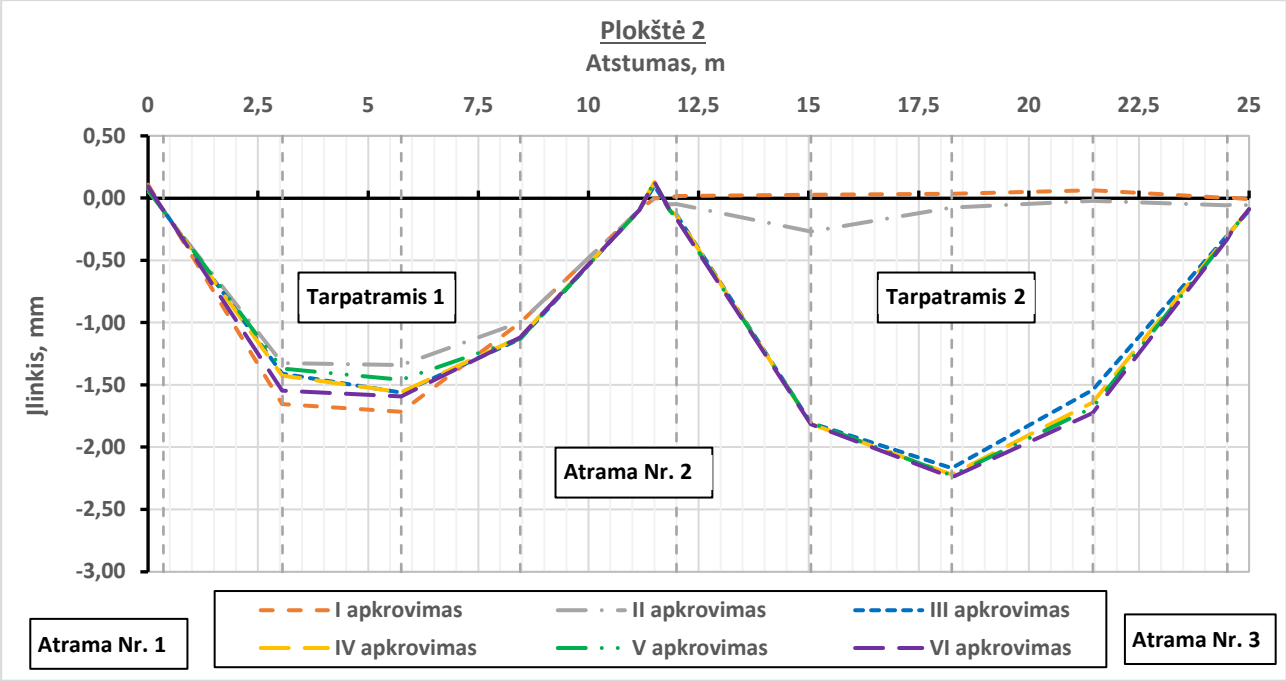
Maksimalus liekamųjų ir suminių įlinkių santykis, gautas bandymų metu, buvo 0,11 ir neviršija rekomenduojamos ribinės reikšmės, kuri gelžbetoninėms ir plieno betono kompozitinėms perdangoms yra 0,25.



3.17 pav. Poslinkių matavimų rezultatai šilumvežiui važiuojant į I-VI padėtis Jonavos st. – Gaižiūnai kryptimi



3.18 pav. Plokštės 1 įlinkiai šilumvežiams važiuojant į padėtis Jonavos st. – Gaižiūnai kryptimi



3.19 pav. Plokštės 2 įlinkiai šilumvežiams važiuojant į padėtis Jonavos st. – Gaižiūnai kryptimi

Vaizdumo dėlei 3.18 ir 3.19 paveiksluose pateiktas įlinkių kitimas statinio bandymo metu atskirai plokštės Nr. 1 ir plokštės Nr. 2 pirmame bei antrame tarpatramiuose šilumvežiams važiuojant į padėtis Jonavos st. – Gaižiūnai kryptimi. Taip pat šiose diagramose remiantis matuotų taškų poslinkiais nustatyti ir pavaizduoti poslinkiai atramose.

Bandymo metu tiek vizualiai, tiek per prietaisų parodymus buvo stebima viaduko laikysena. Tiek prieš bandymą, tiek ir bandymo metu plyšiai perdangoje nebuvo fiksuoti.

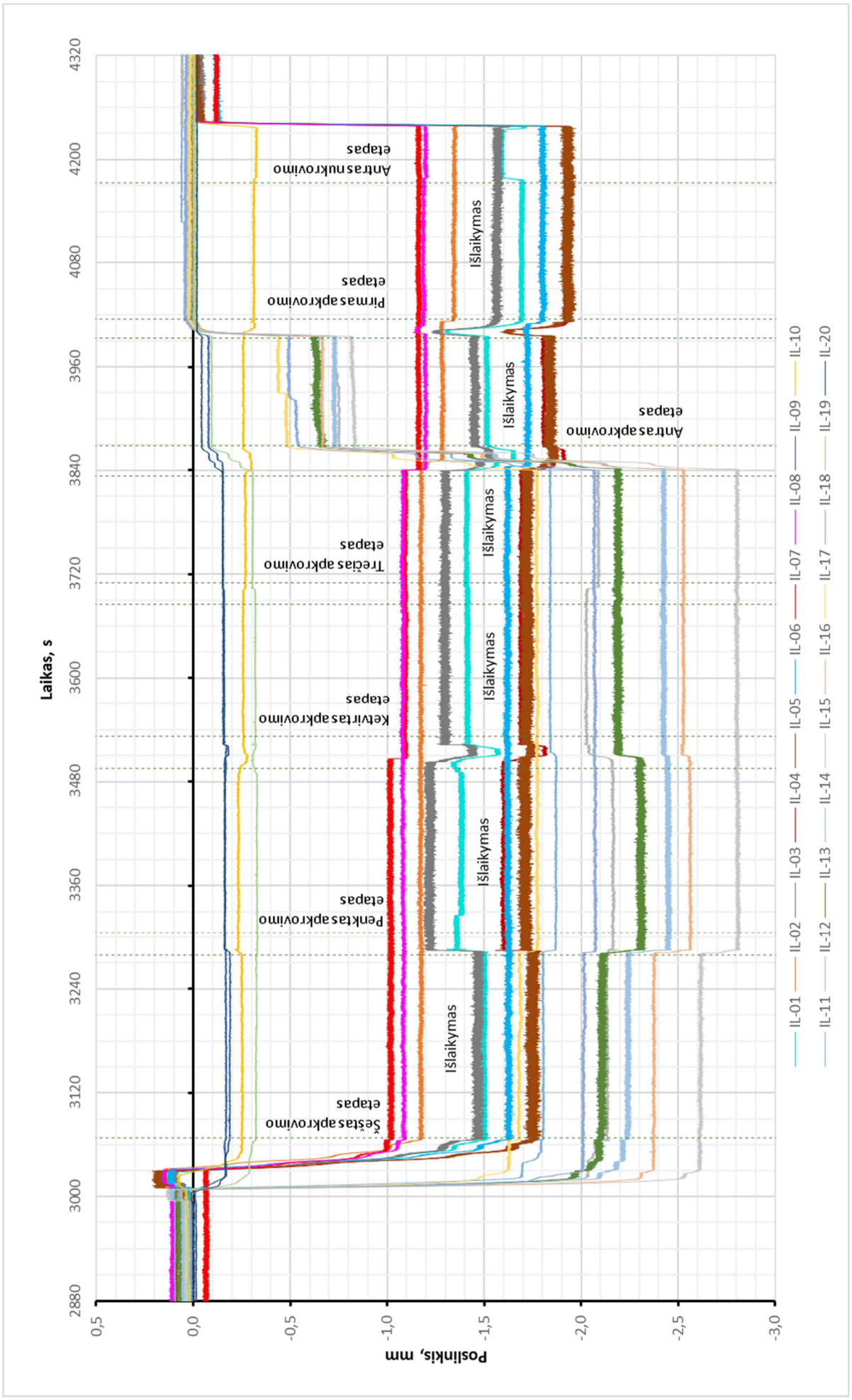
Iš pateiktų rezultatų matyti, kad tiek lokomotyvų pravažiavimų 5 km/h greičiu metu, tiek jiems stovint pavojingiausioje padėtyje, gaunami panašūs rezultatai, kurių skirtumas siekia iki 7 % (0,13 mm).

3.3 lentelė. Statinių poslinkių matavimo rezultatai davikliuose IL-01...10, kryptimi Gaižiūnai – Jonavos st.

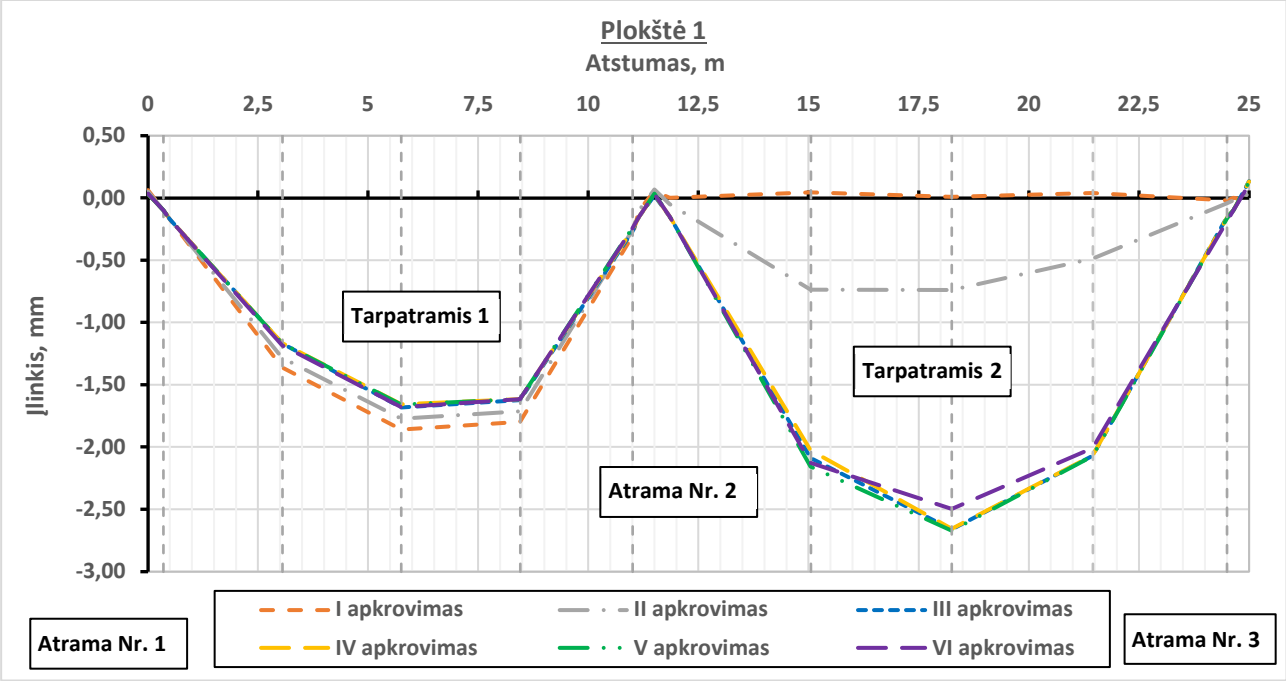
Eil. Nr.	Apkrovimo stadija	Įlinkiomačio parodymas, mm									
		IL-01	IL-02	IL-03	IL-04	IL-05	IL-06	IL-07	IL-08	IL-09	IL-10
1	Pirmas apkrovimo etapas	-1,52	-1,18	-1,49	-1,76	-1,76	-1,62	-1,02	-1,09	-0,17	-0,25
2	Išlaikymas 1 (≥7 min)	-1,51	-1,18	-1,47	-1,75	-1,74	-1,62	-1,01	-1,08	-0,17	-0,25
	Įlinkio prieaugis 1	0,17	0,01	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00
3	Antras apkrovimo etapas	-1,35	-1,16	-1,20	-1,60	-1,72	-1,62	-1,02	-1,08	-0,17	-0,24
4	Išlaikymas 2 (≥7 min)	-1,36	-1,17	-1,21	-1,60	-1,70	-1,62	-1,01	-1,08	-0,17	-0,24
	Įlinkio prieaugis 2	-0,10	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00
5	Trečias apkrovimo etapas	-1,41	-1,17	-1,29	-1,69	-1,71	-1,60	-1,09	-1,08	-0,16	-0,26
6	Išlaikymas 3 (≥7 min)	-1,42	-1,17	-1,30	-1,69	-1,70	-1,62	-1,08	-1,08	-0,15	-0,26
	Įlinkio prieaugis 3	-0,01	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00
7	Ketvirtas apkrovimo etapas	-1,41	-1,17	-1,29	-1,69	-1,70	-1,62	-1,09	-1,07	-0,15	-0,25
8	Išlaikymas 4 (≥7 min)	-1,41	-1,17	-1,29	-1,69	-1,74	-1,62	-1,10	-1,09	-0,16	-0,27
	Įlinkio prieaugis 4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,04	-0,01	-0,01	-0,02	0,00
9	Penktas apkrovimo etapas	-1,53	-1,28	-1,46	-1,81	-1,83	-1,72	-1,16	-1,19	-0,08	-0,26
10	Išlaikymas 5 (≥7 min)	-1,52	-1,29	-1,45	-1,81	-1,83	-1,71	-1,16	-1,19	-0,08	-0,26
	Įlinkio prieaugis 5	0,02	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
11	Šeštas nukrovimo etapas	-1,68	-1,34	-1,55	-1,92	-1,92	-1,79	-1,16	-1,18	0,01	-0,31
12	Išlaikymas 6 (≥7 min)	-1,71	-1,36	-1,59	-1,94	-1,92	-1,80	-1,16	-1,19	0,01	-0,31
	Įlinkio prieaugis 6	-0,03	-0,03	-0,02	-0,04	-0,02	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00
13	Nukrovimas (liekamasis įlinkis)	-0,01	0,01	-0,02	-0,01	-0,01	-0,12	-0,12	0,01	0,00	-0,01

3.4 lentelė. Statinių įlinkių matavimo rezultatai davikliuose IL-11...20, kryptimi Gaižiūnai – Jonavos st.

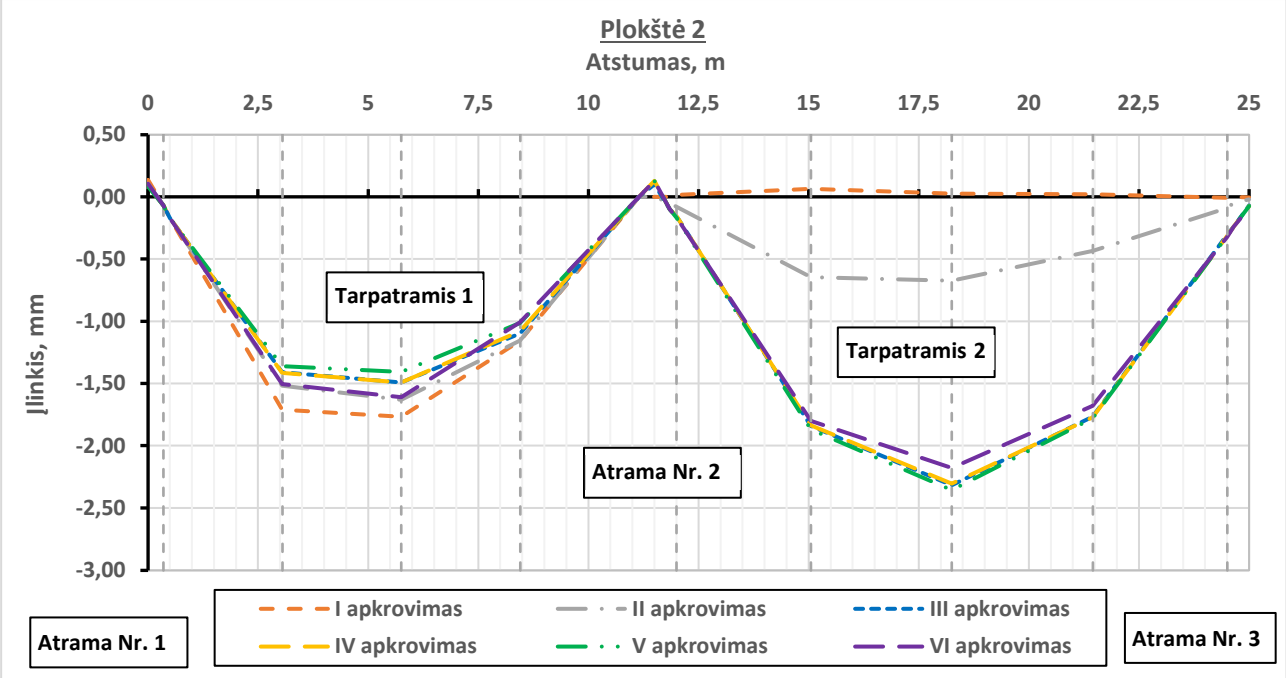
Eil. Nr.	Apkrovimo stadija	Įlinkiomačio parodymas, mm									
		IL-11	IL-12	IL-13	IL-14	IL-15	IL-16	IL-17	IL-18	IL-19	IL-20
1	Pirmas apkrovimo etapas	-1,80	-2,13	-2,08	-2,23	-2,61	-2,37	-1,67	-2,01	-0,32	-0,19
2	Išlaikymas 1 (≥7 min)	-1,80	-2,13	-2,11	-2,24	-2,62	-2,37	-1,68	-2,01	-0,32	-0,19
	Įlinkio prieaugis 1	-0,06	0,00	0,00	-0,03	-0,02	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00
3	Antras apkrovimo etapas	-1,87	-2,17	-2,32	-2,46	-2,81	-2,57	-1,77	-2,07	-0,33	-0,16
4	Išlaikymas 2 (≥7 min)	-1,87	-2,16	-2,28	-2,43	-2,80	-2,55	-1,78	-2,07	-0,32	-0,16
	Įlinkio prieaugis 2	0,00	0,00	0,01	0,05	0,02	0,02	0,02	-0,01	0,00	0,01
5	Trečias apkrovimo etapas	-1,85	-2,03	-2,19	-2,42	-2,81	-2,53	-1,76	-2,07	-0,32	-0,16
6	Išlaikymas 3 (≥7 min)	-1,84	-2,03	-2,18	-2,43	-2,79	-2,52	-1,77	-2,07	-0,32	-0,16
	Įlinkio prieaugis 3	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	-0,01	0,00	0,00
7	Ketvirtas apkrovimo etapas	-1,84	-2,02	-2,19	-2,43	-2,80	-2,53	-1,77	-2,07	-0,32	-0,16
8	Išlaikymas 4 (≥7 min)	-1,84	-2,09	-2,20	-2,44	-2,80	-2,53	-1,77	-2,07	-0,31	-0,15
	Įlinkio prieaugis 4	-0,01	-0,01	-0,07	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
9	Penktas apkrovimo etapas	-0,67	-0,76	-0,67	-0,73	-0,83	-0,67	-0,49	-0,54	-0,09	-0,05
10	Išlaikymas 5 (≥7 min)	-0,65	-0,74	-0,62	-0,73	-0,82	-0,66	-0,44	-0,49	-0,09	-0,04
	Įlinkio prieaugis 5	0,02	0,02	0,02	0,05	0,00	0,01	0,00	0,05	0,06	0,00
11	Šeštas apkrovimo etapas	0,05	0,03	0,00	0,02	0,03	0,00	0,03	0,04	0,00	-0,02
12	Išlaikymas 6 (≥7 min)	0,06	0,04	0,02	0,03	0,03	-0,01	0,02	0,04	-0,01	-0,02
	Įlinkio prieaugis 6	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00
13	Nukrovimas (liekamasis įlinkis)	0,06	0,06	0,01	0,02	0,03	0,00	0,02	0,04	0,00	-0,02



3.20 pav. Poslinkių matavimų rezultatai šilumvežiui važiuojant į VI-I padėtis Gaižiūnai – Jonavos st. kryptimi



3.20 pav. Plokštės 1 įlinkiai šilumvežiams važiuojant į padėtis Gaižiūnai – Jonavos st. kryptimi



3.21 pav. Plokštės 2 įlinkiai šilumvežiams važiuojant į padėtis Gaižiūnai – Jonavos st. kryptimi

Apibendrinus natūrinių statinių bandymų rezultatus, galima daryti tokias išvadas:

- Įvertinus statinio bandymo rezultatus, galima daryti išvadą, kad tilto konstrukcijos plokštė 1 bei plokštė 2 linksta sąlyginai vienodai. Tiek lokomotyvams pravažiuojant per tiltą 5 km/h kryptimi, tiek stovint padėtyse gaunami labai panašūs rezultatai. Taip pat nedideli įlinkių skirtumai gaunami ir lokomotyvams važiuojant skirtingomis kryptimis.
- Maksimalūs nustatyti pagal atliktus matavimus įlinkiai 1 tarpatramio viduryje buvo 1,96 mm ir 1,91 mm atitinkamai pirmos ir antros plokštės, 2 tarpatramio viduryje buvo 2,69 mm ir 2,37 mm atitinkamai pirmos ir antros plokštės.

- Didžiausia liekamojo (y_{pl}) ir suminio įlinkio (y_{tot}) santykio reikšmė lygi y_{pl}/y_{tot}=0,12/1,16=0,10<β=0,25 bei neviršija TILTAI TN 23 taisyklių reikalavimų.

3.2 DINAMINIAI BANDYMAI

Dinaminių poveikių efektų išaiškinimui, bandymo metu tiltas sužadinamas lokomotyvo apkrova. Tilto perdangų dinaminiai svyravimai matuojami lokomotyvui 2 TEM TMH važiuojant per tiltą skirtingais greičiais: 10 km/h, 20 km/h, 40 km/h, 60 km/h ir 80 km/h. Taip pat tiltas papildomai išbandytas smūgine apkrova dviem žmonėms (~180 kg) šokant ant tilto perdangos ties tarpatramių viduriu.

3.2.1 Matavimo prietaisai ir jų išdėstymas

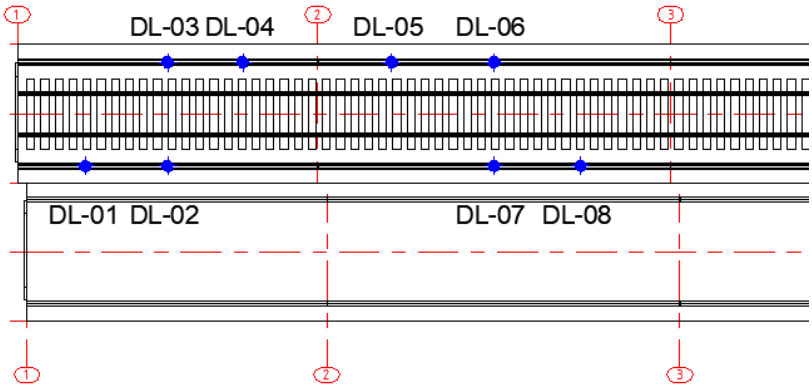
Dinaminio bandymo metu matuojami tilto konstrukcijos dinaminiai parametrai. Matavimo prietaisų išdėstymas skirtinguose tarpatramiuose pateiktas 3.23 paveiksle.



a) b)

3.23 pav. BeanAir dinaminių svyravimų matavimo sistema (a) ir žemo dažnio keitikliai vertikaliems ir horizontaliems svyravimams matuoti (b)

Davikliai išdėstyti kiekvieno tarpatramio viduryje. Lokomotyvui judant tilto konstrukcija buvo išmatuoti svyravimų pagreičiai trimis kryptimis erdvėje (horizontaliai, vertikaliai ir konstrukcijos ašies kryptimi). Daviklių išdėstymo schemoje (3.24 pav.) pateikta daviklių orientacija koordinačių ašių atžvilgiu.



3.24 pav. Dinaminių daviklių išdėstymo schema

Gauti matavimų rezultatai panaudoti nustatant pagrindinius dinaminius rodiklius: svyravimų dažnį, dinaminį koeficientą ir logaritminį slopimo dekrementą. Visiems tilto tarpatramiams eksperimentiškai nustatytos svyravimų formos ir dažniai. Dinaminiams bandymams naudota BeanAir dinaminių tyrimų sistema

(3.23 a pav.). Pagreičiams matuoti naudoti žemo dažnio seismininiai keitikliai Wilow AX-3D (3.23 b pav.). Matavimo metu gauti signalai apdoroti taikant BeanScape Wilow RA programinę įrangą. Triukšmų pašalinimui naudotas signalų filtravimas, laikantis LST EN 1991-2:2006 normose pateiktų rekomendacijų, pagal kurias būtina atsižvelgti į dažnius iki didesniojo iš: a) 30 Hz; b) nagrinėjamo elemento pagrindinės virpesių formos dažnio, padauginto iš 1,5; c) elemento trečiosios virpesių formos dažnio.

3.2.2 Dinaminis įlinkis ir dinaminis koeficientas

Dinaminio bandymo metu nustatyti tilto kiekvieno tarpatramio dinaminiai įlinkiai. Matavimai atlikti lokomotyvui tilto konstrukcija judant 10, 20, 40, 60 ir 80 km/h greičiu. Bandymų rezultatai pateikti 3.5 – 3.6 lentelėse. Išanalizavus tyrimų metu gautus rezultatus, galima teigti, kad dinaminis įlinkis pirmojo ir antrojo tarpatramio viduryje, atitinkamai kinta nuo 0,069 mm ir 0,029 mm (esant 10 km/h greičiui) iki 0,294 mm ir 0,176 mm (esant 80 km/h greičiui). Taip pat išanalizavus gautus duomenis nustatyti maksimalūs dinaminiai koeficientai kiekviename tarpatramyje lokomotyvui judant 80 km/h greičiu:

- Φ_1 = 1,15, 1 tarpatramyje; Φ_2 = 1,06, 2 tarpatramyje.

3.5 lentelė. 1 tarpatramio vidurio dinaminių įlinkių matavimų ir dinamiškumo koeficiento rezultatai

Greitis [km/h]	Kryptis	Dinaminio įlinkio reikšmė [mm]	Dinaminis koef.
10	Jonavos st.-Gaižiūnai	0,069	1,03
20		0,090	1,05
40		0,116	1,06
60		0,139	1,07
80		0,294	1,15
10	Gaižiūnai - Jonavos st.	0,075	1,04
20		0,099	1,05
40		0,107	1,05
60		0,152	1,08
80		0,279	1,14

3.6 lentelė. 2 tarpatramio vidurio dinaminių įlinkių matavimų ir dinamiškumo koeficiento rezultatai

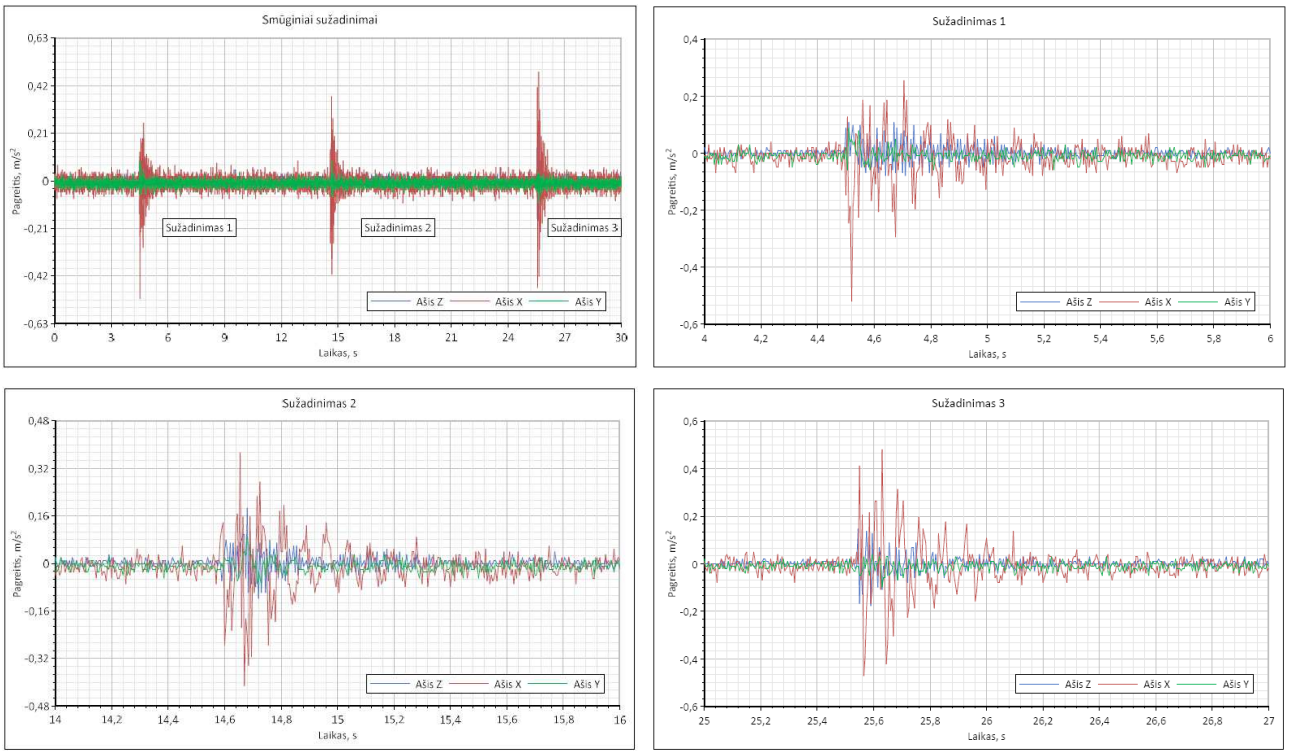
Greitis [km/h]	Kryptis	Dinaminio įlinkio reikšmė [mm]	Dinaminis koef.
10	Jonavos st.-Gaižiūnai	0,029	1,01
20		0,041	1,02
40		0,064	1,02
60		0,086	1,03
80		0,145	1,05
10	Gaižiūnai - Jonavos st.	0,034	1,01
20		0,058	1,02
40		0,078	1,03
60		0,106	1,04
80		0,176	1,06

3.2.3 Vertikalių ir horizontalių pagreičių matavimai

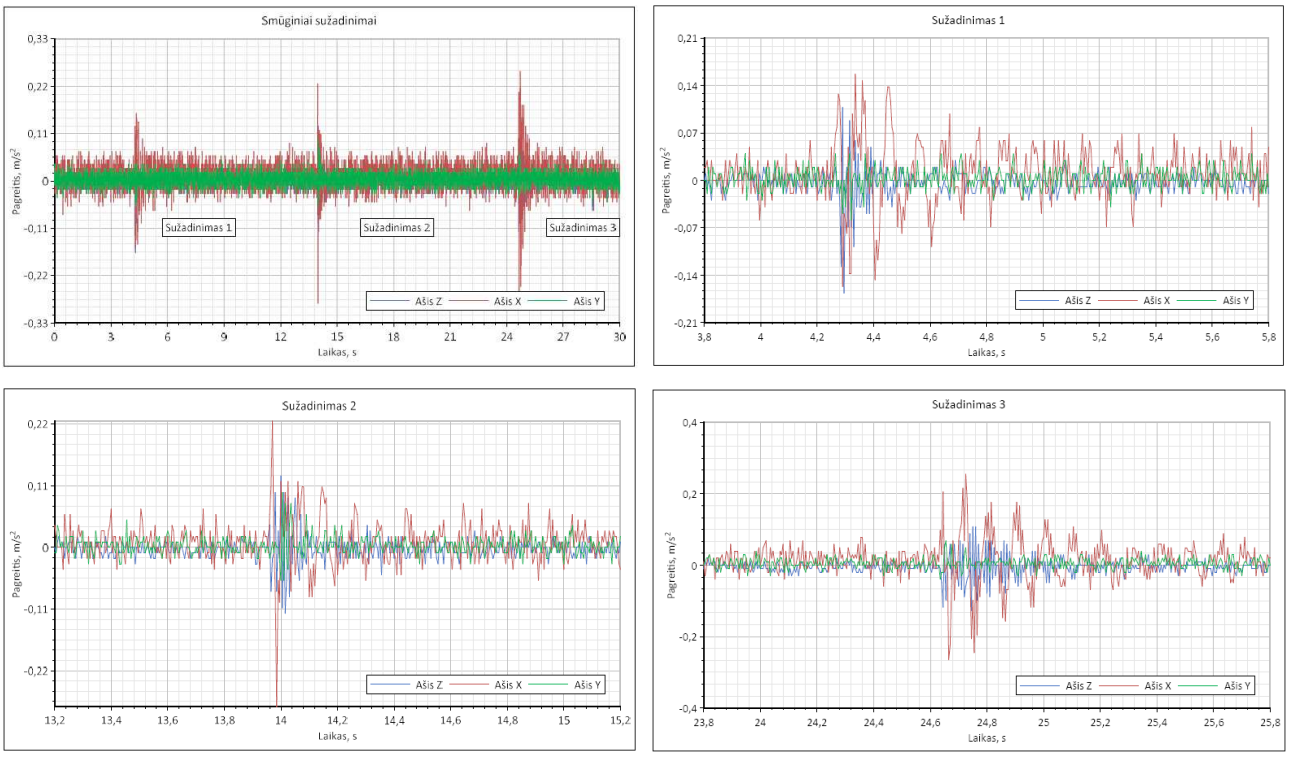
Tilto perdangos laisvųjų vertikalių ir horizontalių virpesių parametrai, esant impulsiniam žadinimui (smūginėms apkrovoms) bei sužadinti lokomotyvui judant tilto konstrukcija 10, 20, 40, 60 ir 80 km/h greičiu,

kryptimis Jonavos st. – Gaižiūnai ir Gaižiūnai – Jonavos st., apibrėžiami didžiausiomis virpesių dažnių amplitudėmis ir virpesių gesimu. Po sužadinimo tilto perdangos konstrukcijos paprastai virpa keletu virpesių modų vienu metu tačiau bandytų konstrukcijų eksperimentinėse savųjų virpesių spektogramose galima išskirti po vieną vertikalią svyravimų formą kiekviename tarpatramyje.

Būdingi perdangos laisvųjų virpesių pagreičių laikinių grafikų pavyzdžiai, esant smūginiam žadinimui t. y. 2 žmonių, šokančių ant perdangos, pateikti 3.25 ir 3.26 paveiksle.



3.25 pav. Smūginio žadinimo (šokant) sukelti 1 tarpatramio laisvųjų virpesių laikiniai grafikai



3.26 pav. Smūginio žadinimo (šokant) sukelti 2 tarpatramio laisvųjų virpesių laikiniai grafikai

Iš 3.25 ir 3.26 paveiksle pateiktų perdangos laisvųjų virpesių laikinių grafikų galima pastebėti, kad atliekant bandymą, didžiausia užfiksuota perdangos konstrukcijos judėjimo pagreičio reikšmė vertikalia kryptimi nuo 2 žmonių dinaminio poveikio 1 tarpatramyje lygi 0,508 m/s^2, o mažiausia – 0,267 m/s^2, tuo tarpu 2 tarpatramyje didžiausia užfiksuota reikšmė lygi 0,277 m/s^2, o mažiausia – 0,147 m/s^2. Horizontalia skersine tilto perdangos kryptimi 1 tarpatramyje buvo užfiksuota didžiausia pagreičio reikšmė lygi 0,184 m/s^2, o mažiausia – 0,080 m/s^2, tuo tarpu 2 tarpatramyje didžiausia užfiksuota reikšmė lygi 0,163 m/s^2, o mažiausia – 0,111 m/s^2.

Taip pat konstrukcijos judėjimo pagreičių reikšmės, nustatytos lokomotyvui judant tiltu įvairiais greičiais 10, 20, 40, 60 ir 80 km/h bei skirtingomis kryptimis, Jonavos st. – Gaižiūnai ir Gaižiūnai – Jonavos st., pateiktos 3.7 – 3.8 lentelėse bei keletas būdingų perdangos 1 ir 2 tarpatramio virpesių laikinų grafikų pateikta atitinkamai 3.27 ir 3.28 paveiksluose.

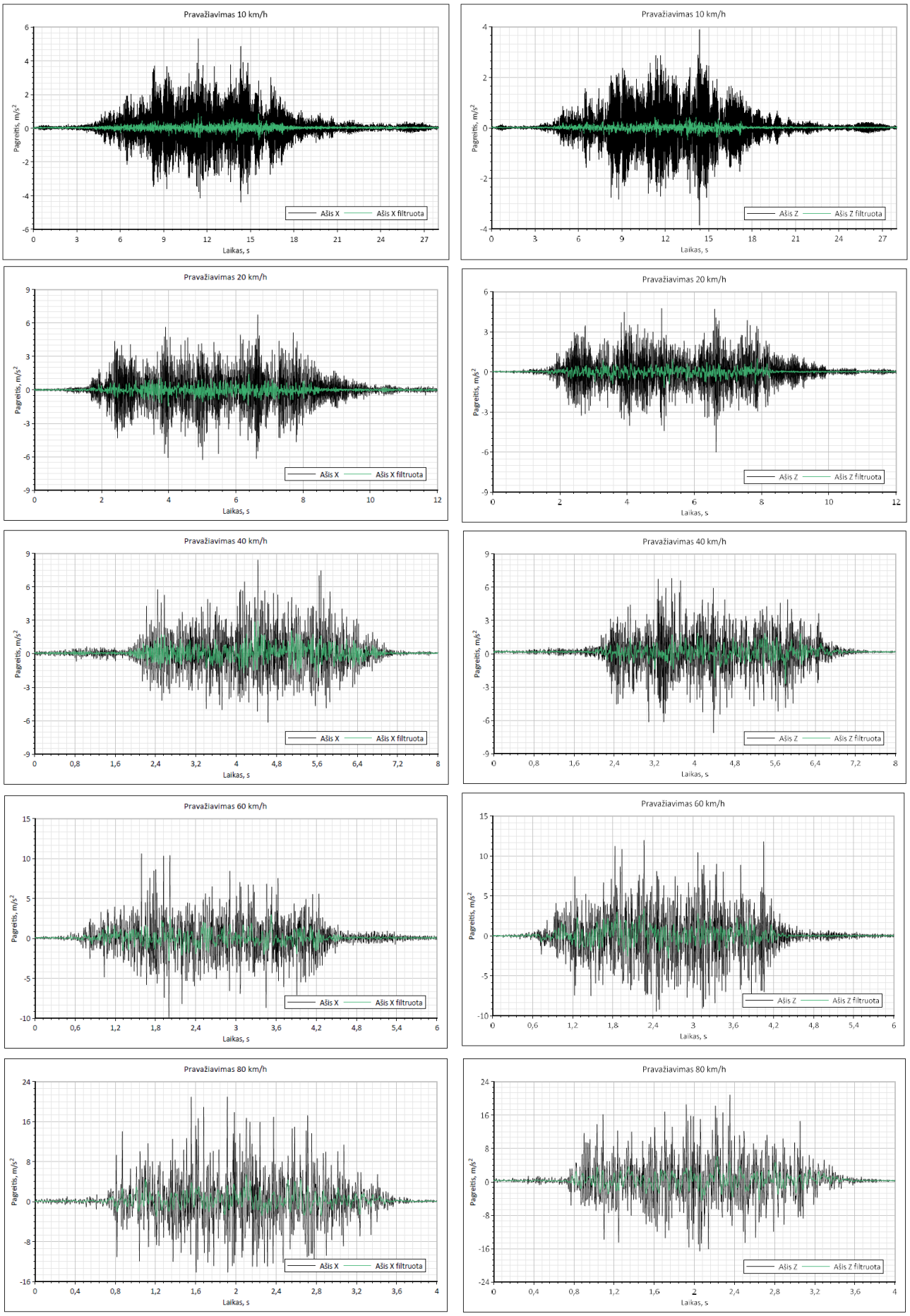
3.7 lentelė. 1 tarpatramio pagreičių matavimų rezultatai

Greitis [km/h]	Kryptis	Maksimalus vertikalus pagreitis [m/s^2]	Maksimalus horizontalus pagreitis [m/s^2]
10	Jonavos st.-Gaižiūnai	0,37	0,24
20		0,79	0,53
40		1,13	1,47
60		1,43	1,84
80		1,89	2,78
10	Gaižiūnai - Jonavos st.	0,46	0,32
20		0,73	0,47
40		1,27	1,17
60		1,57	1,91
80		2,15	2,46

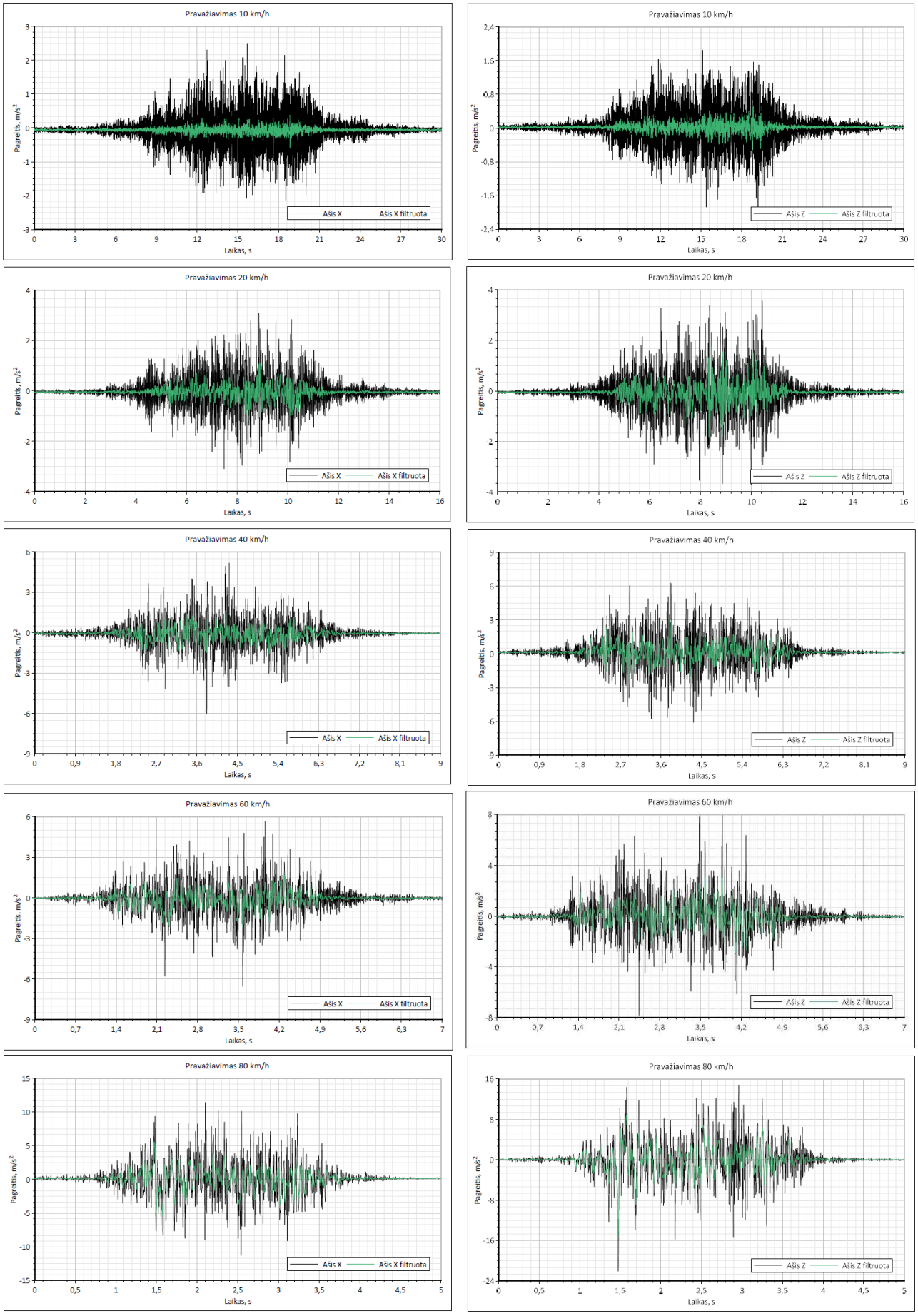
3.8 lentelė. 2 tarpatramio pagreičių matavimų rezultatai

Greitis [km/h]	Kryptis	Maksimalus vertikalus pagreitis [m/s^2]	Maksimalus horizontalus pagreitis [m/s^2]
10	Jonavos st.-Gaižiūnai	0,27	0,29
20		0,51	0,67
40		1,13	1,53
60		1,31	1,77
80		2,26	2,76
10	Gaižiūnai - Jonavos st.	0,26	0,24
20		0,48	0,61
40		0,96	1,43
60		1,51	1,85
80		2,38	2,80

Eksperimento metu nustatytos tilto perdangos svyravimų pagreičio reikšmės, lokomotyvui judant 10-80 km/h greičiu, vertikalia kryptimi kito nuo 0,26 iki 2,38 m/s^2, o horizontalia nuo 0,24 iki 2,80 m/s^2.



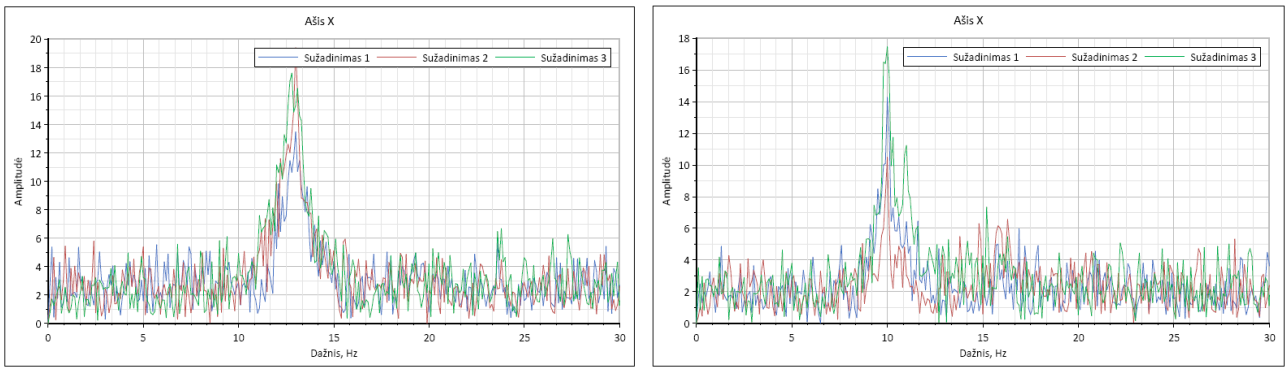
3.27 pav. Lokomotyvui judant 10, 20, 40, 60 ir 80 km/h greičiu sukelti 1 tarpatramio virpesių laikiniai grafikai vertikalia (ašis X) ir horizontalia skersine (ašis Z) kryptimi (žalia linija – nufiltruoti virpesiai virš 30 Hz, juoda linija – nefiltruota)



3.28 pav. Lokomotyvui judant 10, 20, 40, 60 ir 80 km/h greičiu sukelti 2 tarpatramio virpesių laikiniai grafikai vertikalia (ašis X) ir horizontalia skersine (ašis Z) kryptimi (žalia linija – nufiltruoti virpesiai virš 30 Hz, juoda linija – nefiltruota)

3.2.4 Tilto savųjų svyravimų dažnis ir slopinimo koeficientas

Natūralūs dažniai buvo nustatyti remiantis tiesiogine laisvosios vibracijos analize ir spektrinio tankio skaičiavimais. Laisvųjų virpesių dažnių nustatymas atliktas pagal konstrukcijos virpesių pagreitį, sužadintą dinaminių lokomotyvo 2TEM TMH ir šokančių ant perdangos žmonių apkrovų. Vertikalaus ir horizontalaus pagreičio laiko istorijos pavyzdžiai yra pateikti 3.26 paveiksle, o tuo tarpu atitinkamai spektrinio tankio grafikai yra pateikti 3.29 paveiksle.



3.29 pav. Smūginių žadinimų sukelti 1 (kairėje) ir 2 (dešinėje) tarpatramių laisvųjų virpesių spektriniai grafikai vertikalia kryptimi

Atliekant natūrinius dinaminio poveikio matavimus ir tiltą apkraunant dinamine apkrova, 1 tarpatramyje nustatytas savųjų svyravimų dažnis 12,69 Hz, o 2 tarpatramyje natūrinių bandymų metu užfiksuotas svyravimų dažnis 9,99 Hz.

Šio dinaminio konstrukcijų elgsenos tyrimo apimtyje buvo nustatyti ir konstrukcijų slopinimo koeficientai. Virpesių slopimas yra svarbus konstrukcijų dinaminis parametras, ypač kai judėjimas konstrukcija atitinka rezonansinį apkrovimą. Slopinimo koeficientas γ, remiantis bandymų metu gautais rezultatais, nustatomas pagal išraišką $\gamma = \lambda / Ts$, įvertinant slopinamųjų svyravimų periodą Ts ir logaritminį slopinimo dekrementą, kuris nustatomas pagal išraišką:

$$\lambda = \frac{1}{N} \ln\left(\frac{a_0}{a_N}\right)$$

kur N – nagrinėjamų svyravimo amplitudžių skaičius;

a0 – pradinė svyravimų amplitudė;

aN – N-tojo svyravimo amplitudė.

Dinamine apkrova tirtų konstrukcijų dinaminiai rodikliai pateikti 3.9 lentelėje. Iš pateiktų rezultatų matyti, kad konstrukcijų slopinimo koeficientas perdangos konstrukcijai kito nuo 30,39 iki 40,26%.

3.9 lentelė. Tilto perdangos dinaminiai rodikliai

Tarpatramio Nr.	Pirmos formos dažnis, Hz	Svyravimų periodas, s	Logaritminis slopinimo dekrementas λ	Slopinimo koeficientas γ, %
1	12,69	0,078	0,284	40,26
2	9,99	0,096	0,197	30,39

Apibendrinus natūrinių dinaminių bandymų rezultatus, galima daryti tokias išvadas:

- Natūrinio bandymo metu, veikiant lokomotyvo 2TEM TMH apkrovai, nustatytus įlinkius palyginus su statinio bandymo metu gautais įlinkių rezultatais, apskaičiuoti dinaminiai koeficientai. Didžiausias dinaminis koeficientas užfiksuotas 1 tarpatramyje, lokomotyvui judant tilto konstrukcija 80 km/h greičiu kryptimi Jonavos st. – Gaižiūnai, ir yra lygus 1,15, o antrame tarpatramyje dinaminis koeficientas, esant tokiam pačiam greičiui lygus 1,05.
- Vertikalus pagreitis nustatytas antrame tarpatramyje, lokomotyvui judant tilto konstrukcija 80 km/h greičiu yra lygus 2,38 m/s^2, tuo tarpu esant tokiam greičiui pirmame tarpatramyje vertikalus pagreitis buvo 2,15 m/s^2.
- Vertinant konstrukcijų horizontalių svyravimų rezultatus, galima daryti išvadą, kad perdangos konstrukcijos tiek vertikaliai, tiek horizontaliai juda sąlyginai vienodu pagreičiu, o svyravimų pagreičio reikšmės vertikalia ir horizontalia kryptimi atitinkamai kinta nuo 0,26 m/s^2 iki 2,38 m/s^2 ir nuo 0,24 m/s^2 iki 2,80 m/s^2.
- Tiltą apkraunant dinamine apkrova, 1 tarpatramyje nustatytas savųjų svyravimų dažnis 12,69 Hz, o 2 tarpatramyje natūrinių bandymų metu užfiksuotas svyravimų dažnis buvo 9,99 Hz.
- Atlikus dinaminių bandymu metų gautų rezultatų analizę, galima teigti, kad savųjų svyravimų slopinimo koeficientai kinta nuo 30,39 % iki 40,26 %.

4 TILTO KONSTRUKCIJŲ MODELIAVIMAS

Atlikus tilto konstrukcijų apžiūras ir matavimus, paruošiamas tilto konstrukcijų modelis 3D aplinkoje Tekla Structures grafinio modeliavimo programa bei parengiami pagrindiniai tilto konstrukcijų brėžiniai.

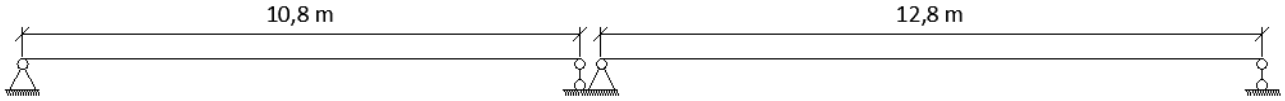
Siekiant įvertinti teorinę tilto konstrukcijų elgseną tilto skaičiavimai atlikti baigtinių elementų skaičiavimo programa Midas Civil. Sumodeliuoti tilto eksploatuojamos dalies bandomi tarpatramiai 1 ir 2. Skaičiavimo modelyje įvertintos tilto nuolatinės apkrovos, kintamos apkrovos LM71 bei SW/2 ir kintamoji bandymo apkrova. Atlikta teorinė tilto elgsenos (deformacijų, dinaminių rodiklių) analizė.

4.1 Tilto konstrukcijų modeliavimo rezultatai

Teoriniai konstrukcijų skaičiavimai atlikti taikant baigtinių elementų skaičiavimo programą Midas Civil bei analitines skaičiavimo išraiškas.

4.1.1 Skaičiuojamoji schema

Tilto perdanga skersiniame pjūvyje sudaryta iš dviejų plokščių. Perdangos plokščių geometriniai ilgiai 11,5 m ir 13,5 m, skaičiuojamieji ilgiai atitinkamai 10,8 m ir 12,8 m, perdanga karpyta. Elementų skerspjūviai sumodeliuoti taip, kad atitiktų tikruosius geometrinius konstrukcijos parametrus. Tilto skaičiuojamoji schema pateikta 4.1 paveiksle.



4.1 pav. Skaičiuojamoji tilto schema

4.1.2 Nuolatinės apkrovos

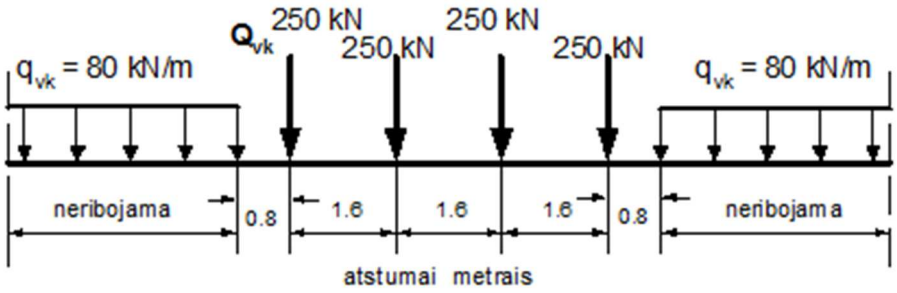
Konstrukcijų savasis svoris vertinamas vadovaujantis LST EN 1991-1-1 Eurokodas. 1. Poveikiai konstrukcijoms. 1-1 dalis. Bendrieji poveikiai. Tankiai, savasis svoris, pastatų naudojimo apkrovos. Skaičiavimuose vertinamos tilto konstrukcijų, geležinkelio kelio konstrukcijų ir šalitilčių apkrovos. Apkrovos patikimumo koeficientai priimti remiantis LST EN 1990:2002/A1 Eurokodas. Konstrukcijų projektavimo pagrindai. A2.4(A) lentelėje pateiktais reikalavimais. Priimama $\gamma_G = 1{,}35$.

4.1.3 Kintamos apkrovos

Tilto laikomosios galios skaičiavimuose naudojami šiuo metu Lietuvos Respublikoje galiojančių LST EN 1991-2 normų LM71 ir SW/2 apkrovų modeliai. Analizuojant tilto konstrukcijų elgseną, LM71 ir SW/2 apkrovų modelių atveju eismo intensyvumo koeficiento α reikšmė priimama 1,0 pagal LST EN 1991-2:2004/NA:2012.

a. LM71 modelis

Traukinių apkrovos modelio LM71 schema pateikiama 4.2 paveiksle. Šiuo modeliu išreiškiamas vertikalios normalaus geležinkelių transporto eismo apkrovos statinis efektas.



4.2 pav. Traukinių eismo apkrovos modelis LM71

Projektinės traukinių modelio LM71 apkrovos reikšmės (skaičiuojant pagal I ribinį būvį) gaunamos sudauginus: charakteristinę LM71 reikšmę, eismo intensyvumo koeficiento α reikšmę, dinaminio koeficiento reikšmę ir apkrovos patikimumo koeficiento reikšmę.

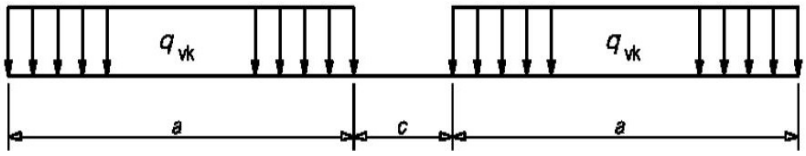
Apkrovos patikimumo koeficientai parinkti iš EN 1990:2002/A1 Eurokodas. Konstrukcijų projektavimo pagrindai. A2.4(A) lentelė. Priimama $\gamma_G = 1{,}45$.

b. SW/2 apkrovų modelis

Apkrovų išdėstymas ir charakteristinės vertikaliųjų apkrovų vertės pateiktos 4.3 pav. SW/2 apkrovų modeliu reprezentuojamas sunkaus geležinkelio transporto eismo vertikaliųjų apkrovų statiniai efektai.

Projektinės traukinių modelio SW/2 apkrovos reikšmės (skaičiuojant pagal I ribinį būvį) gaunamos sudauginus: charakteristinę SW/2 reikšmę, eismo intensyvumo koeficiento α reikšmę, dinaminio koeficiento reikšmę ir apkrovos patikimumo koeficiento reikšmę.

Apkrovos patikimumo koeficientai priimti remiantis LST EN 1990:2002/A1 Eurokodas. Konstrukcijų projektavimo pagrindai. A2.4(A) lentelėje pateiktais reikalavimais. Priimama $\gamma_G = 1{,}2$.



q_{vk}	a	c
[kN/m]	[m]	[m]
150	25,0	7,0

4.3 pav. Traukinių eismo apkrovos modelis SW/2

c. Stabdymo ir traukos jėgos (QH)

Traukos ir stabdymo jėgos veikia bėgių viršuje išilgine bėgių kelio kryptimi. Jos įvertintos kaip tolygiai paskirstytas išilgai skaičiuojamojo konstrukcinio elemento traukos ir stabdymo efektų veikiamo ilgio. Nustatant traukos ir stabdymo kryptį, reikia atsižvelgti į galimą (galimas) važiavimo kryptis kiekvienu bėgių keliu. Taikomos traukos ir stabdymo jėgų charakteristinės vertės:

- traukos jėga LM71, SW/2 apkrovų modeliams:

$$Q_{lak} = 33 \times \mathrm{L}_{a,b} \leq 1000\ kN$$

- stabdymo jėga LM71 apkrovų modeliui:

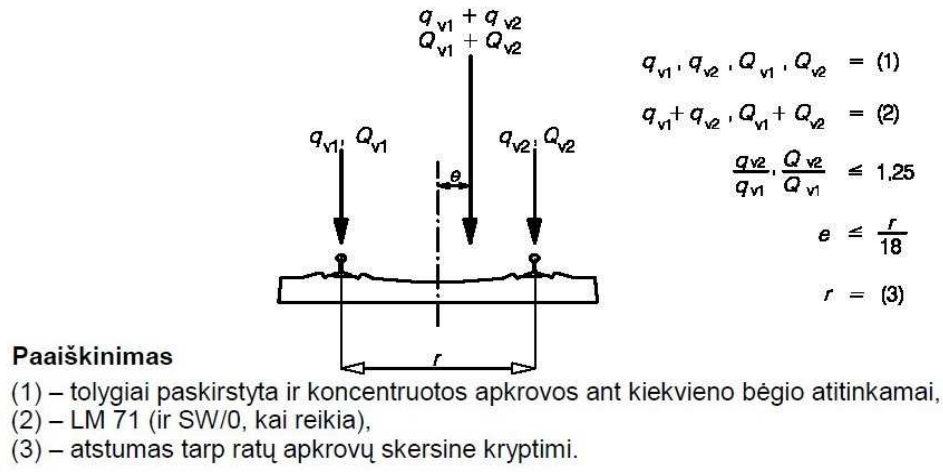
$$Q_{lbk} = 20\ \times \mathrm{L}_{a,b} \leq 6000\ kN$$

- stabdymo jėga SW/2 apkrovų modeliui:

$$Q_{lbk} = 35 \times \mathrm{L}_{a,b}$$

4.1.4 Vertikaliųjų apkrovų ekscentricitetas

Atliekant tilto konstrukcijų elgsenos analizę vertikalios apkrovos ekscentriškumas įvertintas remiantis LST EN 1991-2 reikalavimais. Vertikaliųjų apkrovų skersinio poslinkio efektas pritaikytas LM71 modeliui. Skersinio poslinkio efektas įvertintas, imant ratų apkrovų ant visų ašių santykį iki 1.0:1.25 ant, bet kurios vienos perdangos. Apkrovos išdėstymo schema pateikta 4.4 paveiksle. Vertikalių jėgų ekscentriciteto galima nepaisyti, kai vertinamas nuovargis.



Paaiškinimas

(1) – tolygiai paskirstyta ir koncentruotos apkrovos ant kiekvieno bėgio atitinkamai,
(2) – LM 71 (ir SW/0, kai reikia),
(3) – atstumas tarp ratų apkrovų skersine kryptimi.

4.4 pav. Vertikaliųjų apkrovų ekscentricitetas

4.1.5 Keliamosios galios nustatymo metodika

Eksploatuojamų tiltų perdangų laikomoji galia nustatoma trimis etapais:

I etapas. Analizuojamas projektas ir kita tilto dokumentacija (apžiūrų, tyrimų, bandymų), tiltas apžiūrimas, surandami ir apmatuojami visi defektai ir pažaidos, patikslinami geometriniai matmenys, medžiagų savybės.

II etapas. Naudojantis surinkta informacija apie tiltą ir jo elementų techninę būklę, patikrinama tilto sauga pagal normatyvus, kurie galiojo projektuojant ar statant tiltą.

III etapas. Tikrinamas tilto saugos atitikimas dabartiniams galiojantiems standartų reikalavimams.

Eksploatuojamų tiltų elementų keliamosios ir laikomosios galių patikra atliekama dalinių koeficientų metodu saugos ribiniam būviui, taikomais projektuojant naujas konstrukcijas. Kai patikros rezultatai netenkina saugos reikalavimų, naudojama tikimybinė atsparumo analizė.

Tilto elemento pavojingojo pjūvio atsparumas turi tenkinti sąlygą:

$$R_d \geq S_d,$$

čia R_d ir S_d – pjūvio atsparumo ir poveikių efekto skaičiuotinės reikšmės.

Aukščiau pateikta sąlyga įtempimų būviui *j*:

$$R_{d.j} \geq S_{G.j} + S_{Q.j},$$

čia $S_{G.j}$ ir $S_{Q.j}$ – nuolatinės ir laikinosios (geležinkelio eismo) apkrovos efektai.

Elemento saugos patikrai gali būti naudojami įverčiai:

stiprumo

$$k_{R.j} = \frac{R_{d.j}}{S_{G.j}+S_{Q.j}},$$

keliamosios galios

$$k_{Q.j} = \frac{R_{d.j}-S_{G.j}}{S_{Q.j}},$$

leistinos laikinosios statinės apkrovos

$$k_{Q.k} = \frac{R_{d.j}-S_{G.j}}{\varepsilon_j \gamma_Q (1+\mu) A_j} \text{ (kN/m)}$$

čia ε_j - laikinosios apkrovos pasiskirstymo tarp pagrindinių sijų įtempimų būviui *j* (*M* ar *V*) koeficientas (*LST–EN* standarte vertikalios apkrovos ekscentriškumas įvertinamas didinant vieno bėgio apkrovimą koeficientu 1÷1,25); γ_Q – laikinosios apkrovos dalinis (kartais perkrovimo, patikimumo) koeficientas; 1+μ – laikinosios apkrovos dinamiškumo koeficientas; A_j – perdangos pavojingojo pjūvio apkrovos efekto *j* influentės plotas.

Šiame darbe tyrinėtų tiltų karpytos perdangos tikrinamos lenkimui (didžiausiam lenkimo momentui M) ir kirpimui (didžiausiai skersinei jėgai V).

Turint leistiną laikinosios apkrovos intensyvumą kQ.k,, apskaičiuotą pagal SNIP metodiką ir naudojant buvusios TSRS normatyvinių dokumentų rekomendacijomis, palyginimui galima nustatyti tilto perdangos klasę apkrovai CK pagal žemiau pateiktą išraišką:

$$K = \frac{\psi k_{Qk}}{k_n}$$

čia Ψ - tiltų perdangų gelžbetoninių ir plieninių pagrindinių sijų klasifikacijos rezultatų suvienodinimo koeficientas; kn – etaloninės apkrovos intensyvumas.

Koeficientas ψ nustatomas pagal išraišką:

$$\psi = \frac{1 + \frac{21}{30 + L}}{1 + \frac{27}{30 + L}}$$

čia L – skaičiuotinis elemento ilgis.

Tiltų perdangų saugos patikra pagal normas galiojusias tilto statybos metu. Naudojantis buvusios TSRS tiltų projektavimo normomis (TUPM–56, SN–200, SNIP 2.05.03–84 (toliau sąlygiškai vadinsime SNIP)), kuriomis vadovaujantis suprojektuotas šiame darbe tyrinėjamas tiltas, karpytos plokštinės perdangos viduriniojo pjūvio sąlyga skaičiuotinam lenkimo momentui užrašoma taip:

$$M_{d,max} \geq \left[g_s n_g + g_b n_b + q_{ekv} \varepsilon_M n_q (1 + \mu)\right] A_M$$

čia g_s, g_b ir q_{ekv} – perdangos, balasto ir laikinosios CK apkrovų intensyvumas (kN/m); n_g, n_b ir n_q (γ_f) – perdangos, balasto ir laikinosios apkrovos perkrovimo (apkrovos patikimumo) koeficientai; A_M – karpytos perdangos viduriniojo pjūvio lenkimo momento influentės plotas; $1+\mu$ – laikinosios apkrovos dinamiškumo koeficientas.

Normose priimamos tokios parametrų reikšmės:

$n_g(\gamma_g)$=1,1; n_b=1,2 (balasto su bėgių keliu γ_b = 20 kN/m^3);

$n_q(\gamma_f)$ = 1,15-1,3, kai L=0-50 m.

Pagrindinių plokščių/sijų dinamiškumo koeficientas, kai balasto storis tilto ašyje $h_b \leq 0{,}25$m:

$$1 + \mu = 1 + \frac{15}{20+L} \geq 1{,}15.$$

Kai $h_b \geq 1{,}0$ m, $1+\mu$=1,0.

Balastą laikančios plokštės dinamiškumo koeficientas priklauso nuo balasto storio:

h_b, m	0,25	0,50	0,75	1,00
$1+\mu$	1,50	1,43	1,33	1,27

Perdangos atraminio pjūvio skaičiuotina skersinė jėga:

$$V_{d,max} \geq \left[g_s n_g + g_b n_b + q_{ekv} \varepsilon_M n_q (1 + \mu)\right] A_V$$

čia A_V – perdangos atraminio pjūvio skersinės jėgos influentės plotas.

Laikinosios apkrovos dalis tenkanti pavojingajai plokštei (dviejų plokščių surenkama perdanga) dėl bėgių kelio ir perdangos ašių ekscentriciteto e, ε_M =0,5+(e_1+e_2)/2r, čia r – vėžės plotis.

Tiltų perdangų saugos patikra pagal LST EN. Tilto perdangos viduriniojo pjūvio skaičiuotinas lenkimo momentas:

$$M_{d,max} \geq \left[\Sigma G_j \gamma_G + q_{vk} \varepsilon_M \gamma_Q \Phi_3\right] A_M$$

Tilto perdangos atraminio pjūvio skaičiuotina skersinė jėga:

$$V_{d,max} \geq \left[\Sigma G_j \gamma_G + q_{vk} \varepsilon_M \gamma_Q \Phi_3\right] A_V$$

čia G_i – nuolatinė apkrova *i*; q_{vk} – laikinoji apkrova; γ_G = 1,35 ir γ_Q = 1,45 – nuolatinės ir laikinosios apkrovų daliniai koeficientai.

Dinamiškumo koeficientas Φ_3, kuris taikomas prie standartinių apkrovų LM71 ar SW projektuojant naujus tiltus (sąlygiškai gali būti naudojamas ir eksploatuojamų tiltų patikrai):

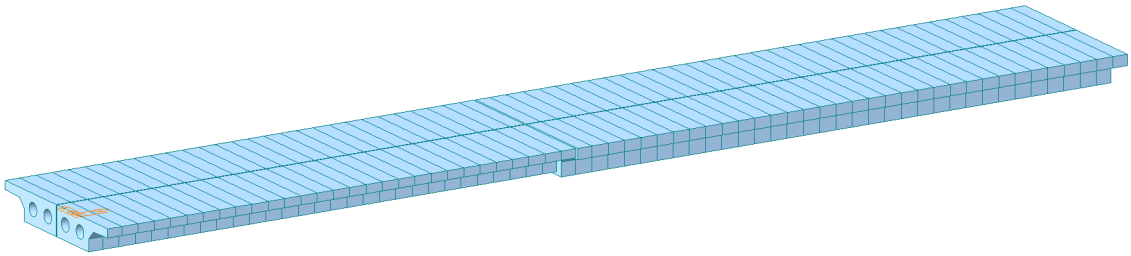
kai $h_b \leq 1{,}0$ m:

$$\Phi_3 = \frac{2{,}16}{\sqrt{L}-0{,}2} + 0{,}73,\ 1{,}0 \leq \Phi_3 \leq 2{,}0$$

kai $h_b > 1{,}0$ m, Φ_3 mažinamas dydžiu $\frac{h_b - 1}{10}$.

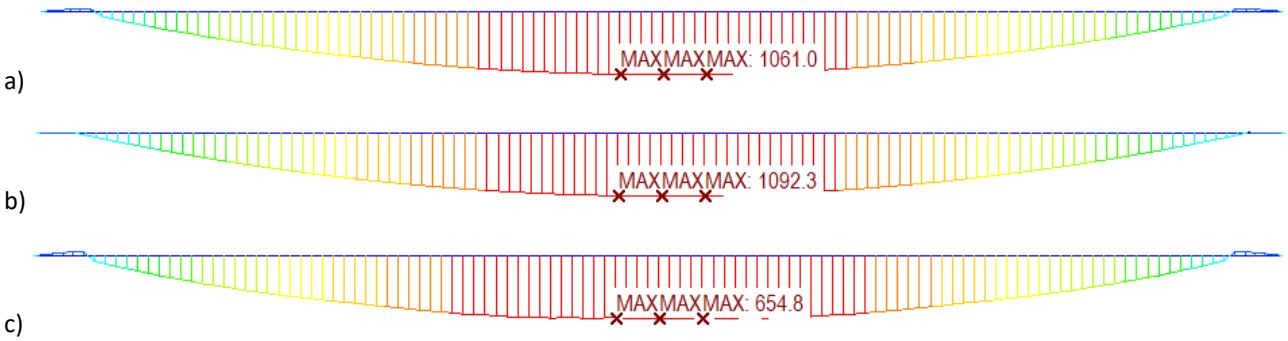
4.1.6 Įrąžų, keliamosios galios, įlinkių ir savųjų svyravimų dažnių skaičiavimas

Tilto įlinkių ir įrąžų analizė tilto konstrukciniuose elementuose atlikta nevertinant esamų pabėgių ir bėgių standumo. Skaičiuojamoji schema baigtinių elementų programos *Midas Civil* aplinkoje pateikta 4.5 paveiksle.

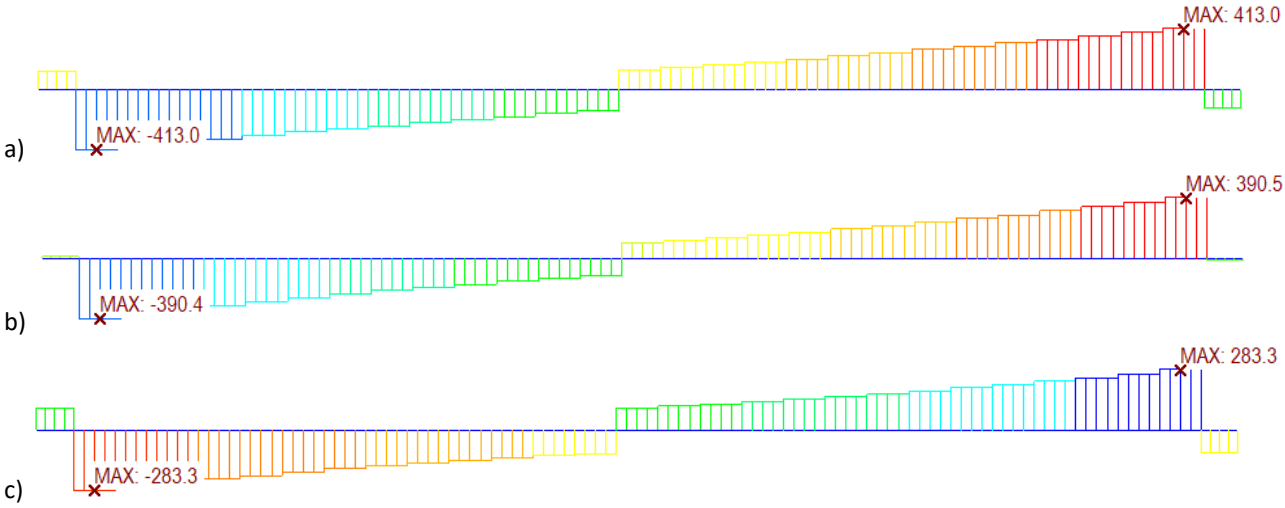


4.5 pav. Tilto skaičiuojamoji schema baigtinių elementų programoje

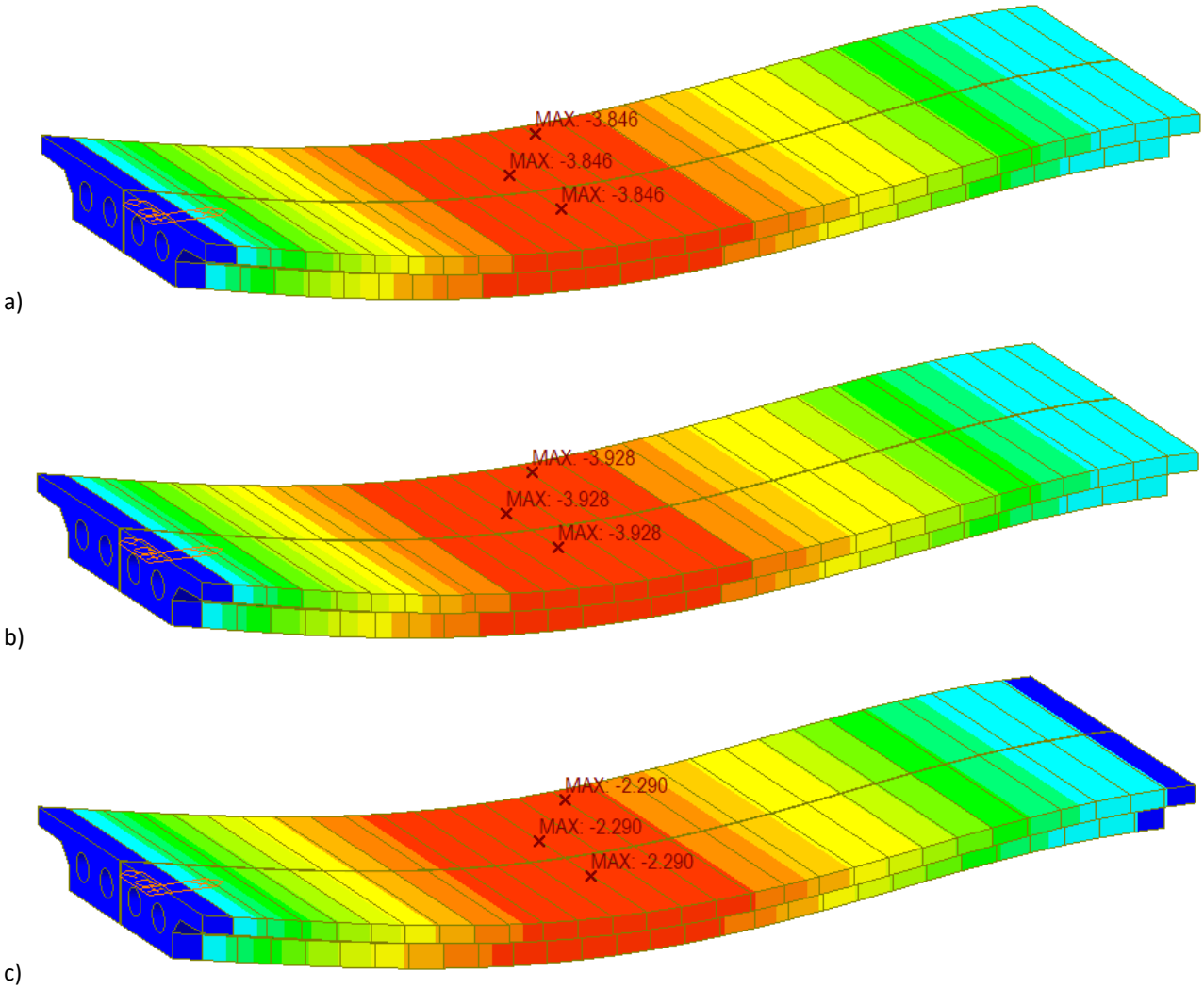
Tilto konstrukcinių elementų įrąžų ir įlinkių reikšmės gautos įvertinus apkrovų derinius, statant LM71, SW/2 bei natūrinių tyrimų metu naudoto lokomotyvų 2 TEM TMH apkrovų modelius nepalankiausiose tilto konstrukcijoms vietose. Lenkimo momentų, skersinių jėgų ir įlinkių skaičiuotinių reikšmių diagramos nuo kintamų apkrovų modelių pateikiamos 4.6 – 4.12 paveiksluose.



4.6 pav. Lenkimo momentų diagramos 1 tarpatramio plokštėse (kNm): a) nuo LM71 apkrovos modelio; b) nuo SW/2 apkrovos modelio; c) nuo lokomotyvo 2 TEM TMH apkrovos modelio



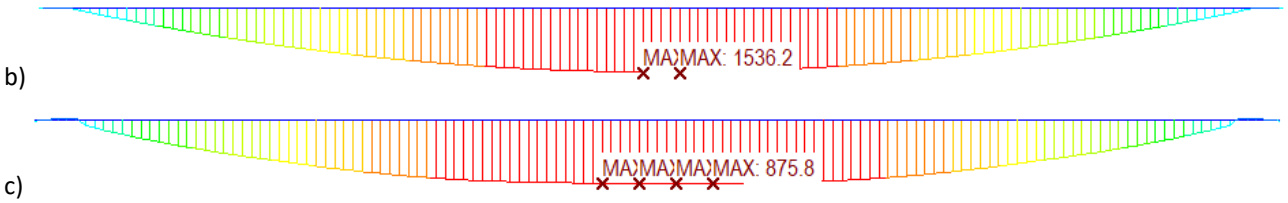
4.7 pav. Skersinių jėgų diagramos 1 tarpatramio plokštėse (kN): a) nuo LM71 apkrovos modelio; b) nuo SW/2 apkrovos modelio; c) nuo lokomotyvo 2 TEM TMH apkrovos modelio



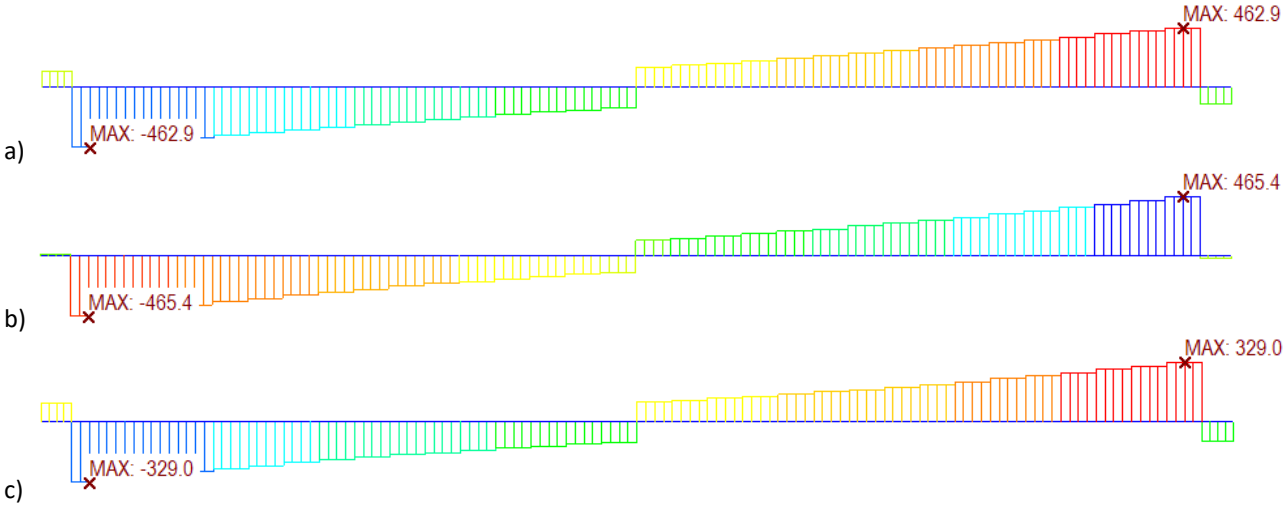
4.8 pav. Tilto 1 tarpatramio plokščių įlinkių schemos nuo kintamų apkrovų modelių: a) LM71; b) SW/2; c) lokomotyvo 2 TEM TMH



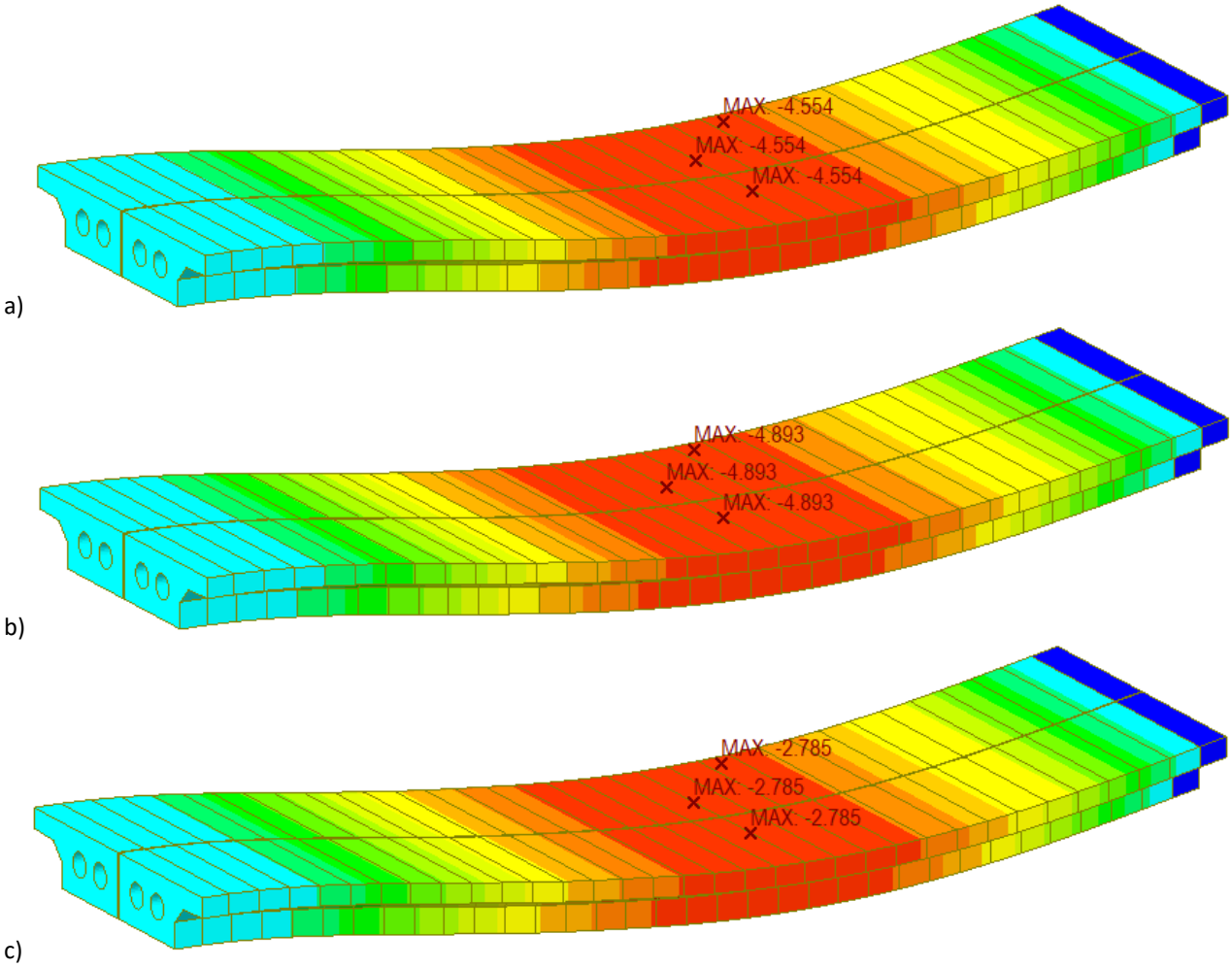
4.9 pav. Lenkimo momentų diagramos 2 tarpatramio plokštėse (kNm): a) nuo LM71 apkrovos modelio



4.10 pav. Lenkimo momentų diagramos 2 tarpatramio plokštėse (kNm): b) nuo SW/2 apkrovos modelio; c) nuo lokomotyvo 2 TEM TMH apkrovos modelio



4.11 pav. Skersinių jėgų diagramos 2 tarpatramio plokštėse (kN): a) nuo LM71 apkrovos modelio; b) nuo SW/2 apkrovos modelio; c) nuo lokomotyvo 2 TEM TMH apkrovos modelio



4.12 pav. Tilto 2 tarpatramio plokščių įlinkių schemos nuo kintamų apkrovų modelių: a) LM71; b) SW/2; c) lokomotyvo 2 TEM TMH

Tilto plokščių statinių įlinkių reikšmės gautos natūrinio bandymo metu ir teoriniais skaičiavimais bei jų palyginimas pateikiamas 4.1 lentelėje. Įlinkių reikšmės palyginamos su LST EN 1990/A1 standarte nurodyta ribine reikšme, kuri nustatoma pagal išraišką L/600 (čia L – tilto tarpatramio ilgis, m).

4.1 lentelė. Plokščių įlinkių reikšmių suvestinė lentelė

Apkrovimo modelis	**Įlinkio reikšmė, mm x-1 plokštės / x-2 plokštės**	
	1 tarpatramis	**2 tarpatramis**
LM71	3,85	4,55
SW/2	3,93	4,89
2 TEM TMH	2,29	2,79
Eksperimentas	1,96 / 1,91	2,69/2,37
Leistina įlinkio reikšmė L/600, mm	18,00	21,33
Atsargos koeficientas:		
LM71	4,67	4,69
SW/2	4,58	4,36
2 TEM TMH	7,86	7,64
Eksperimentas	9,04	7,59

Išanalizavus tilto teorinių skaičiavimų ir natūrinio bandymo rezultatus, nustatyta, kad įlinkio reikšmės neviršija ribinės įlinkio reikšmės L/600, nustatytos LST EN 1990/A1 standarte. Eksperimentinės įlinkio reikšmės yra mažesnės negu apskaičiuotos pagal teorinius skaičiavimus. Vidutinis eksperimentinių ir teorinių įlinkių santykis $s_{eks.}/s_{teor.}$ tarpatramyje 1 yra 0,84, o tarpatramyje 2 – 0,91. Vadovaujantis TN TILTAI 23 gelžbetoninėms ir plieno betono kompozitinėms perdangoms santykis $s_{eks.}/s_{teor.}$ turi būti ribose $0,6<s_{eks.}/s_{teor.}\leq 1,10$. Eksperimentinių ir teorinių įlinkių sutapimas yra leistinose ribose. Eksperimento metu gautos mažesnės įlinkio reikšmės dėl didesnio tilto standumo, kuris susidaro dėl papildomų kelio konstrukcijų elementų standumo (turėklų, bėgių, pabėgių, skaldos), kurie nebuvo vertinti sudarant tilto skaičiuojamąjį modelį.

Tiltas pastatytas 1984 m, todėl tilto perdangos skaičiavimai atlikti vadovaujantis TUPM-56 (toliau SNIP) ir pagal euronormas (LST EN). Pradiniai duomenys skaičiavimams: skaičiuojamasis ilgis 1 tarpatramio L=10,8 m, o 2 tarpatramio L=12,8 m; 1 tarpatramio plokštės naudingasis skerspjūvio aukštis d= 700,0 – 63,0 = 637,0 mm, betono klasė B25 (markė M300); o 2 tarpatramio d= 800,0 – 63,0 = 737,0 mm, betono klasė B30 (markė M400), detalus plokščių armavimas, kuris buvo vertintas atliekant skaičiavimus, pateiktas šios ataskaitos 1.2 skyriuje.

Pagal techninio reglamento TR 2.01:2019 „Automobilių kelių ir geležinkelio tiltų ir tunelių projektavimas“ bei AB „Lietuvos geležinkeliai“ patvirtintas „Geležinkelio statinių priežiūros taisyklės 147/K“ reikalavimus tiesėje ant tiltų su balastu kelio ašis neturi nukrypti nuo tilto ašies daugiau kaip 50 mm t.y., priėmus didžiausią nuokrypą 50mm ir taikant LST EN rekomendacijas, vieno bėgio apkrova turi būti didinama koeficientu ε = 1,15. Apkrovai LM71 palyginimui taip pat priimta ε = 1,15 (šis koeficientas kartu įvertina ir nesimetrinį krūvių vagonuose pasiskirstymą ir kitus faktorius, todėl jų taikymas vertinti tik kelio ašies necentriškumą yra sąlyginis). Apkrovų daliniai koeficientai kartu su skaičiavimo rezultatais pateikti 4.2 lentelėje.

4.2 lentelė. Nuolatinės ir laikinosios apkrovų efektai ir jų įverčiai, kai h_b = 0,38 m

Projektavimo normos	Apkrovos efektas	Pavojingojo pjūvio atsparumas, R_d	Nuolatinė apkrova	Laikinoji apkrova	k_R	k_Q	$k_{Q.k}$, kN/m
1 tarpatramis							
SNiP (SW/2) 1+μ=1,49 γ_f=1,28 ε_j=1,15	M_d, kNm V_d, kN	3825,9 4327,8	856,62 297,95	2057,05 715,50	1,31 4,27	1,44 5,63	56,82 372,15
LST EN LM71 Φ_3=1,43 γ_Q=1,45 ε_j=1,15	M_d, kNm V_d, kN	3643,7 4121,7	1017,22 353,81	2163,8 752,63	1,15 3,73	1,21 5,01	77,91 321,31
LST EN 2 TEM TMH Φ_3=1,14 γ_Q=1,45 ε_j=1,15	M_d, kNm V_d, kN	3643,7 4121,7	1017,22 353,81	989,87 344,30	1,82 5,90	2,65 10,94	302,16 433,47
2 tarpatramis							
SNiP (SW/2) 1+μ=1,46 γ_f=1,28 ε_j=1,15	M_d, kNm V_d, kN	6140,5 7164,4	1315,05 389,64	2829,04 838,23	1,48 5,83	1,71 8,08	78,93 545,00
LST EN LM71 Φ_3=1,37 γ_Q=1,45 ε_j=1,15	M_d, kNm V_d, kN	5848,1 6823,2	1566,95 464,28	2770,14 820,78	1,35 5,31	1,55 7,75	96,18 482,16
LST EN 2 TEM TMH Φ_3=1,06 γ_Q=1,45 ε_j=1,15	M_d, kNm V_d, kN	5848,1 6823,2	1566,95 464,28	1323,96 392,29	2,02 7,97	3,23 16,21	124,31 623,17

Turint leistiną laikinosios apkrovos intensyvumą kQ.k,, apskaičiuotą pagal SNIP metodiką ir naudojantis buvusios TSRS normatyvinių dokumentų rekomendacijomis, nustatyta tilto perdangos klasė apkrovai SW/2:

1 tarpatramis:

$$K = \frac{\psi \times k_{Qk}}{k_n} = \frac{0{,}911 \times 56{,}82}{22{,}30} = 2{,}32$$, skaičiuojant lenkimo momentams;

$$K = \frac{\psi \times k_{Qk}}{k_n} = \frac{0{,}911 \times 372{,}15}{22{,}30} = 15{,}19$$, skaičiuojant skersinėms jėgoms.

2 tarpatramis:

$$K = \frac{\psi \times k_{Qk}}{k_n} = \frac{0{,}914 \times 78{,}93}{21{,}60} = 3{,}34$$, skaičiuojant lenkimo momentams;

$$K = \frac{\psi \times k_{Qk}}{k_n} = \frac{0{,}914 \times 545{,}00}{21{,}60} = 23{,}04$$, skaičiuojant skersinėms jėgoms.

Tuo tarpu įvertinus laikinosios apkrovos intensyvumą kQ.k, apskaičiuotą pagal SNIP metodiką ir naudojantis buvusios TSRS normatyvinių dokumentų rekomendacijomis, palyginimui nustatyta tilto perdangos klasė apkrovai LM71:

1 tarpatramis:

$$K = \frac{\psi \times k_{Qk}}{k_n} = \frac{0{,}911 \times 77{,}91}{22{,}30} = 3{,}18$$, skaičiuojant lenkimo momentams;

$$K = \frac{\psi \times k_{Qk}}{k_n} = \frac{0{,}911 \times 321{,}31}{22{,}30} = 13{,}11$$, skaičiuojant skersinėms jėgoms.

2 tarpatramis:

$$K = \frac{\psi \times k_{Qk}}{k_n} = \frac{0{,}914 \times 96{,}18}{21{,}60} = 4{,}07$$, skaičiuojant lenkimo momentams;

$$K = \frac{\psi \times k_{Qk}}{k_n} = \frac{0{,}914 \times 482{,}16}{21{,}60} = 20{,}38$$, skaičiuojant skersinėms jėgoms.

Tuo tarpu įvertinus laikinosios apkrovos intensyvumą kQ.k,, apskaičiuotą pagal SNIP metodiką ir naudojantis buvusios TSRS normatyvinių dokumentų rekomendacijomis, palyginimui nustatyta tilto perdangos klasė apkrovai 2 TEM TMH:

1 tarpatramis:

$$K = \frac{\psi \times k_{Qk}}{k_n} = \frac{0{,}911 \times 302{,}16}{22{,}30} = 12{,}33$$, skaičiuojant lenkimo momentams;

$$K = \frac{\psi \times k_{Qk}}{k_n} = \frac{0{,}911 \times 433{,}47}{22{,}30} = 17{,}69$$, skaičiuojant skersinėms jėgoms.

2 tarpatramis:

$$K = \frac{\psi \times k_{Qk}}{k_n} = \frac{0{,}914 \times 124{,}31}{21{,}60} = 5{,}25$$, skaičiuojant lenkimo momentams;

$$K = \frac{\psi \times k_{Qk}}{k_n} = \frac{0{,}914 \times 623{,}17}{21{,}60} = 26{,}34$$, skaičiuojant skersinėms jėgoms.

Bandymo metu nustatyta lokomotyvo TEM TMH apkrova 1 tarpatramyje sukelia apytiksliai 2,19 ir 2,08 karto mažesnes įrąžas atitinkamai lyginant su LM71 ir SW/2 apkrovų modeliais, o tuo tarpu 2 tarpatramyje lokomotyvo TEM TMH sukeliamų įrąžų skirtumas lyginant su LM71 ir SW/2 modeliais atitinkamai yra mažesnis 2,09 ir 2,21 karto. Pagal skaičiavimus, mažiausia stiprumo įverčio reikšmė kR = 1,15 nustatyta vertinant LM71 apkrovos modelį 1 tarpatramyje. Taip pat šio tyrimo apimtyje buvo nustatyta ir maksimali leistina geležinkelio kintamoji apkrova, kurią gali atlaikyti perdanga atsižvelgiant į jos laikomąją galią, ir yra lygi 56,82 kN/m ir 78,93 kN/m atitinkamai 1 tarpatramio ir 2 tarpatramio atveju.

Atlikus tilto konstrukcijos teorinę dinaminę analizę, nustatytos tilto laisvųjų svyravimų formos ir dažniai, kurie pateikiami 4.13 paveiksle. Tilto laisvųjų svyravimų skaičiavimai atliekami nevertinant pabėgių ir bėgių standumo. Tilto savųjų svyravimų formų dažnių reikšmės, nustatytos natūrinių bandymu metu ir teoriniais skaičiavimais bei jų palyginimas pateikiamas 4.3 lentelėje.

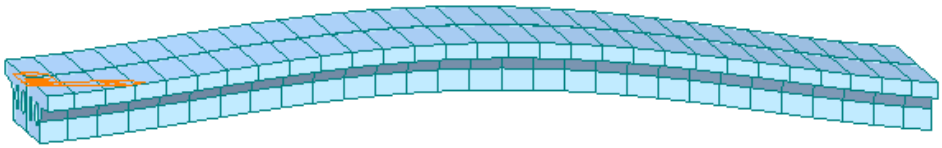
Kaip matyti iš 4.3 lentelėje pateiktų svyravimo formų ir jų dažnių rezultatų galima teigti, kad eksperimentiniai ir teoriniai užfiksuotų svyravimo formų dažniai sąlyginai gerai sutapo, skirtumas vidutiniškai sudaro apie 6%. Dalies teoriniais skaičiavimais gautų svyravimo formų bandymo metu užfiksuoti nepavyko dėl sąlyginai mažo šių svyravimų poveikio konstrukcijoms ir sukeliamų nedidelių atitinkamo dažnio svyravimo pagreičių.

a)

FREQUENCY
(CYCLE/SEC)
12.331729

NATURAL PERIOD
(SEC)
0.081092

MPM(%)
DX= 0.000000
DY= 0.000000
DZ= 30.277357
RX= 0.000052
RY= 29.690023
RZ= 0.000000

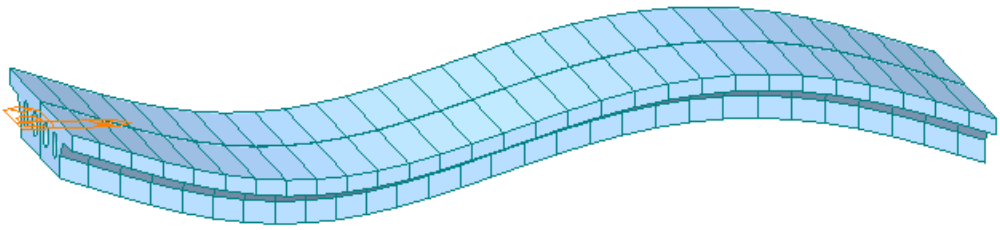


b)

FREQUENCY
(CYCLE/SEC)
27.339643

NATURAL PERIOD
(SEC)
0.036577

MPM(%)
DX= 5.040975
DY= 0.000000
DZ= 0.000001
RX= 0.000019
RY= 3.791829
RZ= 0.000000

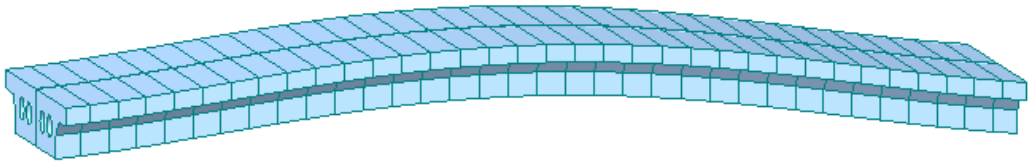


c)

FREQUENCY
(CYCLE/SEC)
10.413979

NATURAL PERIOD
(SEC)
0.096025

MPM(%)
DX= 0.000011
DY= 0.000000
DZ= 40.501600
RX= 0.000024
RY= 22.794133
RZ= 0.000000

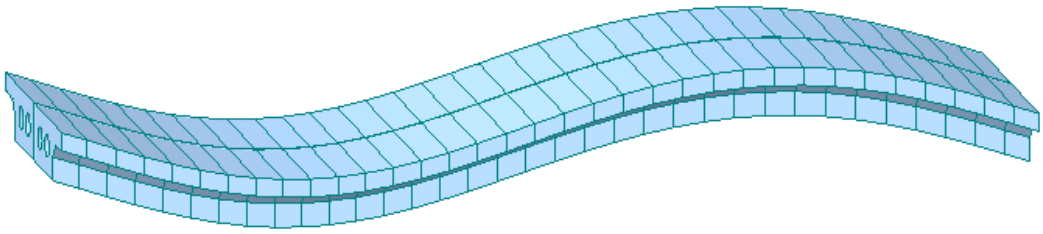


d)

FREQUENCY
(CYCLE/SEC)
23.290640

NATURAL PERIOD
(SEC)
0.042936

MPM(%)
DX= 5.901526
DY= 0.000000
DZ= 0.000049
RX= 0.000141
RY= 7.324094
RZ= 0.000000



4.13 pav. Tilto laisvųjų svyravimų formos (a ir b – 1 tarpatramis, c ir d – 2 tarpatramis)

4.3 lentelė. Teoriniai tilto savųjų svyravimų dažniai ir jų palyginimas su eksperimentiniais rezultatais

Svyravimų forma	**1 tarpatramis**		
	Eksperimentinis, Hz, forma*	**Teorinis, Hz, forma***	**Rezultatų sutapimas f_{Eksp}/f_{Teor}**
1	12,69 V	12,33 V	1,03
2	23,79 VS	27,34 VS	0,87
Svyravimų forma	**2 tarpatramis**		
	Eksperimentinis, Hz, forma*	**Teorinis, Hz, forma***	**Rezultatų sutapimas f_{Eksp}/f_{Teor}**
1	9,99 V	10,41 V	0,96
2	-	23,29 VS	-

* - svyravimų forma, V – vertikali, H – horizontali, S – sukamoji.

Teorinių skaičiavimų metu nustatyta 1 tarpatramio savųjų svyravimų pirmoji forma yra 12,33 Hz (vertikali), o eksperimento metu nustatyta – 12,69 Hz (vertikali). Teorinių skaičiavimų metu nustatyta 2 tarpatramio savųjų svyravimų pirmoji forma yra 10,41 Hz (vertikali), o eksperimento metu nustatyta – 9,99 Hz (vertikali). Pagal LST EN 1991-2 standarto 6.10 paveiksle pateiktus reikalavimus dinaminė analizė nėra būtina jei tilto savųjų svyravimų pirmosios formos dažnis patenka į šias ribas:

1 tarpatramis:

- viršutinė riba $n_0 = 94{,}76L^{-0{,}748} = 15{,}98\ Hz$,
- apatinė riba $n_0 = 80/L = 7{,}41\ Hz$.

2 tarpatramis:

- viršutinė riba $n_0 = 94{,}76L^{-0{,}748} = 14{,}07\ Hz$,
- apatinė riba $n_0 = 80/L = 6{,}25\ Hz$.

Iš pateiktų rezultatų galima matyti, jog visų tarpatramių pirmosios svyravimų formos patenka į aukščiau nurodytas ribas, todėl tilto dinaminė analizė nebūtina.

LST EN 1990/A1 standarte pateiktas minimalus pirmosios laisvųjų svyravimų formos skersine kryptimi dažnis, kuris turi būti nežemiau f_{n0}=1,2 Hz reikšmės. Eksperimento metu tilto pirmosios laisvųjų svyravimų formos dažnio reikšmė horizontalia kryptimi nebuvo užfiksuota, tačiau teoriniais skaičiavimais nustatyta, kad 1 ir 2 tarpatramyje ji atitinkamai yra lygi 47,61 Hz ir 39,68 Hz, todėl galima teigti, kad standarte nustatytas reikalavimas tenkinamas.

Pagal LST EN 1990/A1 standartą didžiausios viršūninės tilto perdangos pagreičio reikšmės bėgių kelio su balastu atvejais neturi būti didesnės kaip 3,5 m/s^2. Eksperimento metu nustatytos tilto perdangos svyravimų pagreičio reikšmės, lokomotyvui judant 10 – 80 km/h greičiu, kito nuo 0,26 iki 2,38 m/s^2. Apibendrinant galima teigti, kad norminiuose aktuose nurodoma ribinė 3,5 m/s^2 reikšmė eksperimentinio tyrimo metu viršijama nebuvo, todėl galima daryti išvadą, kad tilto konstrukcijos tenkina norminių aktų dinaminių poveikių reikalavimus.

Taip pat LST EN 1991-2 standartas reglamentuota žemutinę virpesių slopimo reikšmę, kuri gelžbetoninėms tilto konstrukcijoms, kai tarpatramis L<20 m, yra nustatoma pagal išraišką: $\zeta = 1{,}5 + 0{,}07 \times (20 – L)$, kur L yra tarpatramio ilgis. Šiuo atveju tilto 1 tarpatramio perdangos konstrukcijų slopimo žemutinė reikšmė lygi 2,14%, o tuo tarpu 2 tarpatramio – 2,00%. Natūrinio eksperimento metu nustatyta tilto konstrukcijų virpesių slopimo koeficiento reikšmė 1 tarpatramiui yra 40,26%, o 2 tarpatramiui – 30,39%. Todėl galima daryti išvadą, kad eksperimentiškai nustatytos virpesių slopimo reikšmės tenkina LST EN 1991-2 standartą.

Kadangi tirto tilto konstrukcijos patenka į kelio ruožą, kur vyksta ir keleivinių traukinių eismas būtina atsižvelgti ir į LST EN 1990/A1 standarte apibrėžiamus keleivių komforto kriterijus. Keleivių komfortas priklauso nuo vertikaliojo pagreičio b_v vagone, atsirandančio prie tilto, pervažiuojant per jį ir nuvažiuojant nuo jo. Pagal standartą nurodomi trys komforto lygiai:

- labai geras, kai pagreitis vertikalia kryptimi yra 1,0 m/s^2;
- geras, kai pagreitis vertikalia kryptimi yra 1,3 m/s^2;

- priimtinas, kai pagreitis vertikalia kryptimi yra 2,0 m/s^2.

Eksperimento metu nustatyti tilto perdangos plokščių vertikalieji pagreičiai atitinkantys labai gero arba gero keleivių komforto kriterijaus lygius 1 ir 2 tarpatramiuose buvo pasiekti, kai lokomotyvas neviršijo 40 km/h greičio, važiuojant iki 80 km/h greičiu pagreičių reikšmės atitiko priimtino komforto kriterijaus lygį. Lokomotyvui pasiekus 80 km/h greitį, keleivių komforto kriterijus nebetenkina priimtino lygio sąlygos. Tačiau reikia paminėti, kad keleivių komforto lygis priklauso nuo pagreičio esančio vagone, todėl pagreitis priklauso ne tik nuo perdangos konstrukcijos pagreičių, bet ir nuo keleivinio traukinio charakteristikų. Tiksliam komforto lygio pagreičio nustatymui reikalinga atlikti transporto priemonės ir tilto dinaminę tarpusavio sąveikos analizę.

Apibendrinus ir palyginus eksperimentinių ir teorinių tyrimų rezultatus bei įvertinus juos atsižvelgiant į norminių aktų reikalavimus, galima daryti tokias išvadas:

- Bandymo metu nustatyta lokomotyvo TEM TMH apkrova 1 tarpatramyje sukelia apytiksliai 2,19 ir 2,08 karto mažesnes įrąžas atitinkamai lyginant su LM71 ir SW/2 apkrovų modeliais, o tuo tarpu 2 tarpatramyje lokomotyvo TEM TMH sukeliamų įrąžų skirtumas lyginant su LM71 ir SW/2 modeliais atitinkamai yra mažesnis 2,09 ir 2,21 karto.

- Pagal skaičiavimus, mažiausia stiprumo įverčio reikšmė k_R = 1,15 nustatyta vertinant LM71 apkrovos modelį. Kadangi įverčio reikšmė yra didesnė nei 1,0, perdangos laikomoji galia pakankama LM71 apkrovai.

- Atlikus konstrukcijų vizualinę apžiūrą bei statinius ir dinaminius bandymus buvo nustatyta maksimali leistina geležinkelio kintamoji apkrova, kurią gali atlaikyti perdanga atsižvelgiant į jos laikomąją galią bei techninę būklę, ir yra lygi 56,82 kN/m ir 78,93 kN/m atitinkamai 1 tarpatramio ir 2 tarpatramio atveju.

- Išanalizavus tilto teorinių skaičiavimų ir natūrinio bandymo rezultatus, nustatyta, kad įlinkio reikšmės, tinkamumo ribinio būvio atveju, neviršija ribinės įlinkio reikšmės L/600, nustatytos LST EN 1990/A1 standarte, ir yra 9,04 karto mažesnė tarpatramyje 1 bei 7,59 karto mažesnė tarpatramyje 2.

- Vidutinis eksperimentinių ir teorinių įlinkių santykis $s_{eks.}/s_{teor.}$ tarpatramyje 1 yra 0,86, o tarpatramyje 2 – 0,94. Vadovaujantis TN TILTAI 23 gelžbetoninėms ir plieno betono kompozitinėms perdangoms santykis $s_{eks.}/s_{teor.}$ turi būti ribose $0,6<s_{eks.}/s_{teor.}\leq 1,10$. Eksperimentinių ir teorinių įlinkių sutapimas yra leistinose ribose.

- Eksperimento metu gautos mažesnės įlinkio reikšmės dėl didesnio tilto standumo, kuris susidaro dėl papildomų kelio konstrukcijų elementų standumo (turėklų, bėgių, pabėgių, skaldos), kurie nebuvo vertinti sudarant tilto skaičiuojamąjį modelį.

- Teorinių skaičiavimų metu nustatyta 1 tarpatramio savųjų svyravimų pirmoji forma yra 12,33 Hz (vertikali), o eksperimento metu nustatyta – 12,69 Hz (vertikali). Teorinių skaičiavimų metu

nustatyta 2 tarpatramio savųjų svyravimų pirmoji forma yra 10,41 Hz (vertikali), o eksperimento metu nustatyta – 9,99 Hz (vertikali). Nustatytų pirmosios svyravimo formos dažnių reikšmės patenka į aukštutines ir žemutines dažnių ribas, apibrėžiamas pagal LST EN 1991-2 standarto reikalavimus, todėl tenkina normų reikalavimus ir tilto dinaminė analizė nebūtina.

- Teoriniais skaičiavimais nustatyta tarpatramio 1 pirmosios laisvųjų svyravimų formos dažnio reikšmė horizontalia kryptimi lygi 47,61 Hz, o tarpatramio 2 – 39,68 Hz. Eksperimento metu tilto pirmosios laisvųjų svyravimų formos dažnio reikšmė horizontalia kryptimi užfiksuota nebuvo. Remiantis gautais teorinių skaičiavimų rezultatais galima teigti, kad LST EN 1990/A1 standarte pateiktas minimalus pirmosios laisvųjų svyravimų formos skersine kryptimi dažnio, kuris turi būti ne žemiau kaip f_{n0}=1,2 Hz, reikalavimas tenkinamas.
- Eksperimento metu nustatytos tilto perdangos svyravimų pagreičio reikšmės, lokomotyvui judant 10-80 km/h greičiu, kito nuo 0,26 iki 2,38 m/s^2. Remiantis gautais rezultatais, LST EN 1990/A1 normose nurodoma ribinė 3,5 m/s^2 reikšmė eksperimentinio tyrimo metu viršijama nebuvo.
- Natūrinio eksperimento metu nustatyta tilto konstrukcijų virpesių slopimo koeficiento reikšmė 1 tarpatramiui yra 40,26%, o 2 tarpatramiui – 30,39%. Galima daryti išvadą, kad eksperimentiškai nustatyta virpesių slopimo reikšmė tenkina LST EN 1991-2 standartą, kadangi faktinė virpesių slopimo reikšmė yra didesnė nei standarte reglamentuojama žemutinė jų riba, kuri nustatoma pagal išraišką: $\zeta = 1,5 + 0,07 \times (20 – L)$, kur L yra tarpatramio ilgis, ir 1 tarpatramio atveju yra lygi 2,14%, o 2 tarpatramio atveju – 2,00%.
- Eksperimento metu nustatyti tilto perdangos plokščių vertikalieji pagreičiai atitinkantys labai gero keleivių komforto kriterijaus lygius 1 ir 2 tarpatramiuose buvo pasiekti, kai lokomotyvas neviršijo 40 km/h greičio, važiuojant iki 80 km/h greičiu pagreičių reikšmės atitiko priimtino komforto kriterijaus lygį. Lokomotyvui pasiekus 80 km/h greitį, keleivių komforto kriterijus nebetenkina priimtino lygio sąlygos ir viršija jį iki 0,38 m/s^2.

5 APIBENDRINAMOSIOS IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

1. Tilto konstrukciniai elementai ir jo prieigos

Apibendrinus vizualinės apžiūros metu surinktą medžiagą apie konstrukcinių tilto elementų techninę būklę, galima teigti, kad atramose bei perdangos elementuose yra struktūrinių pažeidimų, kuriuos būtina pašalinti siekiant toliau saugiai eksploatuoti tilto konstrukcijas. Pažaidų šalinimui rekomenduojami sekantys darbai:

1.1. Pažeistų betono paviršių valymas ir atstatymas: nuvalomi betono paviršiai, pašalinami nesilaikantys betono gabalai, užtaisomos kavernos ir paviršinės pažaidos, atstatomas pažeistas apsauginis betono sluoksnis bei sudūlėję paviršiai; numatytiems atstatymo darbams rekomenduojama naudoti mineralinius remontinius R3 klasės mišinius.

1.2. Gelžbetoniniuose elementuose esančios koroduojančios armatūros remontas: koroduojančių ir atsidengusių armatūros strypų valymas bei armatūros padengimas antikorozine danga vietose, kur dėl armatūros korozijos atkibęs ar pilnai nukritęs apsauginis betono sluoksnis; siūloma naudoti įsigeriantį mišinį su korozijos greitį mažinančiais priedais.

1.3. Tyrimų metu užfiksuota paviršinių plyšių, todėl rekomenduojamas plyšių užtaisymas ir injektavimas: nuvalius gelžbetoninių konstrukcijų paviršių ir užfiksavus didesnius nei 0,5 mm pločio plyšius būtina juos išvalyti ir injektuoti; likusieji plyšiai užtaisomi vientisu remontinio mišinio sluoksniu.

1.4. Atramų betoninių paviršių padengimas atmosferos poveikiams atsparia danga; siūloma naudoti hidrofobinį impregnantą, kuris padidina betono atsparumą atmosferos poveikiams ir ženkliai sumažina vandens įgertį.

1.5. Hidroizoliacijos atstatymas ant perdangos ir aplink vandens nuleidimo šulinėlius.

1.6. Naujų, nelaidžių vandeniui deformacinių siūlių įrengimas.

1.7. Metalinių konstrukcijų paviršiaus valymas iki SA2,5 ir padengimas apsaugine antikorozine danga numatant ne žemesnę nei C5 kategoriją pagal LST EN ISO 12944-2.

1.8. Atsipalaidavusių tvirtinimo varžtų priveržimas, nutrūkusių virinimo siūlių pervirinimas.

1.9. Turėklų statramsčių pritvirtinimas, trūkstamų elementų įrengimas siekiant, kad turėklai atitiktų šiuo metu galiojančius norminius reikalavimus, turėklų lyginimas, valymas ir perdažymas, numatant ne žemesnę nei C4 kategoriją pagal LST EN ISO 12944-2.

1.10. Numatyti suskilusių medinių pabėgių keitimą.

1.11. Apibendrinant vizualinės apžiūros metu užfiksuotus defektus ir pažaidas, juos galima klasifikuoti į darančius ir nedarančius įtakos tilto konstrukcijų laikomajai galiai. Laikomajai galiai įtakos turintys defektai ir pažaidos: atramų ir perdangos konstrukcijų plyšiai, pažeista perdangos hidroizoliacija, kiauri deformaciniai pjūviai bei sutrūkę pabėgiai. Tuo tarpu laikomajai galiai įtakos neturintys defektai ir pažaidos: turėklų korozija ir deformacijos, šalitilčių defektai.

1.12. Įtakojančius ir neįtakojančius laikomąją galią defektus rekomenduojama pašalinti atitinkamai per ateinančius 2 metus ir artimiausio planinio paprastojo remonto metu.

2. Teoriniai tilto konstrukcijų skaičiavimai ir natūriniai bandymai

Atlikus teorinių ir natūrinių tilto elgsenos rezultatų analizę žemiau pateikiamos apibendrintos išvados ir rekomendacijos:

2.1. Įvertinus statinio bandymo rezultatus, galima daryti išvadą, kad tilto konstrukcijos plokštė 1 bei plokštė 2 linksta sąlyginai vienodai. Tiek lokomotyvams pravažiuojant per tiltą 5 km/h kryptimi, tiek stovint padėtyse gaunami labai panašūs rezultatai. Taip pat nedideli įlinkių skirtumai gaunami ir lokomotyvams važiuojant skirtingomis kryptimis.

2.2. Maksimalūs nustatyti pagal atliktus matavimus įlinkiai 1 tarpatramio viduryje buvo 1,96 mm ir 1,91 mm atitinkamai pirmos ir antros plokštės, 2 tarpatramio viduryje buvo 2,69 mm ir 2,37 mm atitinkamai pirmos ir antros plokštės.

2.3. Didžiausia liekamojo (y_{pl}) ir suminio įlinkio (y_{tot}) santykio reikšmė lygi $y_{pl}/y_{tot}=0,12/1,16=0,10<\beta=0,25$ bei neviršija TILTAI TN 23 taisyklių reikalavimų.

2.4. Vidutinis eksperimentinių ir teorinių įlinkių santykis $s_{eks.}/s_{teor.}$ tarpatramyje 1 yra 0,86, o tarpatramyje 2 – 0,94. Vadovaujantis TN TILTAI 23 gelžbetoninėms ir plieno betono kompozitinėms perdangoms santykis $s_{eks.}/s_{teor.}$ turi būti ribose $0,6<s_{eks.}/s_{teor.}\leq 1,10$. Eksperimentinių ir teorinių įlinkių sutapimas yra leistinose ribose.

2.5. Išanalizavus tilto teorinių skaičiavimų ir natūrinio bandymo rezultatus, nustatyta, kad įlinkio reikšmės, tinkamumo ribinio būvio atveju, neviršija ribinės įlinkio reikšmės L/600, nustatytos LST EN 1990/A1 standarte, ir yra 9,04 karto mažesnė tarpatramyje 1 bei 7,59 karto mažesnė tarpatramyje 2.

2.6. Bandymo metu nustatyta lokomotyvo TEM TMH apkrova 1 tarpatramyje sukelia apytiksliai 2,19 ir 2,08 karto mažesnes įrąžas atitinkamai lyginant su LM71 ir SW/2 apkrovų modeliais, o tuo tarpu 2 tarpatramyje lokomotyvo TEM TMH sukeliamų įrąžų skirtumas lyginant su LM71 ir SW/2 modeliais atitinkamai yra mažesnis 2,09 ir 2,21 karto.

2.7. Pagal skaičiavimus, mažiausia stiprumo įverčio reikšmė k_R = 1,15 nustatyta vertinant LM71 apkrovos modelį. Kadangi įverčio reikšmė yra didesnė nei 1,0, perdangos laikomoji galia pakankama LM71 apkrovai.

2.8. Natūrinio bandymo metu, veikiant lokomotyvo 2TEM TMH apkrovai, nustatytus įlinkius palyginus su statinio bandymo metu gautais įlinkių rezultatais, apskaičiuoti dinaminiai koeficientai. Didžiausias dinaminis koeficientas užfiksuotas 1 tarpatramyje, lokomotyvui judant tilto konstrukcija 80 km/h greičiu kryptimi Jonavos st. – Gaižiūnai, ir yra lygus 1,15, o antrame tarpatramyje dinaminis koeficientas, esant tokiam pačiam greičiui lygus 1,05.

2.9. Vertikalus pagreitis nustatytas antrame tarpatramyje, lokomotyvui judant tilto konstrukcija 80 km/h greičiu yra lygus 2,38 m/s^2, tuo tarpu esant tokiam greičiui pirmame tarpatramyje vertikalus pagreitis buvo 2,15 m/s^2.

2.10. Vertinant konstrukcijų horizontalių svyravimų rezultatus, galima daryti išvadą, kad perdangos konstrukcijos tiek vertikaliai, tiek horizontaliai juda sąlyginai vienodu pagreičiu, o svyravimų pagreičio reikšmės vertikalia ir horizontalia kryptimi atitinkamai kinta nuo 0,26 m/s^2 iki 2,38 m/s^2 ir nuo 0,24 m/s^2 iki 2,80 m/s^2.

2.11. Tiltą apkraunant dinamine apkrova, 1 tarpatramyje nustatytas savųjų svyravimų dažnis 12,69 Hz, o 2 tarpatramyje natūrinių bandymų metu užfiksuotas svyravimų dažnis buvo 9,99 Hz.

2.12. Teorinių skaičiavimų metu nustatyta 1 tarpatramio savųjų svyravimų pirmoji forma yra 12,33 Hz (vertikali), o eksperimento metu nustatyta – 12,69 Hz (vertikali). Teorinių skaičiavimų metu nustatyta 2 tarpatramio savųjų svyravimų pirmoji forma yra 10,41 Hz (vertikali), o eksperimento metu nustatyta – 9,99 Hz (vertikali). Nustatytų pirmosios svyravimo formos dažnių reikšmės patenka į aukštutines ir žemutines dažnių ribas, apibrėžiamas pagal LST EN 1991-2 standarto reikalavimus, todėl tenkina normų reikalavimus ir tilto dinaminė analizė nebūtina.

2.13. Eksperimento metu gautos mažesnės įlinkio reikšmės bei didesnės savųjų svyravimų dažnių reikšmės dėl didesnio tilto standumo, kuris susidaro dėl papildomų kelio konstrukcijų elementų standumo (turėklų, bėgių, pabėgių, skaldos), kurie nebuvo vertinti sudarant tilto skaičiuojamąjį modelį.

2.14. Teoriniais skaičiavimais nustatyta tarpatramio 1 pirmosios laisvųjų svyravimų formos dažnio reikšmė horizontalia kryptimi lygi 47,61 Hz, o tarpatramio 2 – 39,68 Hz. Eksperimento metu tilto pirmosios laisvųjų svyravimų formos dažnio reikšmė horizontalia kryptimi užfiksuota nebuvo. Remiantis gautais teorinių skaičiavimų rezultatais galima teigti, kad LST EN 1990/A1 standarte pateiktas minimalus pirmosios laisvųjų svyravimų formos skersine kryptimi dažnio, kuris turi būti ne žemiau kaip f_{n0}=1,2 Hz, reikalavimas tenkinamas.

2.15. Eksperimento metu nustatytos tilto perdangos svyravimų pagreičio reikšmės, lokomotyvui judant 10-80 km/h greičiu, kito nuo 0,26 iki 2,38 m/s^2. Remiantis gautais rezultatais, LST EN 1990/A1 normose nurodoma ribinė 3,5 m/s^2 reikšmė eksperimentinio tyrimo metu viršijama nebuvo.

2.16. Natūrinio eksperimento metu nustatyta tilto konstrukcijų virpesių slopimo koeficiento reikšmė 1 tarpatramiui yra 40,26%, o 2 tarpatramiui – 30,39%. Galima daryti išvadą, kad eksperimentiškai nustatyta virpesių slopimo reikšmė tenkina LST EN 1991-2 standartą, kadangi faktinė virpesių slopimo reikšmė yra didesnė nei standarte reglamentuojama žemutinė jų riba, kuri nustatoma pagal išraišką: $\zeta = 1,5 + 0,07 \times (20 – L)$, kur L yra tarpatramio ilgis, ir 1 tarpatramio atveju yra lygi 2,14%, o 2 tarpatramio atveju – 2,00%.

2.17. Eksperimento metu nustatyti tilto perdangos plokščių vertikalieji pagreičiai atitinkantys labai gero keleivių komforto kriterijaus lygius 1 ir 2 tarpatramiuose buvo pasiekti, kai lokomotyvas neviršijo 40 km/h greičio, važiuojant iki 80 km/h greičiu pagreičių reikšmės atitiko priimtino komforto kriterijaus lygį. Lokomotyvui pasiekus 80 km/h greitį, keleivių komforto kriterijus nebetenkina priimtino lygio sąlygos ir viršija jį iki 0,38 m/s^2.

2.18. Atlikus konstrukcijų vizualinę apžiūrą bei statinius ir dinaminius bandymus buvo nustatyta maksimali leistina geležinkelio kintamoji apkrova, kurią gali atlaikyti perdanga atsižvelgiant į jos laikomąją galią bei techninę būklę, ir yra lygi 56,82 kN/m ir 78,93 kN/m atitinkamai 1 tarpatramio ir 2 tarpatramio atveju.

2.19. Pagal kėlą tiltas gali būti priskiriamas V kategorijai, kai juo gali važiuoti riedmenys, kurių išilginė kelio apkrova mažesnė nei 56,82 kN/m (5,682 t/m), esant bėgių apkrovai vienu lokomotyvo ar vagono aširačiu ne daugiau nei 25 t, ribojant traukinių greitį iki 100 km/h iki planuojamo remonto darbų užbaigimo. Esant poreikiui, atlikus remonto darbus rekomenduojama pakartotinai atlikti dinaminius bandymus konstrukcijos dinaminiams parametrams įvertinti esant didesniems eksploataciniams greičiams.

Statinio ekspertizės vadovas (39427)

Darbų vykdytojai:

PRIEDŲ SĄRAŠAS

NR.	PAVADINIMAS	LAPŲ SKAIČIUS
1.	Geležinkelio tilto kortelė	2
2.	Paslaugų teikimo techninė specifikacija	6
3.	Tilto brėžiniai	1

PRIEDAS NR. 1

GELEŽINKELIO TILTO KORTELĖ

Valstybinė įmonė „Lietuvos geležinkeliai"
KELIŲ TARNYBA

231-0000310
Forma K-12
Patvirtinta LG 1995 m.

JF-2
(kelių ruožo pavadinimas)

TILTO KORTELĖ Nr. 31

Linija VILNIUS – KLAIPĖDA km 95+185 (95+160)

Vandentakio pavadinimas AUTOMOBILIŲ KELIAS kelias PAGRINDINIS važiavimas VIRŠUTINIS

Visa tilto anga 50,00 m. Skaičiuojamųjų tarpatramių skaičius (vnt.) ir jų dydis (m) 11,5+2×13,5+11,5

Atstumas tarp ramtų užpakalinių (atbulinių) sienelių 54,600 m.

Atstumas tarp ramtų atkalčių 50 m.

Atstumas tarp kelių ašių VIENKELIS m. Gabaritas: aukštis NEREGLAMENTUOTAS m, plotis NEREGLAMENTUOTAS m.

Nuolydis 6,2 ‰. Kreivės spindulys — m.

Protarpio (išlyginimo) įtaisų kiekis (vnt.) ir jų tipas NĖRA

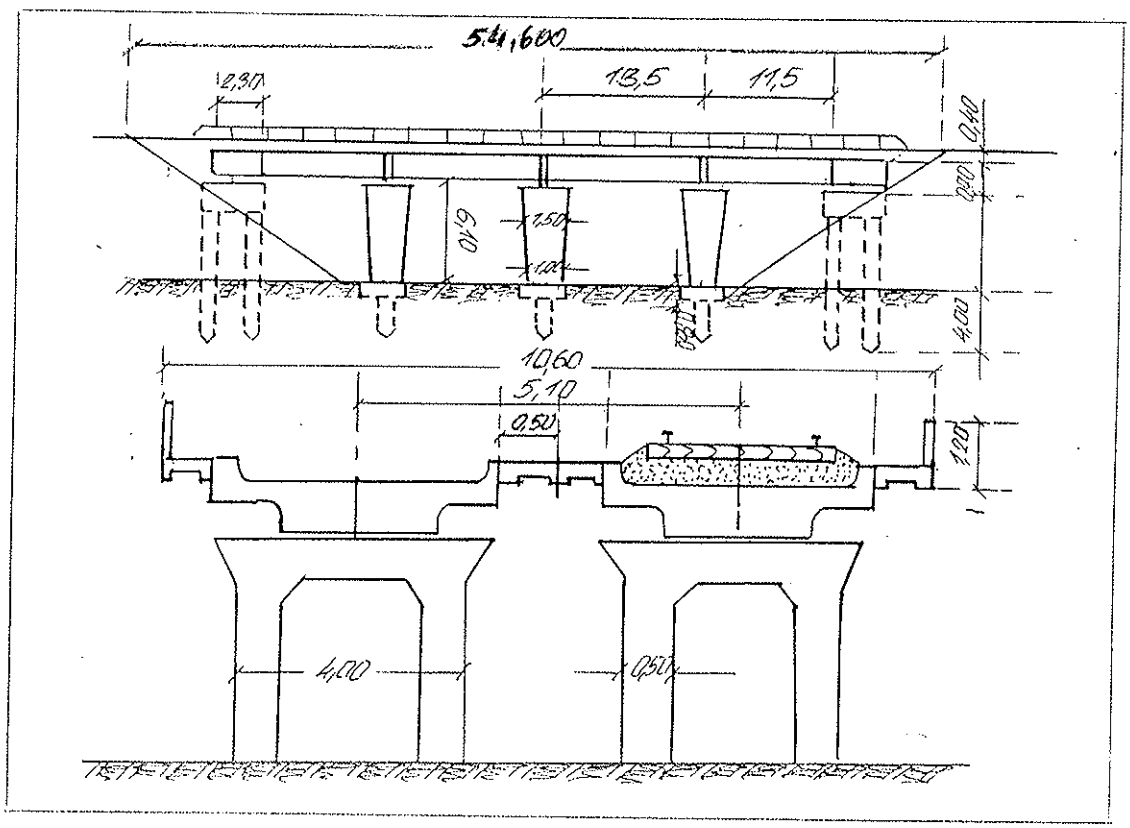
Bėgių pado aukštis: virš pamato viršaus 5,50 m,

virš posantvario viršaus 1,31 m,

virš santvaros apačios — m.

Dangos (viršutinės kelio konstrukcijos) tipas ANT BALASTO

Tilto ir atramų schema (nurodant pagrindinius matmenis)



VĮ „Lietuvos geležinkeliai" ILC spaustuvė. Užs. 318 – 95 m., t. 2500

Perdangų duomenys

1 lentelė

Eil. Nr.	Rodiklių pavadinimas	Perdangų Nr. 1	2	3	4						
1.	Medžiaga (sutrumpintas pavadinimas)	GELŽBETONIS									
2.	Skaičiuojamojo tarpatramio ilgis (m)	11,5	13,5	13,5	11,5						
3.	Svoris (t) arba kubatūra (m^3)		308,0								
4.	Projektavimo normų metai ir skaičiuojamoji apkrova (kg/m^2)	C-14	C-14	C-14	C-14						
5.	Pagaminimo metai	1984	1984	1984	1984						
6.	Sumontavimo metai	1984	1984	1984	1984						
7.	Perdangos tipas	PLOKŠTĖ									
8.	Atstumas tarp santvarų ašių viduryje (m)			5,30							
9.	Visas santvaros aukštis ties atrama (m)		–	–	–						
10.	Visas perdangos ilgis (m): važiavimo lygyje		55,0	55,0							
	Visas perdangos ilgis (m): pagal išilgines sijas		50,0	50,0							
11.	Klasė: ryšių										
	Klasė: juostų										
	Klasė: važiuojamosios dalies										

Atramų duomenys

2 lentelė

Eil. Nr.	Rodiklių pavadinimas	Ramtų ir taurų Nr. 1	2	3	4	5.					
1.	Statybos metai	1984	1984	1984	1984	1984					
2.	Medžiaga: mūrinio	G.B.	G.B.	G.B.	G.B.	G.B.					
	Medžiaga: apdaro	G.B.	G.B.	G.B.	G.B.	G.B.					
	Medžiaga: pesantvario	MET.	MET.	MET.	MET.	MET.					
3.	Skiedinys	CEM.	CEM.	CEM.	CEM.	CEM.					
4.	Pamato pagrindas	DOLIAI									
5.	Pamato įgilinimas (nuo viršaus, m)	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30					
6.	Atramos su pamatu svoris (t) arba kubatūra (m^3)		377,0								

Ar buvo sugadinimų, kas sugadinta ir kada _____

Ar buvo sustiprinta, sutaisyta, iki kokių normų ar klasės ir kada RYŠIUM SU AUTO KELIO NEGABARITU 1963 m. MET. TARPATRAMIS PAKEISTAS G.B. PLOKŠTĖMIS. 1984 METAIS VIADUKAS PERSTATYTAS PAGAL NAUJĄ PROJEKTĄ.

Reguliuojamieji įrenginiai _____

Dugno sustiprinimas pie atramų, kūgių ir pan. KŪGIAI GRĮSTI BETON. PLOKŠTĖMIS 362,0 m^2

Turimi brėžiniai _____

Ruožo viršininkas 20 09 m. sausio mėn. 05 d.

Tiltų meistras 20 09 m. sausio mėn. 05 d.

(parašas, vardas, pavardė)

PRIEDAS NR. 2

PASLAUGŲ TEIKIMO TECHNINĖ SPECIFIKACIJA

TECHNINĖ UŽDUOTIS

I DALIS. PIRKIMO OBJEKTO APRAŠYMAS

1. SĄVOKOS

Užsakovas – AB „LTG Infra“.

Paslaugų teikėjas – ūkio subjektas – fizinis asmuo, privatusis juridinis asmuo, viešasis juridinis asmuo, kitos organizacijos ir jų padaliniai ar tokių asmenų grupė, su kuriuo Užsakovas sudaro Sutartį.

Paslaugos – Sutartyje, jos prieduose, galiojančiuose teisės aktuose numatytos visos paslaugos, kurias Paslaugų teikėjas privalo suteikti vykdydamas Sutartį.

Sutartis – Sutartis, sudaroma tarp Paslaugų teikėjo ir Užsakovo dėl Pirkimo objekto.

Projektas – Užsakovo pateiktos Techninės užduoties, privalomųjų Projekto rengimo dokumentų pagrindu ir vadovaujantis normatyvinių statybos techninių dokumentų reikalavimais bei raštiškais Užsakovo ir jo įgaliotų asmenų nurodymais Paslaugų teikėjo parengtas bei Sutarties ir teisės aktų nustatyta tvarka suderintas Statinio techninis ar techninis darbo projektas, atitinkantis STR 1.04.04:2017 „Statinio projektavimas, projekto ekspertizė“ (ar kito galiojančio, jį pakeičiančio teisės akto) reikalavimus. Paslaugų teikėjo rengiamo Projekto sudėtis detalizuojama Sutarties Specialiosiose sąlygose ir Techninėje užduotyje.

Projektinė dokumentacija – visa dokumentacija, susijusi su Paslaugų teikimu ir suteiktų Paslaugų įgyvendinimu.

Statinys – Techninėje užduotyje nurodytas objektas, kurio Projektą pagal Sutartį privalo parengti Paslaugų teikėjas ir kurio statybai Paslaugų teikėjas privalo gauti statybą leidžiantį dokumentą jei jį gauti reikalaujama teisės aktuose.

2. PIRKIMO OBJEKTAS

Tilto, geležinkelio linijoje Vilnius-Klaipėda 95+185 km, remonto techninio darbo projekto parengimo ir projekto vykdymo priežiūros paslaugos (toliau – **Pirkimo objektas**).

2.1. Žemės sklypo kadastro numeris ir kadastro vietovės pavadinimas: geležinkelio kelias Vilnius – Klaipėda Nr. 44/1426088 ir Nr. 44/1449449, kadastro Nr. 4610/8001:1 ir 4610/8001:3 Jonavos m. k. v. unikalus Nr. 4400-2167-9114 ir Nr. 4400-2215-9006.

2.2. Statinio informacija:

2.2.1. **Statinys:** Tilto, geležinkelio linijoje Vilnius-Klaipėda 95+185 km (registro Nr.: 20/271774, unikalus Nr. 4600-3000-5015)

2.2.2. **Statinio kategorija:** *ypatingas;*

2.2.3. **Statinio grupė:** *susisiekimo komunikacijos/geležinkelio kelias/kiti transporto statiniai;*

2.2.4. **Statybos rūšis***:* *nustatoma projektavimo metu;*

2.2.5. ***Statinio artumo gabaritas:*** *S*

2.2.6. **Geležinkelio kelio kategorija:** *I*

2.2.7. ***Geležinkelio kelio ašinė apkrova:*** *25 t (245 kN)*

2.2.8. ***Traukinių greitis keleivinių/prekinių:*** *140/90 km/h*

2.2.9. **Pirkimas apima:**

2.2.9.1. projektinius pasiūlymus ir tyrinėjimus;

2.2.9.2. projekto parengimą, derinimą (Užsakovo suderinimas, kompetentingų valstybės institucijų suderinimas, teigiamos bendrosios ir specialiosios ekspertizės išvados gavimas (jei taikoma), statybą leidžiančio dokumento gavimas (jei taikoma));

2.2.9.3. statinio projekto vykdymo priežiūra.

3. PIRKIMO OBJEKTO PRITAIKYMO SRITIS

3.1. Paslaugų teikėjas iki Projekto parengimo turės atlikti eksploatuojamos viaduko dalies tyrimus:

3.1.1. perdangų tyrimus pagal I ir II ribinius būvius (Saugos ir tinkamumo ribiniai būviai vadovaujantis STR 2.05.04:2003 "Poveikiai ir apkrovos");

3.1.2. tilto statinį ir dinaminį bandymus.

3.1.3. Išmatuoti kelio statinio laikančiųjų konstrukcijų deformacijas (įlinkiai, sėdimai, poslinkiai, posvyriai ir kt.);

3.1.4. Pateikti išvadas dėl atitikimo LST EN 1991-2 Eurokodas 1. Poveikiai konstrukcijoms. 2 dalis. Tiltų eismo apkrovos (71 ir SW/2 apkrovų modeliams) kelio statinių techninės būklės bei saugios eksploatacijos. Pagal įvertintą esamą konstrukcijų techninę būklę nurodyti kokią maksimalią leidžiamą ašies (t) ir ekvivalentinę (t/m) apkrovą kelio statiniai gali atlaikyti;

3.1.5. Pateikti išvadas dėl statinio atitikimo I ir II ribiniams būviams (Saugos ir tinkamumo ribiniai būviai vadovaujantis STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos");

3.1.6. Nurodyti kokie greičio apribojimai turi būti taikomi AB „LTG Infra“ eksploatuojamiems riedmenims važiuojant per statinį didžiausiu leistinu greičiu atitinkamai geležinkelio kelio kategorijai ir maksimaliai apkrovai į ašį 25 t pagal Techninio geležinkelių naudojimo nuostatus:

1) Pagal 4 priede pateiktas lokomotyvų apkrovas;
2) Pagal 3 priede pateiktas vagonų apkrovas.

3.2. Paslaugų teikėjas turės parengti statinio remonto techninį darbo projektą, kurio apimtyje parengti šiuos sprendinius:

3.2.1. topografinę nuotrauką M1:500 su inžineriniais tinklais;

3.2.2. viršutinės kelio konstrukcijos išardymą ir atstatymą naujomis/esamomis medžiagomis (pagal poreikį)*;

3.2.3. tinkamų tolimesniam naudojimui viršutinės kelio konstrukcijos elementų išardymą atskirais elementais ir grąžinimą Užsakovui, netinkamų medžiagų utilizavimą*;

3.2.4. įvertinti galimybę medinių geležinkelio pabėgių pakeitimą į gelžbetoninius/kompozicinius pabėgius pritaikytus gretkampuočių tvirtinimui (projektinių pasiūlymų etape)*;

3.2.5. gelžbetoninio tilto perdangų hidroizoliacijos keitimą*;

3.2.6. visų skersinių ir išilginių deformacinių siūlių keitimą į nelaidžias vandeniui*;

3.2.7. Nenaudojamo viaduko deformacinių siūlių užsandarinimą;

3.2.8. tarpo tarp viaduko eksploatuojamos ir neeksploatuojamos perdangų uždengimą užtikrinant, kad skalda nebyrėtu ant autokelio;

3.2.9. gelžbetoninių tilto perdangų nuoskilų ir pažeidimų remontą*;

3.2.10. g/b sijų balastinio lovio zonoje balasto sulaikymo priemones;

3.2.11. vandens nuvedimo sistemos remontą/keitimą nauja, senų metalinių latakų demontavimą;

3.2.12. ramtų ir tarpinių atramų betono sluoksnio remontą/atstatymą*;

3.2.13. neeksploatuojamo viaduko dalies ramtų ir tarpinių atramų dažymas;

3.2.14. ramtų sparnų įrengimą, skaldos balasto užlaikymui*;

3.2.15. g/b perdangų remontą/keitimą*;

3.2.16. g/b perdangų dažymą;

3.2.17. tilto turėklų remontą/keitimą;

3.2.18. šalitilčių g/b plokščių remontą/keitimą į metalines groteles;

3.2.19. šlaitų remontą, šlaitų plytelių remontą/keitimą;

3.2.20. signalizacijos, ryšių ir elektros tiekimo kabelių pernešimą, įgilinimą, iškėlimą arba apsaugojimą, jeigu jie pateks į darbų zoną;
3.2.21. privažiavimo kelio į statybvietę įrengimą (pagal poreikį);
3.2.22. statybinių atliekų išvežimą iš objekto ir utilizavimą, metalo atliekų grąžinimą Užsakovui;
3.2.23. patiltės teritorijos sutvarkymą Užsakovo sklypo ribose.

*– reikalavimas taikomas eksploatuojamo viaduko daliai.

4. REIKALAVIMAI PIRKIMO OBJEKTUI

4.1. TECHNINIAI REIKALAVIMAI PASLAUGOMS:

4.1.1. Projekto apimtyje turi būti atlikti visi tyrimai, tiesiogiai ar netiesiogiai galintys turėti įtakos Projekto sprendiniams ir Projekto apimčiai, įskaitant, tačiau neapsiribojant, geodeziniais matavimais, išimtos reikalingos sąlygos, suderinimai, savivaldos ar kt. institucijų, juridinių asmenų, fizinių asmenų, sklypų savininkų ir kt., gauti reikalingi leidimai, rašytiniai pritarimai remontuoti/rekonstruoti statinį;
4.1.2. Projektinių pasiūlymų etape, turi būti pateikti mažiausiai du projektiniai pasiūlymai parenkant statybos rūšį, nurodant ekonominius rodiklius ir technologinius ypatumus (eismo pertraukų poreikį, darbų atlikimo terminus ir kitus rodiklius, kurie Užsakovui leistų įvertinti konkretaus pasiūlymo pasirinkimą);
4.1.3. Dėl vystomo elektrifikavimo projekto atsižvelgti į AB „LTG Infra" įgyvendinamo „Ruožo Vilnius – Klaipėda (Draugystės st.) elektrifikavimas" projekto sprendinius;
4.1.4. Techninio darbo projekto sudedamųjų dalių kiekis ir pavadinimai turi būti suderinti su Užsakovu projektinių pasiūlymų derinimo etape;
4.1.5. Visi Projekte numatyti sprendiniai turi atitikti tokiems sprendiniams taikomus Lietuvos Respublikoje galiojančių teisės aktų reikalavimus;
4.1.6. Numatyti visas reikalingas priemones ir elementus vadovaujantis TR 2.01:2019 „Automobilių kelių ir geležinkelio tiltų ir tunelių projektavimas“ reikalavimais;
4.1.7. Projekto apimtyje turi būti atliktas alternatyvių privažiavimo kelių į statybvietę įvertinimas ir tik pagrindus atitinkamą alternatyvą ir ją suderinus su Užsakovu priimti Projekte;
4.1.8. Projekte turi būti visos projekto sudedamosios dalys (įskaitant, bendrąją, susisiekimo, konstrukcijų, pasirengimo statybai ir statybos darbų organizavimas, statybos skaičiuojamosios kainos dalys) būtinos pagal STR 1.04.04:2017 „Statinio projektavimas, projekto ekspertizė“;
4.1.9. Brėžinių apiforminimas ir numeracija turi atitikti normatyvinių dokumentų (įskaitant standarto LST 1516 „Statinio projektas. Bendrieji įforminimo reikalavimai“ arba lygiaverčio) reikalavimus;
4.1.10. Projekte būtina aprašyti detalų darbų organizavimą statybvietėje. Aprašyme turi būti nurodyti darbai, kuriuos vykdant nutraukiamas traukinių eismas darbų vykdymo zonoje (atskirose zonose), ir/ar darbai, pažeidžiantis geležinkelio kelių artumo gabarito reikalavimus eismo pertraukų metu;
4.1.11. Projektas turi būti suderintas su Užsakovu;
4.1.12. Išeities duomenis, kuriuos pateiks Užsakovas, jei būtina, patikslina Paslaugų teikėjas;
4.1.13. Paslaugų teikėjas turi teikti informaciją/duomenis Užsakovui, įgyvendinat „Leidimų pradėti naudoti Lietuvos Respublikoje geležinkelių sistemos struktūrinius posistemius ir geležinkelių riedmenis išdavimo taisykles“, patvirtintas LR susisiekimo ministro 2006-12-22 įsakymu Nr. 3-507, bei Komisijos įgyvendinimo reglamentą (ES) Nr. 402/2013 2013 m. balandžio 30 d. kuriuo nustatomas bendrasis saugos būdas, susijęs su pavojaus lygio nustatymu ir pavojaus vertinimu, ir panaikinamas Reglamentas (EB) Nr. 352/2009;

4.1.14. Paslaugų teikėjas, likus 30 k. d. iki Projekto pateikimo ekspertizės vykdymui, Užsakovui pateikia Projekto skaičiuojamosios kainos nustatymo Projekto dalį ekspertizės paslaugų pirkimui, statinio adresą, statinio unikalų numerį, projekto pavadinimą, bendrųjų statinių rodiklių lentelę, statinio sudėties žiniaraštį;

4.1.15. Už Projekto ekspertizės atlikimą atsakingas Užsakovas. Projekto ekspertizės aktą Užsakovo pasamdyti ekspertai pateiks per 20 kalendorinių dienų nuo Užsakovo suderinto Projekto pateikimo ekspertizei dienos. Jei projektas bus teikiamas ekspertams pakartotiniam derinimui, laikytina, kad už vėlavimą dėl sprendinių koregavimo yra atsakingas Paslaugų teikėjas. Paslaugų teikėjas privalės pakoreguoti Projekto dokumentus pagal ekspertizės išvadoje nurodytas pastabas, jei tokios pastabos bus gautos. Projektą pagal ekspertizės išvadas Paslaugų teikėjas turi koreguoti neatlygintinai;

4.1.16. Gavus Projekto ekspertizės teigiamą įvertinimą bei Užsakovui patvirtinus Projektą, Paslaugų teikėjas turi atlikti reikalingas procedūras ir gauti statybą leidžiantį dokumentą (jei taikoma);

4.1.17. Paslaugų teikėjas įgaliojamas gauti visus reikalingus suderinimus, sutikimus bei sąlygas reikalingas Projekto rengimui bei įgyvendinimui.

4.2. TECHNINIAI REIKALAVIMAI, PROJEKTO VYKDYMO PRIEŽIŪRAI

4.2.1. Projekto vykdymo priežiūra turi būti vykdoma vadovaujantis Statybos techninio reglamento STR 1.06.01:2016 „Statybos darbai. Statinio statybos priežiūra“;

4.2.2. Projekto vykdymo priežiūra atliekama statybos vietoje nemažiau kaip keturis kartus per visą statybos laikotarpį;

4.2.3. Privaloma apsilankyti statybos aikštelėje, stebėti eismo pertraukos metu vykdomų darbų eigą ir operatyviai (jei ypatingos aplinkybės nereikalauja kitaip, tą pačią darbo dieną, kai paaiškėja problema, arba per kitą techniškai įmanomą įvykdyti trumpiausią terminą, jei tą pačią dieną išspręsti problemą nėra objektyvių galimybių) savo kompetencijos ribose spręsti visas su Projekto įgyvendinimu susijusias problemas;

4.2.4. Projekto vykdymo priežiūra vykdoma nuo statybos pradžios iki statybos užbaigimo, t.y. iki Statybos užbaigimo akto ar deklaracijos užregistravimo IS „Infostatyba.

4.3. PIRKIMO OBJEKTUI KELIAMI TEISĖS AKTŲ, STANDARTŲ IR UŽSAKOVO VIDAUS TEISĖS AKTUOSE KELIAMI REIKALAVIMAI

4.3.1. AB „Lietuvos geležinkeliai“ taikomų normatyvinių dokumentų sąrašas, pateiktas Techninės užduoties priede Nr. 1.

4.3.2. Vadovautis ir kitais Europos Sąjungos ir Lietuvos Respublikoje galiojančių teisės aktų bei techninių reglamentų reikalavimais.

5. PIRKIMO OBJEKTUI TAIKOMAS ŽALIASIS KRITERIJUS

Pirkimo objektui taikomas žaliasis kriterijus	Perkama paslauga nėra Produktų sąraše, bet perkamai paslaugai ar darbui tiekėjas taiko aplinkos apsaugos vadybos sistemos reikalavimus pagal standartą LST EN ISO 14001 „Aplinkos vadybos sistemos. Reikalavimai ir naudojimo gairės“ (toliau – LST EN ISO 14001) / arba Europos Sąjungos aplinkosaugos vadybos ir audito sistemą (toliau – EMAS) / ar kitus aplinkos apsaugos vadybos standartus, pagrįstus atitinkamais Europos arba tarptautinių standartizacijos organizacijų priimtais standartais, ar kitais tiekėjo pateiktais lygiaverčiais įrodymais (lygiaverčiai įrodymai gali būti priimami atliekant supaprastintus pirkimus ar Viešųjų pirkimų įstatymo ir Pirkimų, atliekamų vandentvarkos, energetikos, transporto ar pašto paslaugų srities perkančiųjų subjektų, įstatymo prieduose nurodytų socialinių ir kitų specialiųjų paslaugų pirkimus, o kitų pirkimų atvejais lygiaverčiai įrodymai priimami tik jeigu tiekėjas dėl nuo jo nepriklausančių objektyvių priežasčių negali pateikti sertifikatų per nustatytą laiką).
REIKALAVIMAI DĖL ATITIKTIES NACIONALINIO SAUGUMO INTERESAMS	
Reikalavimas pagal VPĮ 37 str. 8 d./KSPĮ 50 str. 8 d.	Tiekėjo siūlomos prekės (įskaitant jų gamintojus), paslaugos ar darbai turi nekelti grėsmės nacionaliniam saugumui. Laikoma, kad tiekėjo siūlomos prekės (įskaitant jų gamintojus), paslaugos ar darbai kelia grėsmę nacionaliniam saugumui, kai Lietuvos Respublikos Vyriausybė yra priėmusi sprendimą, patvirtinantį, kad ketinamas sudaryti sandoris neatitinka nacionalinio saugumo interesų vadovaujantis Nacionaliniam saugumui užtikrinti svarbių objektų apsaugos įstatymu. Pirkimo metu atliekant patikrą dėl atitikties nacionalinio saugumo interesams, Tiekėjas turės pateikti tokiai patikrai atlikti reikalingus dokumentus.

6. DOKUMENTAI, REIKALAUJAMI PATEIKTI:

6.1. Dokumentai, reikalaujami pateikti iki darbų vykdymo pradžios:

6.1.1. Paslaugų teikėjas per 10 (dešimt) darbo dienų nuo Sutarties pasirašymo dienos, tačiau bet kuriuo atveju ne vėliau kaip iki Darbų pradžios datos, privalo savo sąskaita apdrausti ir pateikti Užsakovui Paslaugų tiekėjo civilinės atsakomybės draudimo dokumentus, (pdf. formatu) pasirašyta elektroniniu parašu;

6.1.2. Tyrimų atlikimo, projektinių pasiūlymų ir Projekto parengimo etapų laiko grafiką, suderintą su Užsakovu (per 14 k. d. po sutarties įsigaliojimo).

6.2. Dokumentai, reikalaujami pristatyti perduodant atliktas paslaugas:

6.2.1. Eksploatuojamos viaduko dalies tyrimų ataskaitą, 1 (vieną) su el. parašais, skaitmenine forma *.pdf. *.adoc.

6.2.2. Projektinius pasiūlymus 1 (vieną) su el. parašais, skaitmenine forma *.pdf. *.adoc.;

6.2.3. Galutinį Projekto dokumentą:

6.2.3.1. 1 (vieną) komplektą popierine forma;

6.2.3.2. 1 egz. (visų dalių) analogiškai suformuotoms popierinėms byloms su el. parašais, skaitmenine forma *.pdf. *.adoc.;

6.2.3.3. 1 egz. (visų dalių) analogiškai suformuotoms popierinėms byloms su nuasmenintais duomenimis, skaitmenine forma *.pdf;

6.2.3.4. 1 egz. (visų dalių) analogiškai suformuotoms popierinėms byloms, skaitmenine forma, dokumentų redaguojamais formatais (*.docx, *.xlsx, *.dwg);

6.2.3.5. 1 egz. suvestinį darbų kiekių žiniaraštį (*.xlsx) forma pridedama (TU priedas Nr. 2);
6.2.3.6. statybą leidžiančio dokumento skaitmenine forma (nuorašą) su pasirašiusiojo valstybės tarnautojo metaduomenimis, jei taikoma.

II DALIS. PRIEVOLIŲ VYKDYMAS

1. PRIEVOLIŲ VYKDYMO VIETA(-OS)

☒ Jonavos m., (518371, 6104814 (LKS))

2. PRIEVOLIŲ VYKDYMO TVARKA IR TERMINAI

2.1. Paslaugų suteikimo terminas (laikotarpis) ir etapai:

2.1.1. **I etapas** – Eksploatuojamos viaduko dalies tyrimai turi būti užbaigti per 5 (penkis) mėnesius nuo Sutarties įsigaliojimo dienos.

2.1.2. **II etapas** – Projektiniai pasiūlymai turi būti užbaigti per 7 (septynis) mėnesius nuo Sutarties įsigaliojimo dienos.

2.1.3. **III etapas** – Projekto parengimas, derinimai (Užsakovo suderinimas, kompetentingų valstybės institucijų suderinimas, teigiamos bendrosios ir specialiosios ekspertizės išvados gavimas (jei taikoma), statybą leidžiančio dokumento gavimas (jei taikoma)), turi būti užbaigtas per 12 (dvylika) mėnesių nuo Sutarties įsigaliojimo dienos.

2.1.4. **IV etapas** – Statinio projekto vykdymo priežiūra. Atliekama visą statinio statybos laikotarpį iki statybos darbų užbaigimo dokumentų pasirašymo dienos.

Sutartis laikoma sudaryta ir įsigalioja įgaliotiems Šalių atstovams pasirašius Sutarties specialiąsias sąlygas. Sutartis galioja iki visiško Sutarties Šalių prievolių įvykdymo.

2.2. Užsakymų vykdymo tvarka:

2.2.1. Paslaugų teikėjas paslaugas vykdo pagal kalendorinį paslaugų vykdymo grafiką;

2.2.2. Paslaugų perdavimo-priėmimo aktai pasirašomi už tinkamai, kokybiškai ir Sutartyje nustatytais terminais suteiktas paslaugas bei Užsakovo patvirtintą ir priimtą Projektą (I - III etapai) apmokama po darbų perdavimo-priėmimo akto pasirašymo (statybos leidimo gavimo jei bus gaunamas);

2.2.3. Už statinio projekto vykdymo priežiūrą (IV etapas) apmokama po statybos užbaigimo dokumentų pateikimo Sutarties sąlygose nustatytais terminais ir tvarka.

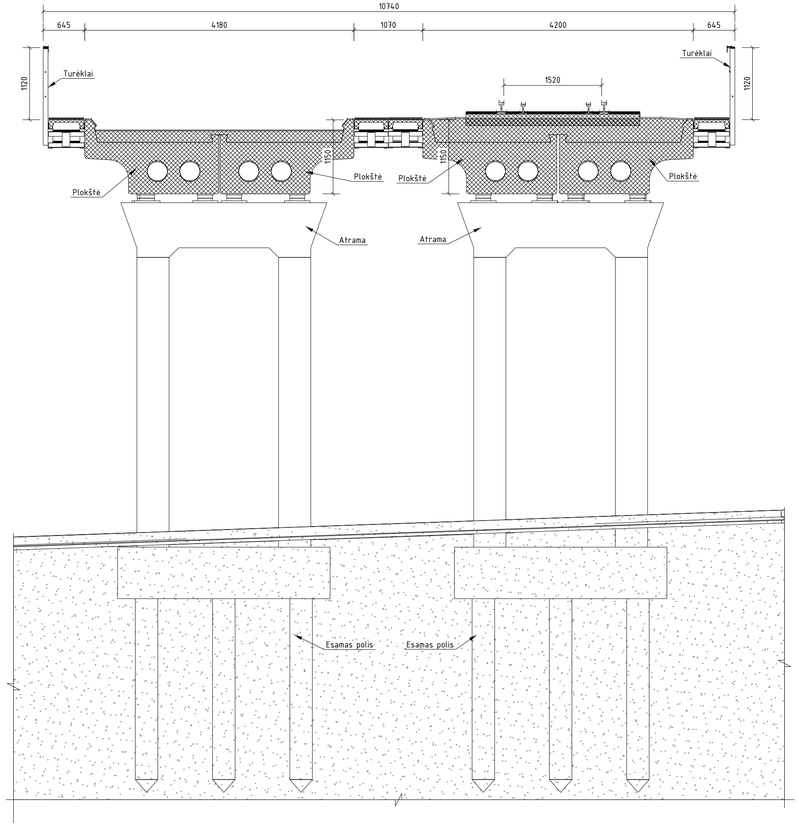
3. PRIEDAI

Priedas Nr. 1 – AB „Lietuvos geležinkeliai“ taikomų normatyvinių dokumentų sąrašas;
Priedas Nr. 2 – Suvestinis darbų kiekių žiniaraštis (*.xlsx) forma;
Priedas Nr. 3 – AB „Lietuvos geležinkeliai“ eksploatuojamu vagonu tipai;
Priedas Nr. 4 – Geležinkelio riedmenų greičio leistinų normų aprašas;
Priedas Nr. 5 – Tilto kortelė.

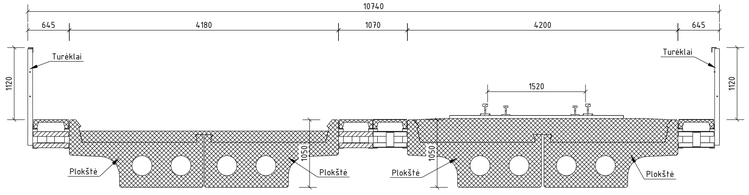
PRIEDAS NR. 3

TILTO BRĖŽINIAI

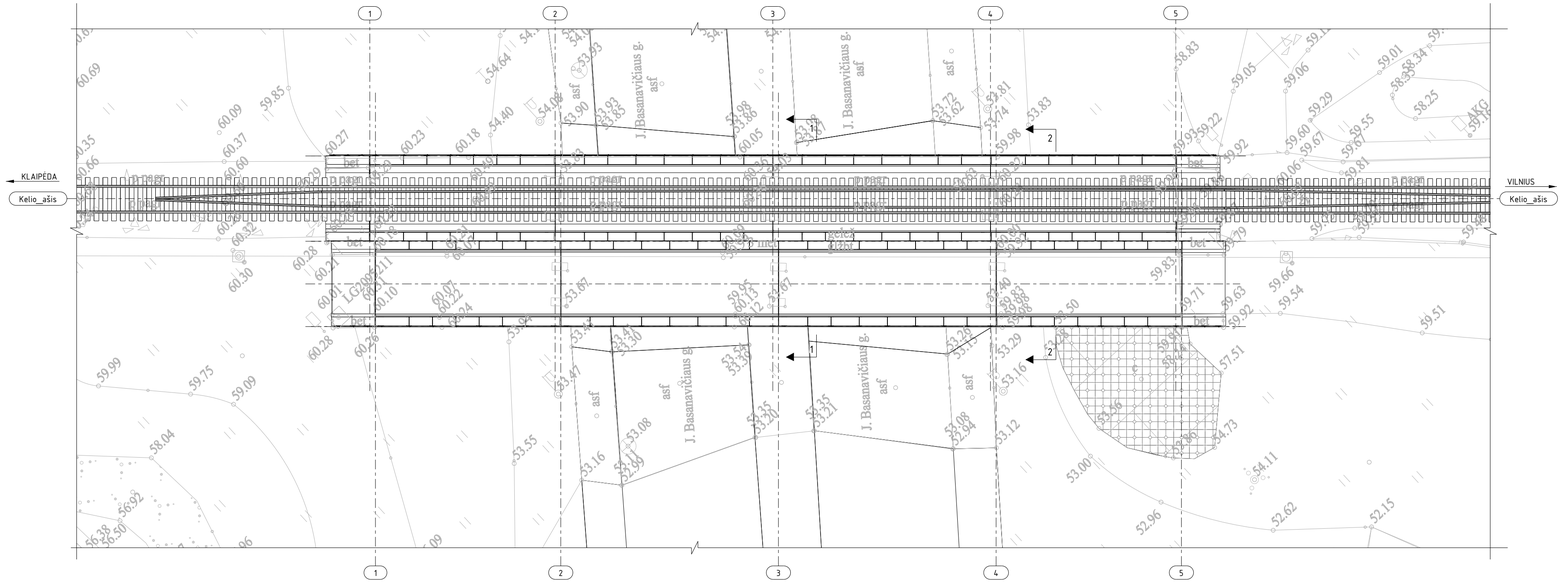
ESAMO TILTO SKERSINIS PJŪVIS 1 – 1 (M 1:50)



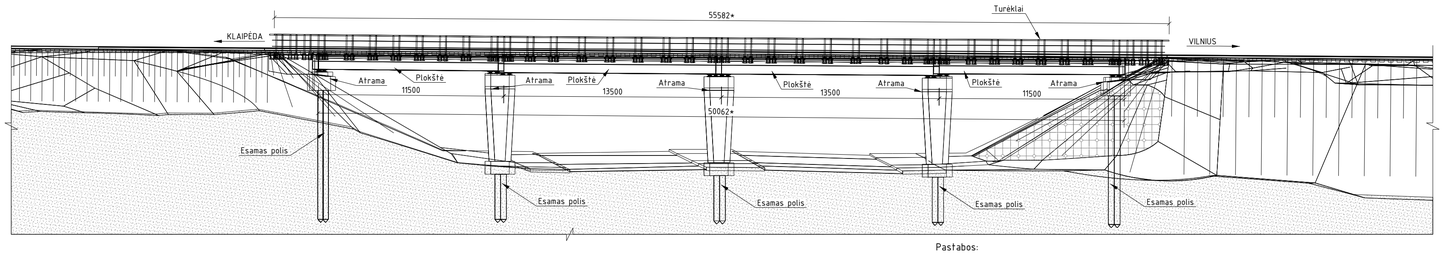
ESAMO TILTO SKERSINIS PJŪVIS 2 – 2 (M 1:50)



ESAMO TILTO PLANAS (M 1:200)



ESAMO TILTO FASADINIS VAIZDAS (M 1:200)



Pastabos:

1. Matmenys pateikti milimetrais, altitudės metrais.

Tekla Structures