



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS
STATYBOS TECHNOLOGIJOS IR VADYBOS KATEDRA

Olga Mirkevič

**NACIONALINIO STADIONO STATYBOS TECHNOLOGINIŲ IR
ORGANIZACINIŲ SPRENDINIŲ ĮVERTINIMAS
DAUGIAVARIANTINIŲ COPRAS METODU**

**ESTIMATION OF TECHNOLOGICAL AND ORGANIZATIONAL
SOLUTIONS IN BUILDING THE NATIONAL STADIUM APPLYING
COPRAS - THE MULTIPLE CRITERIA METHOD**

Baigiamasis magistro darbas

Statybos technologijos ir valdymas studijų programa, valstybinis kodas 62402T110

Statybos technologija ir vadyba specializacija

Statybų technologijos studijų kryptis

Vilnius, 2010

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

STATYBOS FAKULTETAS

STATYBOS TECHNOLOGIJOS IR VADYBOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

(Vardas, pavardė)

(Data)

Olga Mirkevič

**NACIONALINIO STADIONO STATYBOS TECHNOLOGINIŲ IR
ORGANIZACINIŲ SPRENDINIŲ ĮVERTINIMAS DAUGIAVARIANTINIŲ
COPRAS METODU**

**ESTIMATION OF TECHNOLOGICAL AND ORGANIZATIONAL
SOLUTIONS IN BUILDING THE NATIONAL STADIUM APPLYING COPRAS
- THE MULTIPLE CRITERIA METHOD**

Baigiamasis magistro darbas

Statybos technologijos ir valdymas studijų programa, valstybinis kodas 62402T110

Statybos technologija ir vadyba specializacija

Statybų technologijos studijų kryptis

Vadovas

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Konsultantas

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Konsultantas

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Vilnius, 2010

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Statybos fakultetas
Statybos technologijos ir vadybos katedra

ISBN ISSN
Egz.sk. 1
Data 2010-05-26

Statybos inžinerijos studijų programos baigiamasis magistro darbas

Pavadinimas **Nacionalinio stadiono statybos technologinių ir organizacinių sprendinių įvertinimas daugiavariantiniu Copras metodu**

Autorius: **Olga Mirkevič**

Vadovas: dr. **Darius Kalibatas**

Kalba

☒ X lietuvių

☐ užsienio

Anotacija

Baigiamojo darbo tikslas – Nacionalinio stadiono stogo statybos efektyvaus technologinio ir organizacinio sprendinio įvertinimas daugiatisksliu Copras metodu. Tikslas pasiektas atlikus pasaulio stadionų apžvalgą ir išnagrinėjus įvairių stadiono stogo statybos ypatumus, technologijas, ekonominius ir kokybinius tikslus. Stadiono stogo statybos sprendimo ekonominis efektyvumas nustatomas lyginant įvairių galimų variantų techninius-ekonominius rodiklius. Tyrimui atlikti buvo nagrinėjami keturi stogo statybos variantai: metalinių santvarinių konstrukcijų kupolas, monolitinio gelžbetonio kupolas sumontuotas iš atskirų segmentų; pneumatinis (pripučiamas) stogo kupolas; metalinių erdviųjų santvarinių rėmų atraminė stogo konstrukcija ir transformuojama stogo dalis virš žaidimo lauko. Variantams palyginti naudojama jau pastatytų statinių patirtis ir duomenys. Darbe pateikiami detalūs nagrinėjamų stadiono stogo konstrukcinių sprendimų variantų aprašymai. Nustatyti ir išnagrinėti stadionų stogo statybos efektyvumo vertinimo rodikliai ir nustatyti jų reikšmingumai bei reikšmės. Variantams palyginti buvo pasirinktas daugiatiskslinis Copras metodas.

Darbą sudaro: įvadas ir užduoties analizė, pasaulio stadionų apžvalga ir jų konstrukcinių sprendinių statyba, esamų daugiatiskslių metodų apžvalga ir daugiatiskslio metodo taikymas statybos organizaciniams ir technologiniams sprendiniams įvertinti, Nacionalinio stadiono efektyvaus stogo statybos technologinio ir organizacinio varianto parinkimas, darbo rezultatų aptarimas ir išvados, informacijos šaltiniai, priedai.

Darbo apimtis: 63 psl. teksto be priedų, 41 pav., 11 lent., 26 bibliografiniai šaltiniai, 12 priedų.

Prasminiai žodžiai: stadionų statyba, stogų statyba, daugiatisksliniai metodai, Copras daugiatiskslinis metodas.

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Civil Engineering
Department of Construction Technology and Management

ISBN ISSN
Egz.sk. 1
Data 2010-05-26

Master Degree Studies Construction Management study programme Master's Thesis

Title **Estimation of technological and organizational solutions in building the National stadium applying Copras – the multiple criteria method**

Autor **Olga Mirkevič**

Academic supervisor **Dr Darius Kalibatas**

Thesis language:

Lithuanian

Annotation

The objective of this work is to estimate an effective solution of technological and organizational processes in building the national stadium roof applying COPRAS (Complex Proportional Assessment) method. The task was framed after were reviewed the stadiums of the world and were examined the various features of the stadium roof construction, building technology, economic and qualitative targets. Stadium roof construction effective solutions is determined by comparing the cost effectiveness of different options and the technical-economic indicators. In this work were examined four solutions for the roof construction to build: the steel truss dome; the concrete dome mounted in separate segments, the pneumatic (inflatable) roof dome; the spatial structure of steel main and secondary trusses and the retractable roof over the playing field. To compare the solutions were used the building experience and figures of existing stadiums. In this work were presented the detailed description of the chosen stadium roof design solutions. To identify and examine the stadium roof construction were inspected the significance and meaning of the main indicators. Application of multipurpose evaluation method COPRAS led to identify the most effective solution of technological and organizational processes in building the national stadium roof.

Work includes: the introduction and task analysis, an overview of the worlds stadiums and building design solutions, review of existing methods and multipurpose approach of assessment the organizational and technological solutions of building, selection of an effective technological and organizational solutions of building the roof of the National stadium, performance and discussion of the findings, sources of information, annexes.

Work amount: 63 text pages without annexes, figure – 41 units, 11 tables, 26 bibliographic sources, annex – 12 units.

Key words: stadium construction, roof construction, multiple criteria methods, COPRAS – the multiple criteria method.

Turinys

Paveikslų sąrašas	7
Lentelių sąrašas.....	9
Įvadas	10
1. Pasaulio stadionų apžvalga. Stadionų konstrukciniai sprendiniai ir statyba	12
1.1. Jungtinių Amerikos Valstijų stadionų statybos patirtis	12
1.2. Vokietijos stadionų statybos patirtis.....	21
1.3. Prancūzijos stadionų statybos patirtis	24
1.4. Kanados stadionų statybos patirtis	27
1.5. Kinijos stadionų statybos patirtis.....	30
1.6. Ukrainos stadionų statybos patirtis.....	40
1.7. Lietuvos stadionų statybos patirtis	42
2. Daugiatikslių metodų apžvalga ir daugiatikslio metodo taikymas statybos organizaciniams ir technologiniams sprendiniams įvertinti.....	49
2.1. Šiuolaikiniai sprendimo priėmimo metodai	49
2.2. Rodiklių reikšmingumų nustatymo metodai	51
2.3. Rodiklių reikšmingumo nustatymas, taikant ekspertinius įvertinimo metodus.....	52
2.5. Projektų daugiatikslio kompleksinio proporcingumo įvertinimo metodas.....	54
3. Nacionalinio stadiono stogo statybos technologinio varianto parinkimas	56
3.1. Lyginamųjų stogo variantų aprašymas	56
3.2. Stadiono stogo statybos technologinių ir organizacinių variantų parinkimo rodiklių aprašymas	61
3.4. Stadiono stogo statybos technologinių ir organizacinių sprendinių parinkimo rodikliai ir jų reikšmių nustatymas	67
3.5. Stadiono stogo statybos variantų parinkimas taikant projektų daugiatikslio kompleksinio proporcingumo įvertinimo metodą.....	75
Išvados ir rekomendacijos	77
Literatūros ir kitų šaltinių sąrašas	79
Priedai	81

Paveikslų sąrašas

1.1 pav. „Louisiana Superdome“ stadionas Naujajame Orleane, Luizianos valstijoje, JAV	12
1.2 pav. Skersinis stadiono tribūnų pjūvis (Naujojo Orleano miestas)	13
1.3 pav. Stadiono (Naujojo Orleano miestas) stogo kupolo konstrukcijos planas	14
1.4 pav. Bendras King County Dome stadiono vaizdas, Sietlas (JAV, Vašingtono valstijos).....	16
1.5 pav. 2000 metais griauamo King County Dome stadiono vaizdai	17
1.6 pav. Bendras stadiono „Silverdome“ Pontiako mieste (JAV, Mitchigano valstijos) vaizdas	19
1.7 pav. Stadiono „Silverdome“ vaizdas plane.....	19
1.8 pav. Pontiako stadiono denginio vaizdas iš statinio vidaus.....	19
1.9 pav. Schematinis stogo planas ir atraminio žiedo skersinis pjūvis:	20
1.10 pav. „Silverdome“ stadiono stogo dangos montavimo schema:.....	20
1.11 pav. Olimpinis stadionas Miunchene, Vokietija 1972 m.....	22
1.12 pav. Olimpinis Miuncheno stadionas. Planas (a) ir pjūvis (b).....	22
1.13 pav. Olimpinio stadiono Miunchene stogo vantiniai tinklai.....	23
1.14 pav. Olimpinio Miuncheno stadiono stogo vantinių tinklų jungimo mazgas.....	23
1.15 pav. Bendras stadiono „Parc Des Princes“ vaizdas Paryžiuje (Prancūzija)	25
1.16 pav. Klijuoti iš anksto įtempti gelžbetoniniai tribūnų rėmai „Parc Des Princes“ stadione Paryžius (Prancūzija)	25
1.17 pav. Olimpinio stadiono vaizdas iš viršaus, Monrealis (Kanada)	27
1.18 pav. Bendras Monrealio stadiono vaizdas su išskleista stogo tentine dalimi	28
1.19 pav. Bendras Monrealio stadiono vaizdas stogo tentinės dalies suskleidimo metu	29
1.20 pav. Olimpinio stadiono Monrealyje skersinis laikančio rėmo pjūvis	29
1.21 pav. Olimpinio stadiono Monrealyje laikančių rėmų konstrukcijų vaizdas statybos metu	30
1.22 pav. TEDA stadiono bendras fasado vaizdas (Tiandžinas, Kinija)	32
1.23. pav. Tipinis TEDA stadiono skersinis tribūnų rėmų pjūvis (Tiandžinis, Kinija).....	33
1.24 pav. TEDA stadiono prožektoriaus bokštas	34
1.25 pav. Bendras Pekino nacionalinio stadiono vaizdas (Kinija)	36
1.26 pav. Pekino olimpinis stadionas (Kinija). Stadiono interjeras.....	37
1.27 pav. Pekino olimpinio stadiono pagrindinių laikančių konstrukcijų schema	38
1.28 pav. Pekino olimpinio stadiono šalutinių ir trečios eilės plieninių konstrukcijų vaizdas.....	38
1.29 pav. Pekino olimpinio stadiono vaizdas statybos metu	40
1.30 pav. Bendras vaizdas Donbass arenos, Doneckas, Ukraina	42
1.31 pav. Donbass arenos vaizdas statybos metu	42
1.32 pav. Nacionalinio stadiono Vilniuje (Lietuva) modelis. Statinio konstrukcijų bendras vaizdas	44

1.33 pav. Nacionalinio stadiono Vilniuje (Lietuva) laikančių konstrukcijų erdvinis modelis	46
1.34 pav. Nacionalinio stadiono Vilniuje (Lietuva) modelio vakarinio fasado, arkos ir estakados vaizdas	46
2.1 pav. Rodiklių reikšmių ir reikšmingumų nustatymo metodai	52
2.2 pav. Rodiklio reikšmingumo nustatymo, ekspertinio įvertinimo metodo blokinė schema	54
4.1 pav. Stadiono stogo metalinio kupolo konstrukcijos planas:	57
4.2 pav. Schematinis stogo planas ir atraminio žiedo skersinis pjūvis:.....	58
4.3 pav. Stadiono stogo dangos montavimo schema:.....	59
4.4 pav. Stadiono arkos ir denginio metalinių erdvinių santvarinių konstrukcijų aksonometrinis vaizdas	61

Lentelių sąrašas

1.1 lentelė. Stadionų stogų laikančių konstrukcijų pavyzdžių suvestinė renkant technologinius ir organizacinius statybos procesus.....	48
2.1 lentelė. Pastato gyvavimo proceso daugiatislės analizės rezultatai.....	56
4.1 lentelė. Stadiono stogo statybos sprendinių techninių-ekonominių rodiklių ir kokybinių charakteristikų suvestinė.....	66
4.2 lentelė. Stadiono stogo konstrukcijos medžiagų sąnaudos.....	67
4.3 lentelė. Stadiono stogo konstrukcijos medžiagų sąnaudos.....	68
4.4 lentelė. Stadiono stogo konstrukcijos medžiagų sąnaudos.....	69
4.5 lentelė. Suvestinis arenos gembinio stogo plieno erdvinių konstrukcijų žiniaraštis	70
4.6 lentelė. Erdvinių arkos plieno ir tentinės (transormuojamos) stogo dalies konstrukcijų žiniaraštis	70
4.7 lentelė. Rodiklių reikšmių įvertinimo suvestinė.....	71
4.8 lentelė. Stogo eksploataavimo, priežiūros ir profilaktinio remonto išlaidos metams	72
4.8 lentelė. Rodiklių reikšmingumų įvertinimo suvestinė.....	73
4.9 lentelė. Daugiatislės analizės rezultatai.....	75

Įvadas

Darbo aktualumas. Kiekviena Europos ir ne tik Europos išsivysčiusi valstybė turi nacionalinį stadioną. Stadionas - tai valstybinės svarbos objektas, kuris valstybei teikia socialinę ir finansinę naudą. Valstybinės svarbos projekto statusas suteikiamas tik išskirtiniams projektams, kurie savo savybėmis bei socialine – ekonomine nauda visuomenei išsiskiria nuo kitų projektų.

Pagrindiniai valstybinės svarbos projektų bruožai:

- Išskirtinumas;
- Svarba;
- Dydis;
- Aiškiai identifikuotas ilgalaikis šalies interesas.

Valstybinės svarbos projektų prigimtis – didelės vertės valstybei būtini projektai, kurie finansiškai neatsiperka arba atsiperka per labai ilgą laiką, todėl jiems negali būti naudojami vien komerciniai finansavimo šaltiniai [1].

Tyrimų objektas. Žodis stadionas kilęs iš graikų kalbos žodžio stadion (liet. „vieta, kur žmonės stovi“). Seniausias žinomas stadionas yra Olimpijoje, Graikijoje, kur Olimpines žaidynės rengiamos nuo 776 metų prieš mūsų erą. Stadionas – yra sporto tikslams skirtas statinys, paprastai susidedantis iš didelio lauko ir vietų žiūrovams, išdėstytų laiptuotai aplink lauką. Taip pat paprastai yra įrengiamos papildomos aikštelės treniruotėms ir persirengimo kambariai sportininkams. Žiūrovų vietos gali būti ne tik sėdimos, bet ir stovimos. Stadionuose vyksta lauko sporto varžybos, koncertai arba kiti renginiai. Dalis stadionų turi stogą tiksliai virš tribūnų tam, kad apsaugotų žiūrovus nuo kritulių. Keletas stadionų turi slankiojamus stogus. Tokie stadionai geru oru gali būti atviri, o prastu uždari. Visuotinė stadionų ir statinių skirtų sporto renginiams statyba prasidėjo nuo intensyvaus kūno kultūros ir sporto vystymosi, bei Olimpinių žaidynių atgijimo 1896 metais. Jungtinėse Valstijose 1920 metais prasidėjo dengtų stadionų statyba, o 1930 jų statyba prasidėjo ir Europoje. Kad sportininkas pasiektų ir palaikytų aukštus sporto rezultatus ir lavintų meistriškumą, jam reikalinga vieta nuolatinėms treniruotėms ir rungtynėms. Labai dažnai stadionų, skirtų įvairioms sporto šakoms vystyti, trūkumas lemia žemą valstybės sporto srities lygį. Be to, stadionai reikalingi ir masiniams renginiams, koncertams, parodoms.

Architektas, kuriantis stadiono projektą, siekia sukurti efektingą statinį, kuris ryškiai skirtųsi nuo panašių sporto kompleksų ir ateityje taptų valstybės simboliu. Architektų sukurtu unikalios projekto realizavimas dažnai tampa pakankamai sunkia užduotimi statybininkams, tačiau progresyvių technologijų taikymas padeda įvykdyti kūrėjų sumanymus.

Visiems yra žinoma, kad visi sporto paskirties objektai – stadionai skiriasi vienas nuo kito, nei vienas užsakovas nenori statyti „brolio dvynio“, kadangi panašios paskirties objektas yra valstybės vizitinė kortelė. Projektai, kurie reikalauja ypatingo dėmesio ir analizės negali būti

atliekami paskubomis. Stadionų konstrukciją galima palyginti su tiltų ir pramonės objektų statyba, kadangi jai irgi yra būdingos didelės betono sąnaudos, aukštumas, didelių tarpatramių perdenginiai, nestandartiniai elementai.

Tarptautinės futbolo rungtynės, kurios yra kontroliuojamos ir prižiūrimos UEFA (Europos futbolo federacija) turi būti įrengtas virš visų tribūnų, ir žiūrovų vietų skaičius, kuris turi būti ne mažesnis kaip 20 tūkstančių. Pasaulyje yra ir ypatingų stadionų pavyzdžių, turinčių slankiuosius stogus, kurie esant reikalui gali dengti ne tik tribūnas, bet ir visą stadioną. Šiuose stadionuose vyksta europinio lygio futbolo rungtynės. Taigi visi reikalavimai turi būti įvertinti rengiant architektūrinį projektą. Jie turi būti vykdomi remiantis planine užduotimi, valstybinėmis statybos normomis ir kitais galiojančiais valstybėje normatyviniais aktais. Nuo stogų geometrijos ir laikančių konstrukcijų varianto priklauso statybos technologiniai ir organizaciniai procesai kurie stipriai įtakoja objekto statybos kainą.

Darbo tikslas ir uždaviniai.

Darbo tikslas: Nacionalinio stadiono stogo statybos efektyvaus technologinio ir organizacinio sprendinio įvertinimas daugiatisliu Copras metodu.

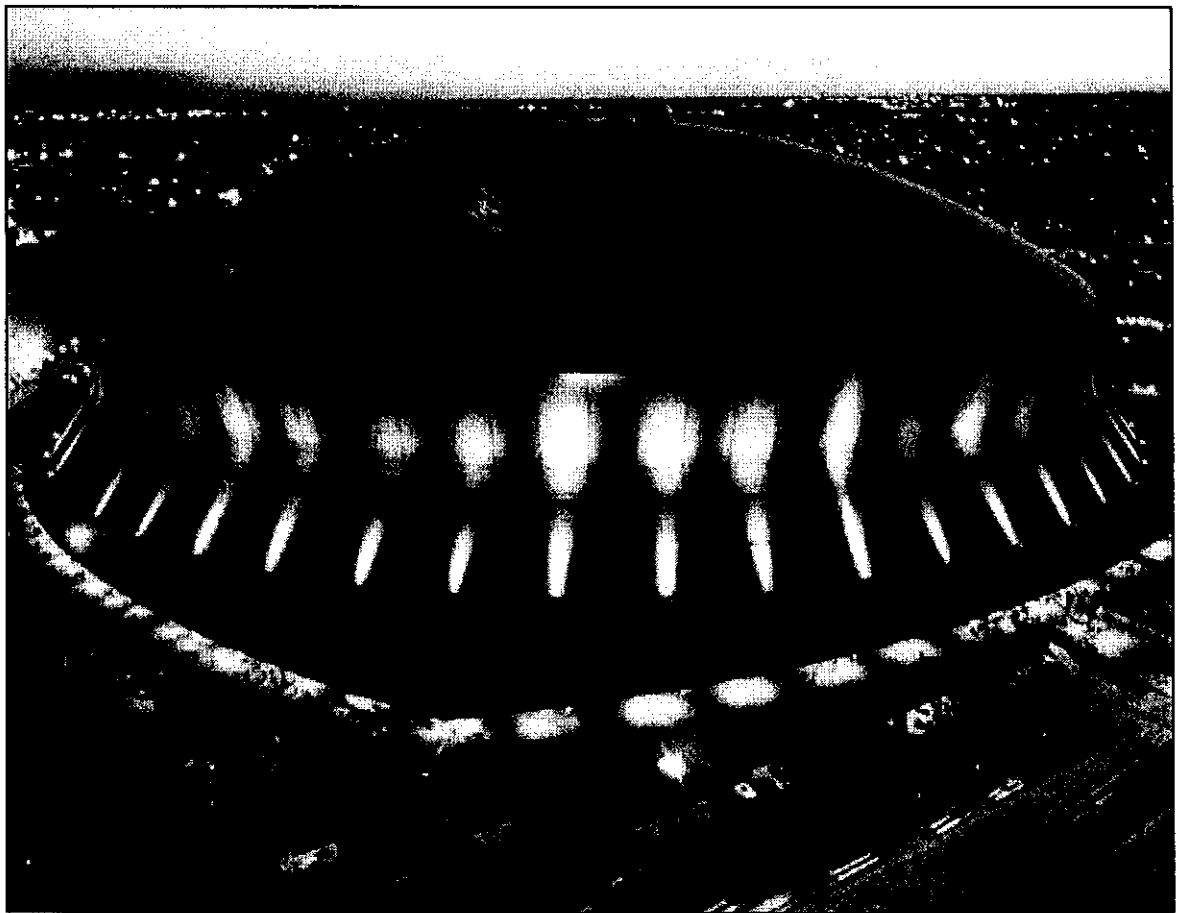
Darbo uždaviniai:

1. Atlikti pasaulio stadionų apžvalgą
2. Išnagrinėti Lietuvoje bei užsienyje naudojamas stadionų statybos technologijas, ekonominius ir kokybinius tikslus.
3. Atlikti lyginimo metodikų analizę ir parinkti tinkamiausią.
4. Sudaryti ir išnagrinėti stadionų stogų statybos efektyvumo vertinimo rodiklius, nustatyti jų reikšmingumus bei reikšmes.
5. Nustatyti stadiono stogo konstrukcinių sprendimų statybos ekonominį efektyvumą lyginant įvairių galimų variantų techninius-ekonominius rodiklius.
6. Variantams palyginti naudoti jau pastatytų statinių patirtį ir duomenis.
7. Variantus palyginti daugiatisliu Copras metodu.

1. Pasaulio stadionų apžvalga. Stadionų konstrukciniai sprendiniai ir statyba

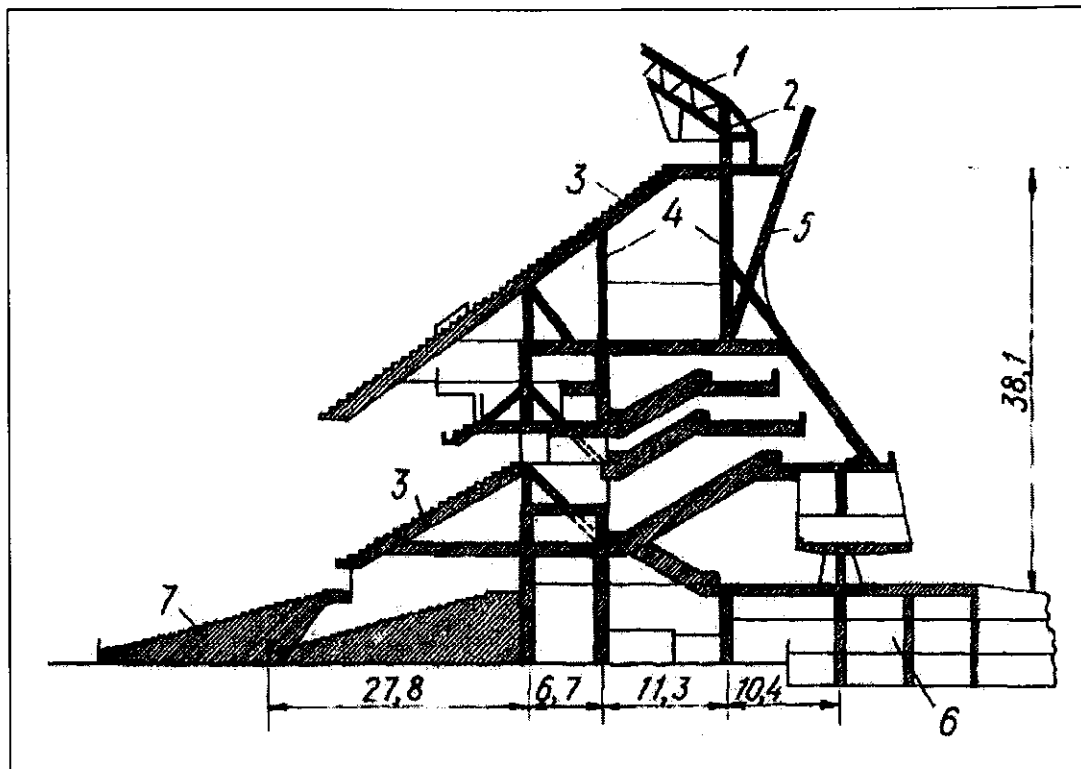
1.1. Jungtinių Amerikos Valstijų stadionų statybos patirtis

Vienu didžiausių dengtų stadionų pasaulyje kažkada vadintas „Louisiana Superdome“ stadionas Naujajame Orleane (Luizianos valstijoje, JAV) buvo baigtas statyti 1975 metais (1.1 pav.). Statinys skirtas įvairioms sporto varžyboms (futbolui, krepšiniui, beisbolui), taip pat koncertams bei renginiams organizuoti. Statinio formą sudaro du susikertantys kūgio paviršiai, formą užbaigia sferos paviršius. Statinio aukštis siekia 83 metrus. Statinio cokolinis aukštas susideda iš dviejų aukštų ir plane turi 228 x 228 metrų kvadrato formą, kurios kraštinės yra išlenktos į išorę. Dviejose priešingose stadiono pusėse yra įrengtos stovėjimo aikštelės, po jomis įrengtas 3 aukštų požeminis garažas, kuriame telpa 5 tūkst. automobilių.



1.1 pav. „Louisiana Superdome“ stadionas Naujajame Orleane, Luizianos valstijoje, JAV

Stadiono tribūnas galima transformuoti, sportinių varžybų metu jose telpa 80 tūkst. žmonių, o renginių metu telpa iki 100 tūkst. žmonių (1.2 pav.). Žiūrovų vietų skaičiaus didinimas išspręstas įdiegiant papildomas oro pagalvėmis slankiojamas tribūnas.



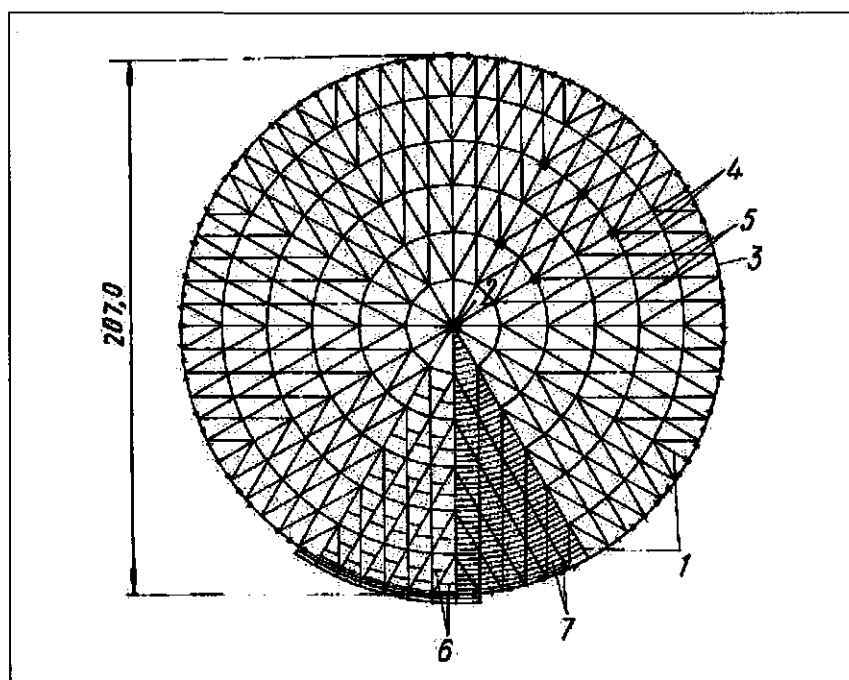
1.2 pav. Skersinis stadiono tribūnų pjūvis (Naujojo Orleano miestas)

1 – kupolas; 2 – atraminis žiedas; 3 – tribūnų sijos; 4 – kolonos; 5 – išorinė siena; 6 – požeminis garažas; 7 – slankiojamos tribūnos

Viršutinės statinio dalies laikančios konstrukcijos, įskaitant kolonas, tribūnų karkasą ir laikančią stogo paklotą dalį, yra plieniniai, apatiniai trys aukštai – gelžbetoniniai. Stogo paklotą sudaro plieninis kupolas, kurio skersmuo yra 207 metrai (1.3 pav.). Laikančią kupolo dalį suprojektavo „Roof Structures Inc.“. Laikančias kupolo konstrukcijas sudaro 12 pagrindinių briaunų – arkų, išdėstytų lygiagrečiai radialinėms statinio ašims tarp laikančio ir vidinio žiedų, taip pat šalutinės susikertančios briaunos, išdėstytos tarp pagrindinių briaunų, ir 5 tarpiniai žiedai, išdėstyti tarp laikančio ir vidinio žiedų 17 m atstumu vienas nuo kito.

Pagrindinės ir šalutinės briaunos turi vienodą skerspjūvio aukštį, (2,7 m) ir yra sumontuotos iš santvarinių suvirintų blokų. Viršutinė ir apatinė santvarų juostos yra dvitėjinės 356 mm aukščio. Laikantį žiedą sudaro 2,7 m aukščio žiedinė santvara, kurios viršutinė, apatinė juosta ir spyriai yra 365 mm aukščio dvitėjai plačiomis lentynomis. Šis žiedas remiasi ant 96 plieninių dvitėjo skerspjūvio kolonų 356 ir 900 mm aukščio, išdėstytų kas 6,7 m. Žiedų atraminiai mazgai suprojektuoti taip, kad esant temperatūros deformacijoms žiedas galėtų pasislinkti apie 7,5 cm į kiekvieną pusę nuo kolonos ašies.

Plieninių konstrukcijų montavimas buvo atliktas su 37 montažiniais bokštais, kurių aukštis siekė 82 metrus. Montažiniai bokštai ir didelės keliamosios galios bokštiniai kranai buvo išdėstyti projektinėje montuojamų žiedų padėtyje.



1.3 pav. Stadiono (Naujojo Orleano miestas) stogo kupolo konstrukcijos planas

1 – pagrindinės briaunos – arkos; 2 – centrinis žiedas; 3 – atraminis žiedas; 4 – tarpinės žiedinės briaunos; 5 – šalutinės briaunos; 6 – skersiniai ryšiai; 7 – ilginiai

Ant viršutinių briaunų - arkų juostų buvo montuojami plieniniai ilginiai kas 2,5 m, virš kurių profiliuotų lakštų danga 1,21 mm storio prie atraminio žiedo ir 0,91 mm likusioje kupolo dalyje. Profiliuotų lakštų lapai prie ilginių tvirtinami suvirinant, virš pakloto paklotas termoizoliacinis penoplasto 25 mm storio sluoksnis ir stogo danga. Plieninio pakloto panaudojimą vietoje permatomų plastmasinių plokščių lėmė karti ankstesnio panaudojimo kituose sportinės paskirties objektuose patirtis. Plastmasinės plokštės ir metalinių stogo briaunų derinys, dėl saulės atspindžių nuo metalinių paviršių, trukdė žiūrovams futbolo aikštėje stebėti varžybas, o sportininkams sekti kamuolio skrydį.

Stogo kupolas suprojektuotas šešiems apkrovų deriniams. Pavojingiausias iš jų buvo savojo svorio apkrova ir vėjo apkrova, kuri esant ilgalaikiai vėjo apkrovai, siekė 70 m/s greitį, o trumpalaikiai 90 m/s. Kad būtų galima sumažinti vėjo apkrovą, ant kupolo laikančių konstrukcijų buvo prikabinta techninė 37,4 m skersmens aikštelė su įvairia garso, šviesos ir vaizdo įranga, kurios svoris siekė 68 tonas. Kupolo konstrukciją taip pat suprojektuota taip, kad atlaikytų temperatūros svyravimus nuo -28 iki +28° C montavimo metu ir nuo -24 iki +24° C eksploataavimo metu.

Stadiono konstrukcijų kaina yra 101 mln. dolerių, visa sąmatinė statybų kaina siekia 150 mln. dolerių. Pasibaigus statyboms faktinė statybų kaina pasiekė 178 mln. dolerių, kitaip tariant, 2,2 tūkst. dolerių už vieną žiūrovų vietą.

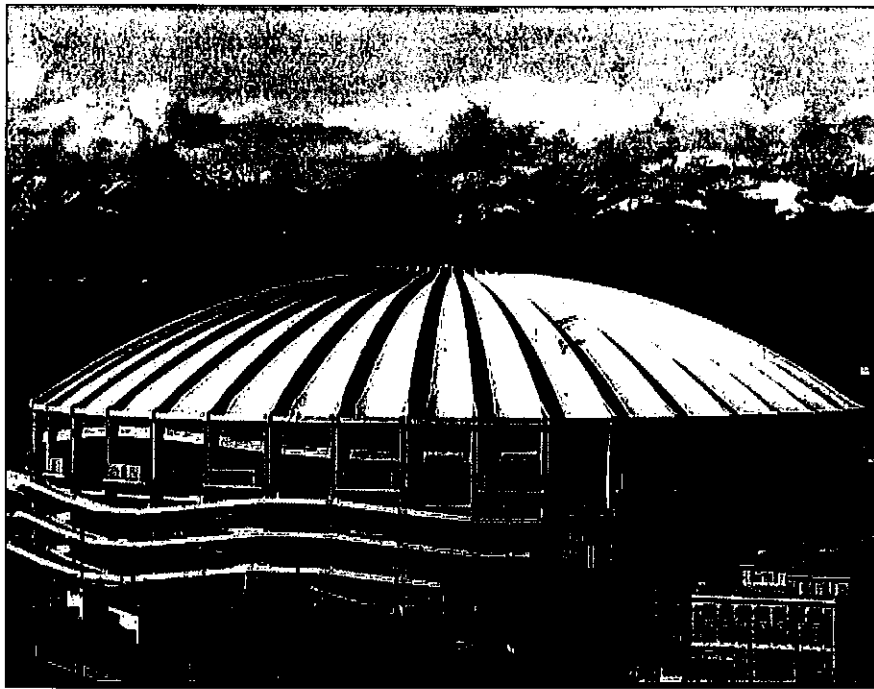
Stadionų statyboje plačiai naudojamas monolitinių konstrukcijų vadinamas gaubtas, kuris gerai dirba ir yra pakankamai efektyvus esant didelėms tarpatramiams. Tokių konstrukcijų pavyzdys yra King County Dome stadionas, pastatytas Sietle (JAV, Vašingtono valstijoje) (1.4 pav.). Šio stadiono denginys suprojektuotas kupolo formos, iš monolitinio gelžbetonio 201,5 m skersmens, ir siekia 33,5 m aukštį. Stadione įrengtos tribūnos, kuriose telpa 65 tūkst. žiūrovų. Bendras pastato aukštis - 76,2 m.

Kupolo paviršius sumontuotas iš 40 segmentų, kurių kiekvienas yra hiperbolinio paraboloido formos. Vieno segmento plotis kupolo pradžioje siekia 16,8 m. Suprojektuota hiperbolinė forma suteikia gaubtui reikalingą stabilumą ir tvirtumą esant pakankamai nedideliui jo storiui, kuris yra tik 13 cm. Be to, segmentų linijiniai paviršiai supaprastino klojinių gamybą. Tarp segmentų gaubtas yra sustiprintas 1,83 m aukščio arkinėmis briaunomis.

Gaubto gamybai buvo naudojamas betonas, galintis atlaikyti 280 kg/cm^2 gniuždomąją jėgą. Tokio stiprio betono panaudojimas palengvino pasvirų konstrukcijų betonavimą (35°).

Kupolas vainikuojamas 7,3 m pločio iš anksto įtempto gelžbetonio žiedine rėmsije, kuri remiama ant 40 gelžbetoninių 4,7 m aukščio kolonų. Kolonos yra dvišakės, jų skerspjūvio aukštis 1,83 m.

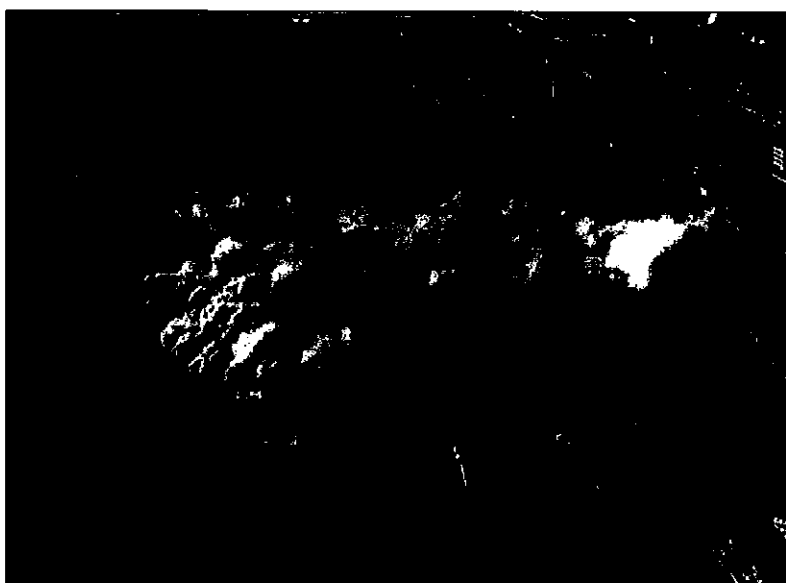
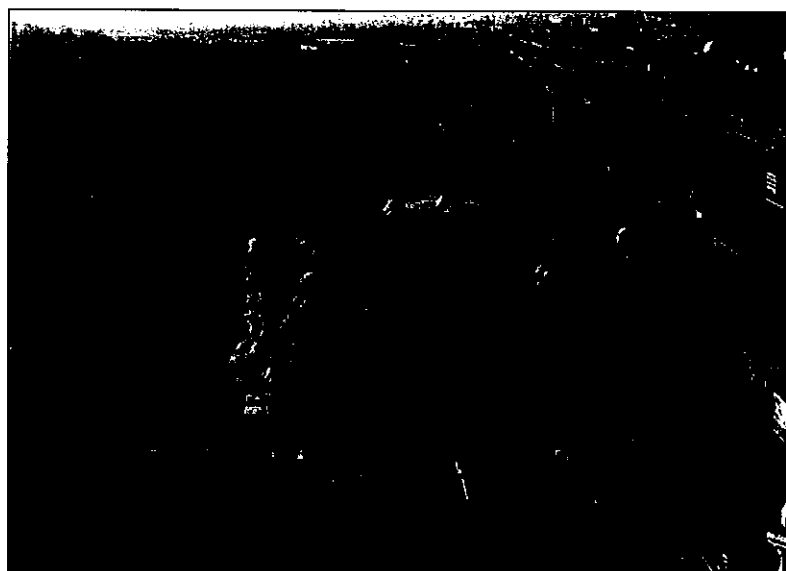
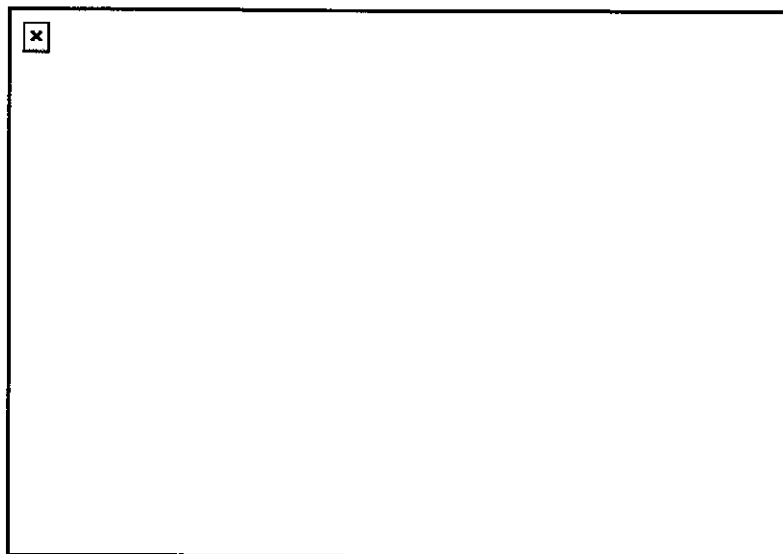
Kupolo segmentų betonavimas buvo atliekamas slankiuosiuose klojimuose. Statybos metų buvo naudojamos keturios tokių klojinių sistemos, kurios buvo tvirtinamos prie metalinių erdviųjų santvarų. Santvaros buvo išdėstytos pagal radialines ašis ir statinio viduryje buvo remiamos ant montažinės atramos. Klojinių kėlikliai buvo pritvirtinti žiedinėje rėmsijoje. Vienu metu buvo betonuojami keturi, vienas kitam pusiausviri, segmentai. Betono sąnaudos vienam segmentui siekė 138 m^3 .



1.4 pav. Bendras King County Dome stadiono vaizdas, Sietlas (JAV, Vašingtono valstijos)

Pagrindinės tribūnų laikančios konstrukcijos yra iš anksto įtempto gelžbetonio rėmai, rėmsijės - juosiančios stadiono kontūrą ir surenkamos laiptuotos tribūnų plokštės. Stadiono pamatas susideda iš 1800 gelžbetoninių ir medinių polių atitinkamai 0,41 m ir 0,42 m skersmens. Vieno polio laikomoji galia siekia 130 t. Vienas rostverkas (5,8x5,8x1,83m) jungia po 20-26 polius. Betono sąnaudos visam pastatui siekia 13 000 m³ [3].

2000 metų kovo 16 dieną šis unikalus stadionas buvo nugriautas. Griovimo priežastis buvo stadiono gelžbetoninio stogo nesandarumas, nes stogas buvo blogai prižiūrimas eksploatavimo metu. 1994 metais liepos 19 dieną, likus vos vienai valandai iki planuotų rungtynių, įgriuvo vandens prisotintos lubų plokštės, sveriančios apie 12 kg. Vykdamas stadiono stogo rekonstrukciją, kuri buvo įvertinta 51 mln. dolerių, statybos aikštelėje žuvo 2 darbininkai. Šis įvykis ir didelė rekonstrukcijos kaina privertė užsakovus nutraukti rekonstrukciją ir apgalvoti naujai pasiūlytą idėją statyti naują stadioną. Stadionas buvo nugriautas sprogimu, tai pirmas Jungtinėse Valstijose tokiu būdu įvykdytas stadiono griovimas, kurio kaina siekė net 9 mln. dolerių. Stadiono stogo kupolas, sveriantis 25 tūkst. tonų, sugriuvo per 16,8 sekundes. Tai pati didžiausia konstrukcija, išreiškus tūrio procentais, kada nugriauta sprogmenimis. 125 tūkst. tonų gelžbetoninės konstrukcijos sprogimas nesukėlė nei vieno įtrūkimo 27 metrų atstumu nuo sprogimo vietos naujai statomo stadiono pamatuose (1.5 pav.). 2002 metais, naudojant nugriauto pastato betoną, buvo pastatytas naujas *Qwest Field* universalus stadionas, kuriame telpa nuo 67 iki 72 tūkst. žiūrovų [4].



1.5 pav. 2000 metais griauņamo King County Dome stadiono vaizds

Didelį įdomumą kelia dengtų stadionų su pneumatiniiais stogais statybos patirtis. Tai yra pripučiamos konstrukcijos, palaikomos pučiant orą į konstrukcijos vidų, tai ir atsispindi jų pavadinime. Stogas prilaikomas ir forma suteikiama skersiniais lynais. Jungtinių Valstijų mokslo centro „Educational Facilities Laboratories“ laboratoriniai bandymai parodė, kad optimali tokios dangos medžiaga yra laidi šviesai ir pagaminta iš 10 mkm skersmens stiklo pluošto, padengto iš dviejų pusių polivinilchlorido (PVC) arba politetrafluoretileno (PTFE) plėvele. Tokios medžiagos atsparumas plyšimui siekia nuo 180 iki 900 kg/5 cm. Egzistuoja keletas tipų pripučiamų konstrukcijų, t.y. profilio pripučiamos konstrukcijos (profilis – tai konstrukcijos aukštis):

- Aukšto profilio konstrukcijos dažniausiai naudojamos eksploatuojant konstrukciją laikinai ar periodiškai ant „nulinio“ žemės pagrindo.
- Žemo profilio konstrukcijos naudojamos didelių gabaritų matmenų konstrukcijoms, tai stadionai, dideli sporto kompleksai ir pan. Taip pat dažniausiai yra statomos ant pačių pastatų, o ne ant „nulinio“ pagrindo lygio. Stogas prilaikomas ir forma suteikiama skersiniais lynais.

Konstrukcijos uždanga skaičiuojama įvertinant sniego ir vėjo apkrovas, remiantis vietinėmis statybos normomis. Medžiaga sulituojama ir sumontuojama kaip vientisa uždanga, užtikrinanti visišką konstrukcijos hermetiškumą. Uždangos gamybai naudojama sunkiai užsiliepsnojanti (DIN4102B1/M standarto), iš abiejų pusių akrilo sluoksnių padengta, šviesai pralaidi medžiaga. Taip pat konstrukcijos stogo ar šonų uždangą galima pagaminti ir šviesai nepralaidžios pasirinktos spalvos medžiagos.

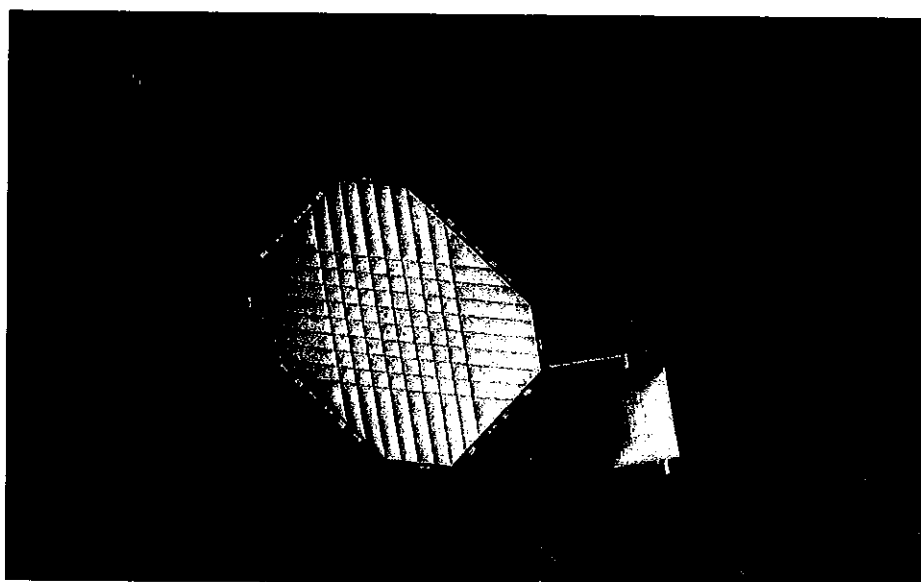
Uždanga prie pagrindo tvirtinama specialiais tvirtinimo elementais, pagamintais iš galvanizuoto plieno. Konstrukcijos apšiltinimui, akustinių savybių pagerinimui bei kondensato problemos išsprendimui, gali būti sudaromas oro tarpas, pritvirtinant papildomą PVC medžiagos sluoksnį iš konstrukcijos vidaus. Kiekvienos konstrukcijos standartinė komplektacija numato apšiltinimo bei oro automatinę slėgio palaikymo sistemą, kuri priklausomai nuo kliento pageidavimu gali naudoti dujas, dyzelinį kurą, centrinį šildymą arba elektrą.

Vienas didžiausių stadionų su pneumatiniu stogu yra Metropolitan (Silverdome) stadionas, esantis Pontiako mieste (JAV, Mitchigano valstijos). Stadione (1.6 pav.) telpa 80 400 žiūrovų. Pastatas plane yra 220x168 m stačiakampio formos su nusklembtais kampais (1.7 pav.).

Denginio apvalkalas, kurio plotas siekia 40 tūkst. m², priklauso pripučiamų stogų kategorijai. Apvalkalo aukštis virš žaidimo lauko yra 62,5 m. Apvalkalo aukštis sudaro 15,2 m. Stogo medžiaga yra politetrafluoretilenas (PTFE). Medžiagos storis - 0,8 mm, šviesos laidumas - 14 % ir apvalkalo 1 m² masė tik 1 kg.



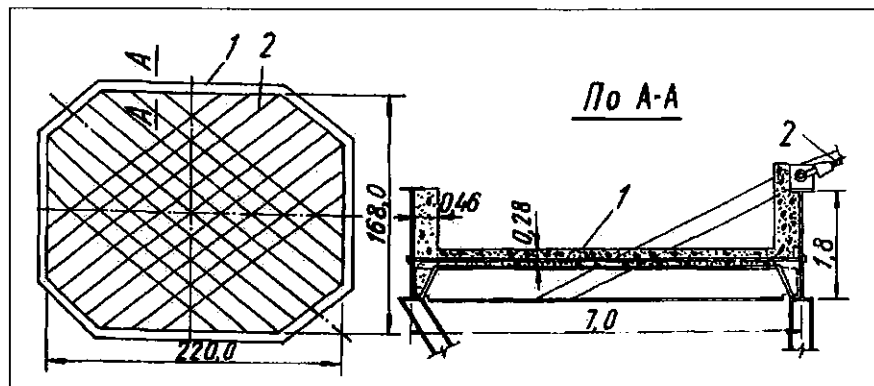
1.6 pav. Bendras stadiono „Silverdome“ Pontiako mieste (JAV, Mitchigano valstijos) vaizdas



1.7 pav. Stadiono „Silverdome“ vaizdas plane



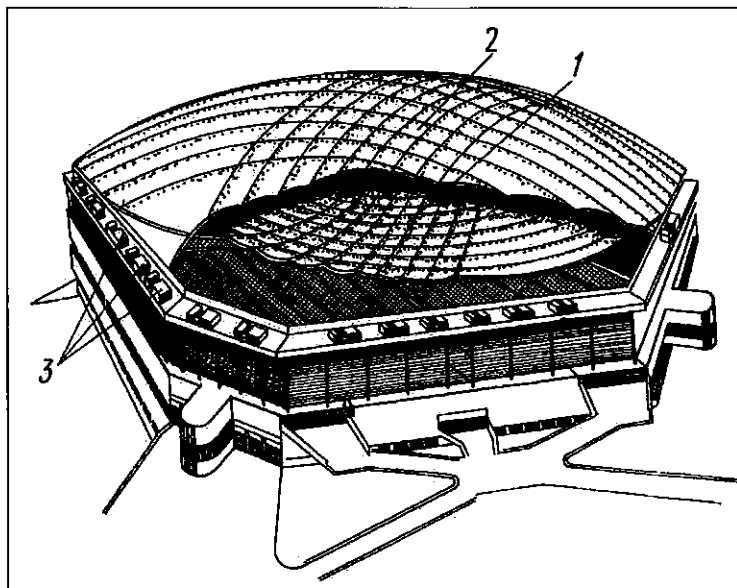
1.8 pav. Pontiako stadiono denginio vaizdas iš statinio vidaus



1.9 pav. Schematinis stogo planas ir atraminio žiedo skersinis pjūvis:

1 – atraminis stogo žiedas, 2 – lynai

Stogo danga yra sustiprinta skersiniais plieno lynais 75 mm skersmens, suteikiančiais stogui formą. Iš viso buvo numatyta 18 lynų (po 9 kiekviena kryptimi) 229 m ilgio, 1 tokio lyno svoris siekia 7,3 tonų. Vidurinėje stogo dalyje lynai formuoja 13,1x13,1 m matmenų rombus.



1.10 pav. „Silverdome“ stadiono stogo dangos montavimo schema:

1 – stogo dangos padėtis prieš pripučiant konstrukciją; 2 – pripučiamos stogo konstrukcijos projektinė padėtis; 3 – oro pūtikliai

Pripučiamos stogo dangos kontūras apjuosiamas atraminiu gelžbetoniniu žiedu, esančiu 9,7 m aukštyje virš viršutinio tribūnų aukšto. Atraminis žiedo skerspjūvis (1.9 pav.) primena lovio formą, jo plotis siekia 7 m, o aukštis – 1,8 m. Atraminio žiedo sienučių storis 0,46 m, lentynų 0,28 m. Žiedo sienučių išoriniai paviršiai yra sustiprinti plieniniais dvitėjo 1,8 m aukščio profiliuočiais, kurie yra tarpusavyje sujungti plieninėmis atotampomis.

Stogo pripučiamoji danga yra surinkta iš 100 medžiagos gabalų, kurie atitinka lynais sudalintų akučių formas. Medžiagos gabalų ilgis siekia nuo 35 iki 58 m.

Stogo dangos montavimas buvo užbaigtas per 4 mėnesius. Pirmiausia su sraigtasparniu ant atraminio žiedo buvo prikabinėti plieniniai lynai. Vėliau ant šių lynų buvo kabinamos medžiagos gabalai, kurie buvo tiekami į montavimo vietą ritiniais bokštiniu kranu. Stogo dangos gabalai prie lynų buvo tvirtinami specialiomis plieninėmis kabėmis. Vėliau, sudarant pastato viduje 175 Pa oro slėgį, pakabintai stogo dangai buvo suteikiama projektinė padėtis (1.10 pav.). Oro slėgis palaikomas 29 oro pūtikliais, kurie aprūpina pastatą oru 99 tūkst. m³/min.

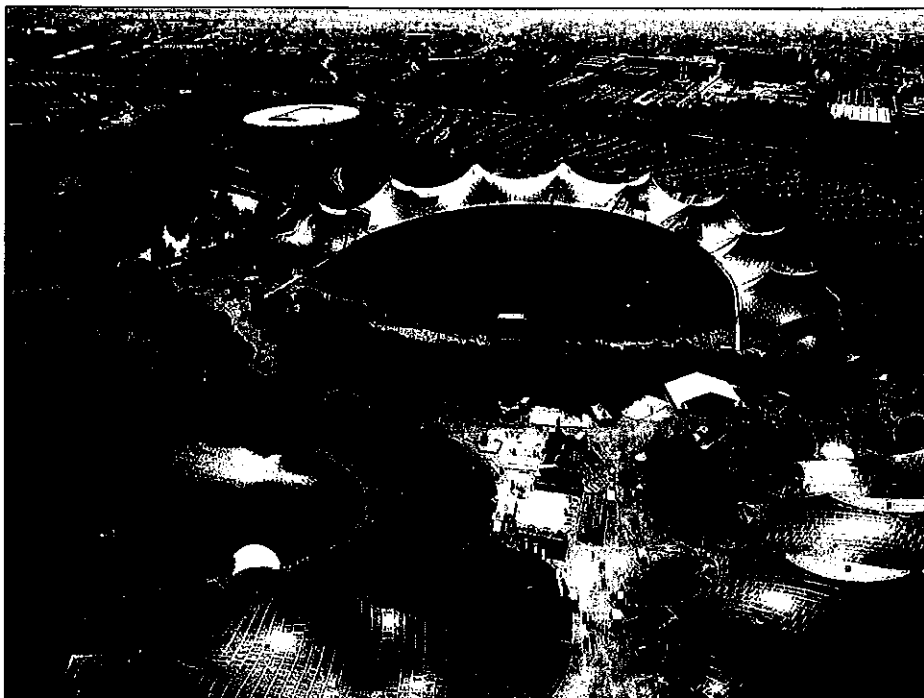
Stogo konstrukcijos danga buvo skaičiuojama įvertinant nuosavą ir lynų 5 kg/m² apkrovą, sniego 60 kg/m² apkrovą ir vėjo apkrovą, veikiančią konstrukciją 33 m/s greičiu.

Stadiono statybos kaina siekia 41,9 mln. dolerių, be to, stogo dangos kaina, įskaitant ir atraminį žiedą, neviršija 10 procentų nuo bendros statybos kainos (stogo danga kainavo - 2,75 mln. dolerių, atraminis žiedas - 1,5 mln. dolerių) [3].

1.2. Vokietijos stadionų statybos patirtis

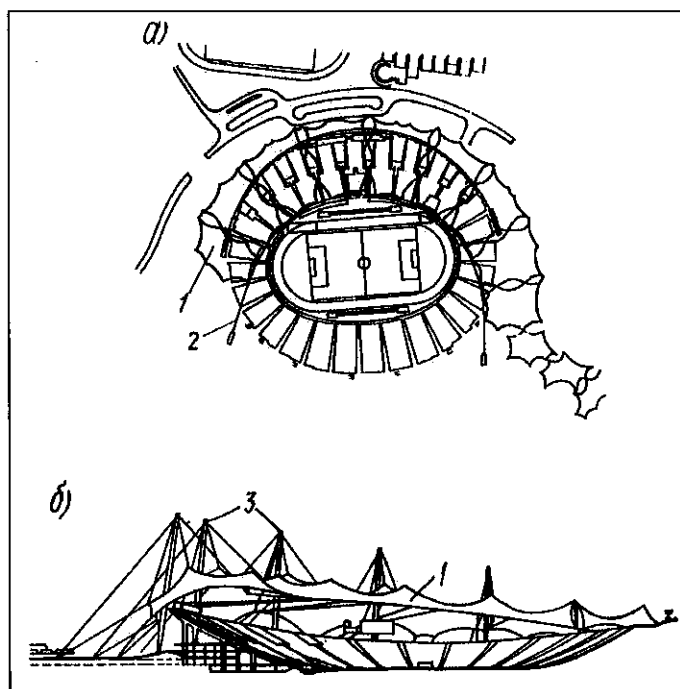
Ruošiantis 1972 m. vasaros Olimpinėms žaidynėms Miunchene, buvo suprojektuotas dalinai dengtas stadionas su unikalia stogo geometrija, primenančia palapininę konstrukciją, kuri buvo išgauta naudojant vantinius (vantas – virvė stiebui tvirtinti) tinklus. Vokiečių architektas *Giuntheris Behnischas* ir architektas - inžinierius *Frei Otto*, projektuodami stadioną rėmėsi idėja imituoti Alpes, kurių priekalnėse ir turėjo būti pastatytas stadionas. Didelė akrilo ir stiklo stoginė, stabilizuojama plieno lynais, yra bendra trims komplekso statiniams. Bendras stoginės plotas siekia 74 800 m², 34 560 m² ploto priklauso stadionui, 11 900 m² – baseinui, 21 750 m² – sporto salei ir 6600 m² – tarpinėms aikštelėms. Stadiono stoginė laikoma didžiausia iš panašaus tipo konstrukcijų.

Viena dalis stadiono (1.11 pav.) tribūnų yra sumontuotos tiesiai ant grunto, kita dalis ant gelžbetoninių atraminių konstrukcijų. Stadione telpa 80 tūkst. žiūrovų, 47 tūkst. vietų yra sėdimos, likusios - stovimos. Tribūnų konstrukciją sudaro stačiakampio skerspjuvio gelžbetoninės sijos, laiptuotai sudėtos ant grunto arba ant gelžbetoninių atraminių rėmų.



1.11 pav. Olimpinis stadionas Miunchene, Vokietija 1972 m

Stadiono stoginė dengia tik vakarinę tribūnų dalį ir yra sumontuota iš devynių plieninių vantinių tinklų, įtemptų naudojant plieninius lynus ir pilonus (1.12 pav.). Vantinių tinklų akučių matmenys - 75x75 cm. Vantos yra sumontuoti iš plieninių linų, supintų iš cinkuotos vielos 2-3 mm su laikinuoju atspariu 160 kg/mm^2 .

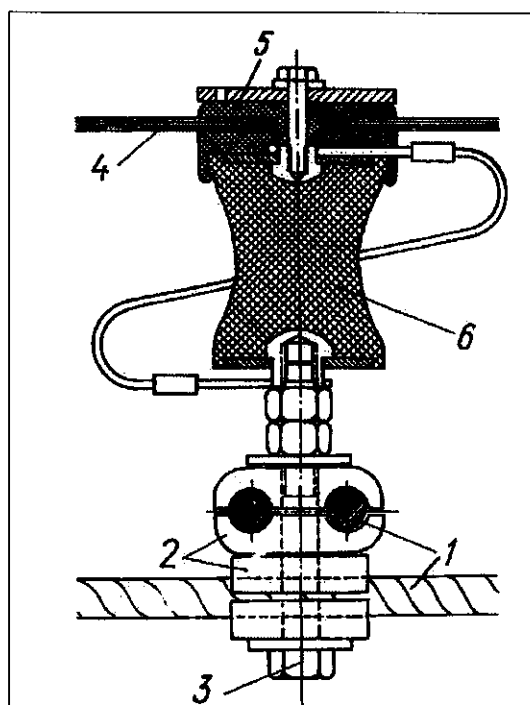


1.12 pav. Olimpinis Miuncheno stadionas. Planas (a) ir pjūvis (b)
1 – vantinis tinklas, 2 – pagrindinė šoninė vanta, 3 – pilonai



1.13 pav. Olimpino stadiono Miunchene stogo vantiniai tinklai

Vantų laikomoji galia siekia 300 t. Šoninių 80-130 mm skersmens vantų laikomoji galia yra dar didesnė, pvz. pagrindinė 440 m ilgio šoninė vanta atlaiko tempimo jėgą siekiančią 5000 t. Šios vantos skerspjūvis yra didesnio ploto ir susideda iš dešimties 130 mm skersmens lynų. Susikirtimo vietose vantos yra jungiamos specialia apkaba, kuri leidžia vantoms pasislinkti tinklo plokštumoje (1.14 pav.).



1.14 pav. Olimpino Miuncheno stadiono stogo vantinių tinklų jungimo mazgas

1- vantos, 2- apkabos, 3- jungiamasis varžtas, 4- akrilinis stiklo lakštas, 5- akrilinio stiklo rėmas, 6- amortizatorius

Vantiniai tinklai laiko stoginės paklotą, kurį sudaro tonuoto 4 mm storio akrilinio stiklo lakštai (3x3 m) ir aliumininiai profiliuočiai. Gretimi rėmai sujungti profiliuočiais iš vandeniui atsparios medžiagos - neopreno. Kiekvienas akrilinio stiklo rėmas yra jungiamas prie vantinio tinklo devyniuose vietose. Norint išvengti akrilinio stiklo rėmų deformacijos, jungimams buvo naudojami amortizuojantys tarpikliai iš neopreno (plaukiančios jungtys).

Vantinius tinklus laiko 38 ir 76,7 m aukščio atraminiai plieninių vamzdžių 190-350 cm skersmens pilonai, kurių sienutės storis 30-75 mm. Pilonai sudaryti iš 10 m ilgio cilindų sujungtų tarpusavyje varžtais. Aukščiausio pilono masė siekia 360 t. Pilonų atrama lankstinė, galinti priimti 5000 t gniuždomąją jėgą. Priklausomai nuo padėties konstrukcijoje, pilonai buvo montuojami 65,4 - 87,2° kampu.

Atotampoms užinkaruoti buvo suprojektuoti įvairių konstrukcijų pamatai. Pagrindinei kraštinei vantai užinkaruoti buvo sumontuotas pamatas, galintis atlaikyti 4500 t tempimo jėgą. Pamato tempimo zona armuota iš anksto įtempta armatūra, o vantas inkaruoti buvo suprojektuoti 191 mm skersmens dešimt plieninių vamzdžių.

Vantinės stoginės įrengimo kaina siekė VDR 25 mln. markių. Remiantis konstrukcijų ekonominių rodiklių analize, dengti stadiono tribūnas tik dalinai yra neefektyvu. Esant pilnam tribūnų denginiui, nebūtų jokios reikiamybės įrengti sudėtingos konstrukcijos pamatus pagrindinėms vantomis inkaruoti.

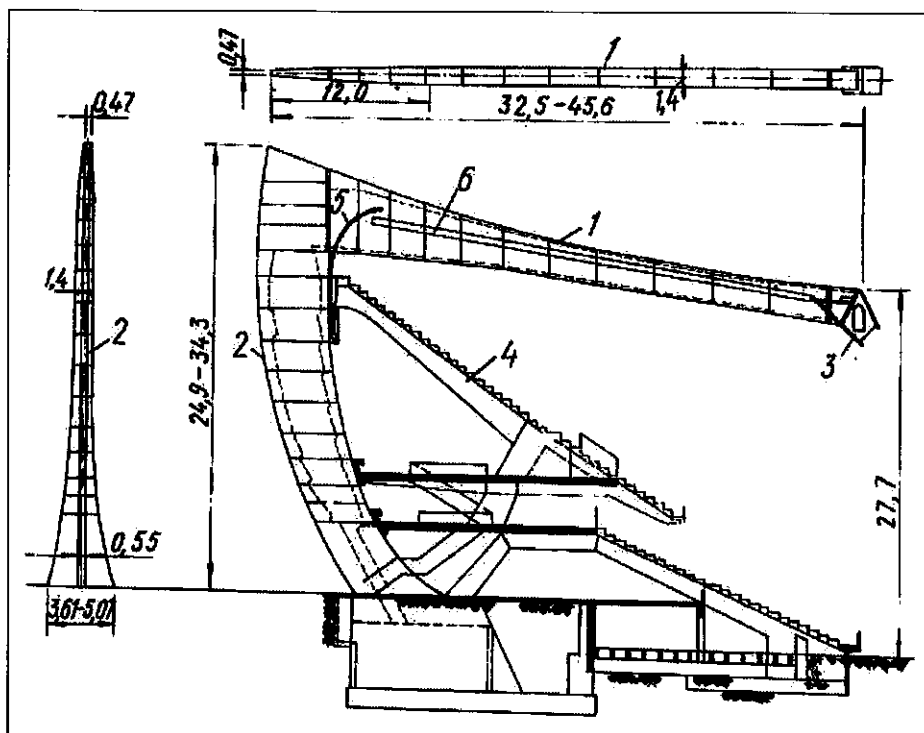
1.3. Prancūzijos stadionų statybos patirtis

Pasaulinė statybos patirtis turi dalinai dengtų stadionų pavyzdžių, kurių laikančias konstrukcijas sudaro iš anksto įtempti surenkamo gelžbetonio blokai. Blokų segmentai tarpusavyje jungiami epoksidiniais arba sintetiniais klijais ir iš anksto įtempta armatūra. Pirmą kartą toks konstrukcinis sprendimas buvo panaudotas „Parc Des Princes“ stadiono statybose Paryžiuje (Prancūzija). Stadionas (1.15 pav.) turi dviem aukštais išdėstytas tribūnas, kuriose telpa 50 tūkst. žmonių. Statinys plane turi elipsės formą, jo matmenys yra 251,5x191 m.



1.15 pav. Bendras stadiono „Parc Des Princes“ vaizdas Paryžiuje (Prancūzija)

Pagrindinės laikančios konstrukcijos (1.16 pav.) yra gelžbetoniniai rėmai – kreivalinijinė konsolinė rėmsijė ir kreivalinijinė kolona, išdėstytos 13 m žingsniu. Rėmai, viršutinėje konsolės dalyje, tarpusavyje sujungti žiedine rėmsijė, viršutinėje kolonų dalyje - gelžbetonine siena. Šių konstrukcijų dėka yra palaikomas bendras erdvinis visos konstrukcijos darbas.



1.16 pav. Klajuoti iš anksto įtempti gelžbetoniniai tribūnų rėmai „Parc Des Princes“ stadione Paryžius (Prancūzija)

1 - konsolinė rėmsijė, 2 - kolona, 3 - žiedinė rėmsijė, 4 - tribūnų sija, 5 - gelžbetoninė siena, 6 - denginys

Iš viso stadioną sudaro 50 rėmų, besiskiriančių vienas nuo kito ir pilono aukščiau, ir konsolės ilgiu. Rėmų kolonos aukštis kinta nuo 24,3 iki 34,3 m. Rėmų kolonos savo plokštumoje yra išlenkti pagal paraboloidinę kreivę, kad esant bet kurioms apkrovoms, išorinių jėgų atstojamoji veiktų kuo arčiau pamato svorio centro. Konsolinės rėmsijos lenktos žaidimo aikštelės link, jų ilgis kinta nuo 32,5 iki 45,6 m. Kolonų skerspjūvio aukštis yra kintamų matmenų trapezinės formos. Kolonų skerspjūvio plotis tribūnų pusėje kinta nuo 1,4 m - viršutinėje dalyje ir 3,61-5,07 m - apatinėje kolonos dalyje. Kolonų išorinio kontūro skerspjūvio plotis kinta nuo 0,47-0,55 m. Rėmsijų skerspjūvis yra stačiakampis, jo plotis kinta nuo 1,4 m laisvajam konsolės gale, 0,47 m ties išorine briauna. Skerspjūvio aukštis 2,8 m ties konsole, 3,6 m prie atramos.

Rėmų kolonos ir rėmsijos surinktos iš atskirų vienodos masės (apytikriai 17 t) blokų. Blokai tarpusavyje sujungti epoksidiniais klijais ir įtempta armatūra. Pats didžiausias blokų skaičius viename rėme siekia 25 vienetus. Žiedinė rėmsijė, jungianti laisvuosius konsolės galus, yra įrengta iš dėžinio skerspjūvio surenkamo gelžbetonio blokų. Žiedinėje rėmsijoje yra sudėti komunikacijų vamzdiniai ir apšvietimo armatūra.

Rėmų montavimas vykdomas palaipsniui blokų priauginimu ir juos jungiančios armatūros įtempimu. Kolonos iš anksto įtempta armatūra sudaro 20 ryšulių iš 12 armatūros strypų 13 mm skersmens ir 16 ryšulių iš 12 armatūros strypų 8 mm skersmens. Armatūros ryšulių įtempimo jėga atitinkamai siekia 167 ir 80 t. Rėmsijė yra iš anksto armuota 32 armatūros ryšuliais. Kiekvienas ryšulys susideda iš 12 vienetų 8 mm skersmens armatūros strypų. Armatūros ryšulių įtempimo jėga 80 t. Žiedinės sijos iš anksto įtempta armatūra yra 3 ryšulių iš 12 armatūros strypų 5 mm skersmens ir 3 ryšulių iš 12 strypų 8 mm skersmens. Žiedinėje sijoje numatytos keturios deformacinės siūlės, nesujungtos armatūra. Siena, jungianti tarpusavyje rėmų kolonas, yra 11 cm storio surenkamo gelžbetonio konstrukcija montuojama iš atskirų blokų. Kiekviename tarpatramyje tarp kolonų yra įrengti trys vertikalūs blokai, vertikaliaja kryptimi sujungti iš anksto įtempta ryšuliais iš 12 strypų 5 mm skersmens armatūra.

Tarp rėmų, konsolinių rėmsijų projektiniame aukštyje 50 cm žingsniu sumontuotos plieninės profiliuotos denginio sijos, ant kurių klojama medžio drožlių plokštė ir ritininė danga. Šios 1 m² dangos masė - 50 kg.

Rėmų blokai buvo gaminami statybvietėje iš C35-C40 klasės betono. Pagamintų blokų briaunos padėjo pagaminti ir sumontuoti gretimų gelžbetoninių blokų, tai ir lėmė aukšta gretimų bloko paviršių sujungimo tikslumą.

Vykdamas konstrukcinius skaičiavimus didelis dėmesys buvo skiriamas konsolinės rėmsijos įlinkiui sumažinti, įvertinant betono nusidėvėjimą (valkšnumą). Skaičiavimai parodė, kad be išankstinio įtempimo konsolės laisvo galo poslinkis nuo savojo svorio apkrovos siektų 40 cm jau po pirmo mėnesio ir 1 m - po 10 metų. Rėmsijos išankstinis įtempimas nukreipia poslinkius kita

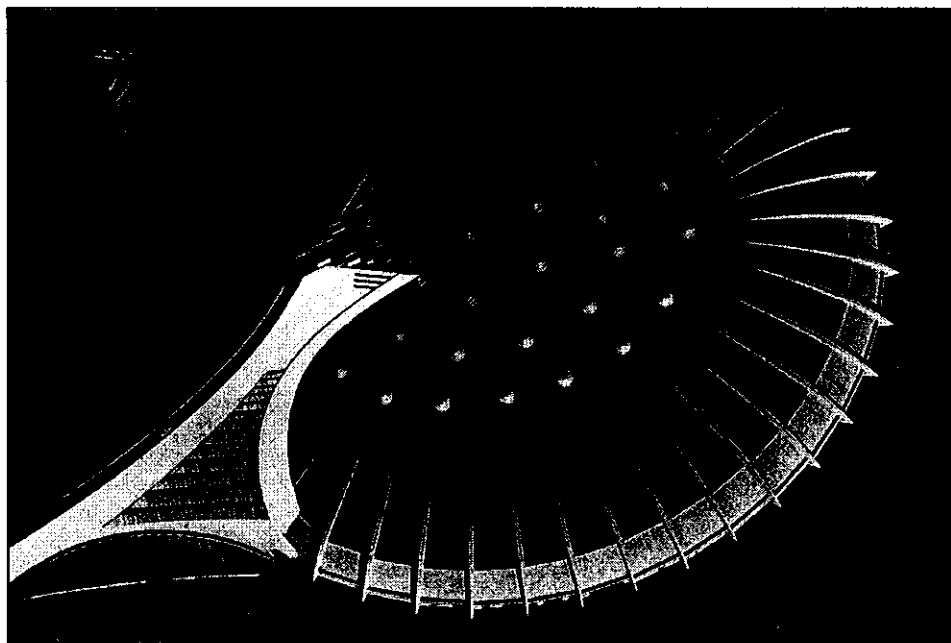
kryptimi, kurie didėja laikui bėgant. Tokiu atveju, skirtumas, tarp poslinkio nuo savojo svorio ir išankstinio įtempimo, stabilizuoja deformacijas. Dviejų gretimų rėmų konsolių poslinkių skirtumas neturėtų viršyti 3 cm.

1.4. Kanados stadionų statybos patirtis

Statant olimpinio komplekso stadioną Monrealyje (Kanada) taip pat buvo naudojamos iš anksto įtempio surenkamo gelžbetonio blokų laikančios konstrukcijos.

Stadionas yra elipsės formos (1.17 pav.), jo matmenys 490 m didžiosios ašies kryptimi ir 280 m mažosios ašies kryptimi. Stadione telpa nuo 50 iki 70 tūkst. žmonių. Stadiono denginys - konsolinis, elipsinės formos. Pagal projektą vidurinė statinio dalis (virš žaidimo lauko) turėjo būti dengiama transformuojamu sintetinės medžiagos tentu (1.18 pav.). Sintetinės medžiagos tentą buvo planuojama tvirtinti prie plieninių linų, kurių apačia kabinama prie tribūnų gelžbetoninio denginio, o viršus prie aštuoniolikos aukštų bokšto (1.19 pav.).

Sintetinės medžiagos tentą buvo suplanuota laikyti bokšto viršutinio aukšto patalpoje. Bet esant ekonominiams sunkumams buvo atsisakyta tentinio denginio. Dėl šių priežasčių bokštas buvo įrengtas tik dalinai ir vidurinė statinio dalis vykstant 1976 metų Olimpinėms žaidynėms liko atvira.

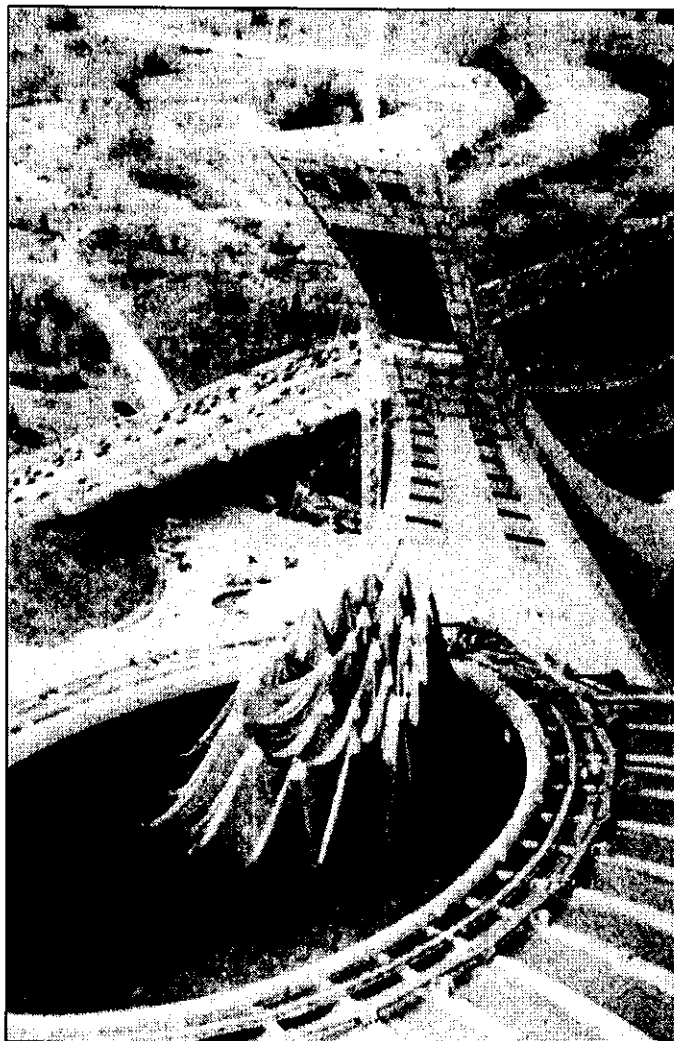


1.17 pav. Olimpinio stadiono vaizdas iš viršaus, Monrealis (Kanada)

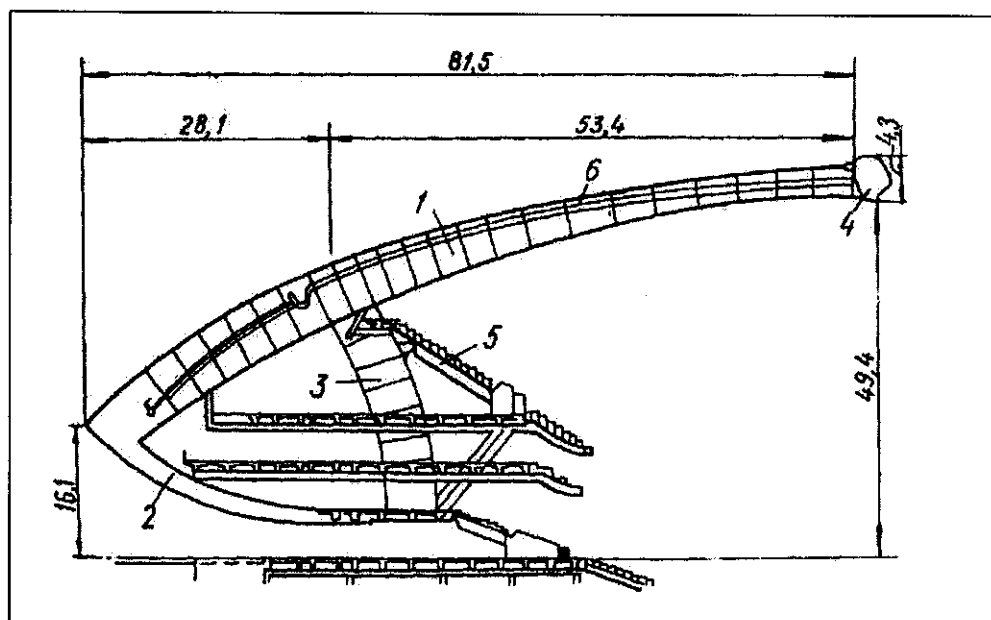
Stadiono stogą ir tribūnas laiko 34 surenkamo iš anksto įtempio gelžbetonio rėmai (1.20 pav.) su išgaubtomis 50 m ilgio konsolėmis. Rėmai išdėstyti visu stadiono perimetru, o jų rėmsijės - konsolės pasuktos į stadiono žaidimo lauką ir sujungtos tarpusavyje žiedine rėmsije (1.20 pav.). Rėmsijė - konsolė viena trečiaja savo ilgio yra remiama ant kolonos. Rėmsijė sujungta su kolonos apatine dalimi išlenkta santampa. Viršutinių aukštų tribūnų konstrukcijos remiamos į išgaubtų kolonų viršutinę dalį. Rėmų elementai (rėmsijės, santamos ir kolonos) ir žiedinė rėmsijė montuojami iš atskirų surenkamo gelžbetonio blokų. Surenkamo gelžbetonio blokai tarpusavyje sujungti epoksidiniais klijais ir įtempta armatūra.



1.18 pav. Bendras Monrealio stadiono vaizdas su išskleista stogo tentine dalimi



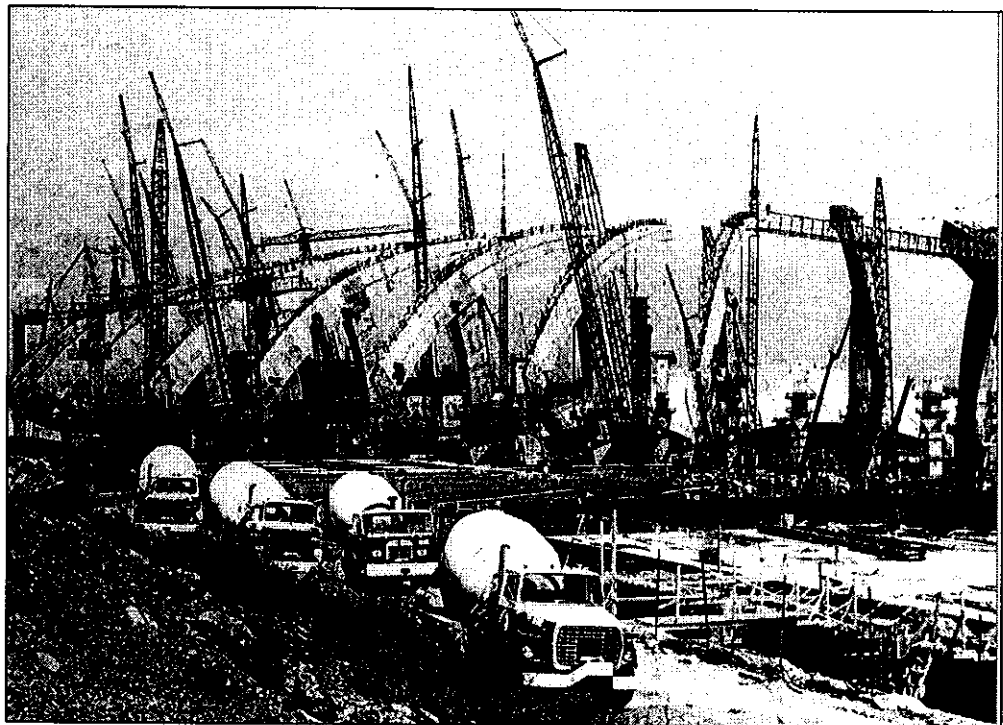
1.19 pav. Bendras Monrealio stadiono vaizdas stogo tentinės dalies suskleidimo metu



1.20 pav. Olimpinio stadiono Monrealyje skersinis laikančio rėmo pjūvis

1 - rėmsijė (konsolė); 2 - nuotėsa (santampa); 3 - kolona; 4 - žiedinė rėmsijė; 5 - tribūnos; 6 - denginys

Rėmsių blokai yra trapecinio skerspjūvio, jo aukštis kinta nuo 0,95 m rėmsijos laisvajame gale iki 6,0 m atraminiame rėmsijos mazge. Žiedinės rėmsijos blokai yra ovalo skerspjūvio, kurio maksimalus aukštis siekia 6,0 m. Žiedinės rėmsijos viduje yra išdėstytos techninės komunikacijos. Blokai buvo gaminami gamykloje, kintamų matmenų klojiniuose su hidrauliniiais domkratais. Naudojant tokius klojinius buvo pasiektas maksimalus blokų sujungimų tikslumas. Vieno bloko masė kinta nuo 160 kg iki 1600 kg. Tarp rėmų yra išdėstytos 12 cm storio ir 2 metrų ilgio gelžbetoninės briaunuotosios perdangos plokštės. Stadiono statybos kaina pasiekė 700 mln. dolerių, nors statybų pradžioje stadiono statybos buvo įvertintos 100 mln. dolerių. Šio stadiono vieno žiūrovo vietos statybos kaina siekia 11,6 tūkst. dolerių, tai 5 kartus viršija „Louisiana Superdome“ stadiono Naujajame Orleane (JAV) vieno žiūrovo vietos kainą.



1.21 pav. Olimpino stadiono Monrealyje laikančių rėmų konstrukcijų vaizdas statybos metu

1.5. Kinijos stadionų statybos patirtis

Šiuolaikinėje stadionų statyboje reikėtų nepamiršti paminėti Kinijos pasiekimus – tai du įstabios architektūros stadionai – TEDA stadionas ir Pekino Olimpinis stadionas (*Bird's Nest*). TEDA stadionas, išsiskiria ne tik kabančio stogo konstrukcija, elegantiškų metalinių konstrukcijų eksterjeru, bet ir demonstruoja trikampines lanko formos santvaras, išdėstytas už tribūnų. Santvaros juosia stadiono išorinį kontūrą ir yra atraminė stogo konstrukcija. Stadionas, galintis didžiuotis įdiegtomis moderniomis technologijomis, buvo pastatytas 2004 metais gegužės 15 d. Tiandžino

(Kinija) srities ekonominio vystymosi organizacijai (*Tianjin Economic Development Area - TEDA*). TEDA stadionas yra pirmas stadionas Kinijoje atitinkantis tarptautinės futbolo federacijos FIFA, bei Tarptautinio olimpinio komiteto reikalavimus. Stadione gali vykti tarptautinio lygio futbolo rungtynes, bei įvairių šakų tarptautinės sporto varžybos.

Stadiono tribūnuose telpa 36 tūkst. žiūrovų. Didžioji tribūnų dalis yra po kabamosios konstrukcijos stogu. Iš kiekvienos žiūrovų vietos atsiveria puikus žaidimo lauko vaizdas, kurio matmenys yra standartiniai - 105x68 m. Statinys yra 264 m ilgio ir 188 m pločio, aukščiausioje vietoje jis siekia net 33 m. Didžiuliai stadiono lauką apšviečiantys prožektorių bokštai yra 64 m aukščio.

Tiandžino stadionas yra pačiame TEDA pasivaikščiojimo vietos plėtojimo centre. TEDA pasivaikščiojimo vietą apima 100 tūkst. m² lagūnos su vandens tvenkiniais ir jaukiais 1 km ilgio pasivaikščiojimo takais. Pasivaikščiojimo vietą supa restoranų ir parduotuvių prieplauka, viešieji sporto ir vandens centrai, teniso kortai, aukštesnio negu vidutinio lygio mažmeninių parduotuvių įstaigos, geležinkelio stotis ir aukštos klasės aukštuminių pastatų kompleksai, kurie gali pasiūlyti 5000 komercinės ir gyvenamosios paskirties patalpas.

55 milijonus dolerių kainuojančio stadiono laikančios konstrukcijos susideda iš 22 lenktų santvarų – stiebų. 11 iš jų yra stadiono rytinėje pusėje ir 11 vakarinėje. 40 metrų ilgio santvaros yra trikampės skersiniame pjūvyje ir projekcinėje padėtyje yra lanko formos. Santvaros juosia apgaubia stadiono tribūnas, tuo pačiu jos yra pakabinamo ant lynų stogo atraminė sistema. Santvarų išlenkimas stadiono fasadui ir stogui suteikia išraiškingą ir nepakartojamą lenktą formą (1.22 pav.). Šio statinio architektūra unikali, jo elegantiška struktūra palieka neišdildomą įspūdį. Statinio fasadas padengtas sublokuotomis plokštėmis, kurios yra kompozitinės (plieno ir putplasčio derinys). Plokštės vidutiniškai yra 900 mm aukščio, o jų plotis yra kintamas ir priklauso nuo vietos fasado plokštumoje. Dauguma plokščių lenktos, jų išlenkimo aukštis siekia 2,4 m. Visos plokštės tvirtinamos prie stačiakampio skerspjūvio šalutinių plieninių tuščiavidurių elementų, kurie iš dalies perima vėjo apkrovą. Šalutinė plieninė konstrukcija yra tvirtinama prie pagrindinės varžtais, varžtų skylės yra su įpjovomis, tam kad konstrukcija turėtų laisvumo esant poslinkiams ir temperatūros deformacijoms. Plokštės yra tvirtinamos prie šalutinės plieninės konstrukcijos specialiomis aliumininėmis kabėmis. Siekiant išvengti skirtingų metalų sąlyčio, aliumininės kabės yra izoliuotos kaučiuko tarpikliais.



1.22 pav. TEDA stadiono bendras fasado vaizdas (Tiandžinas, Kinija)

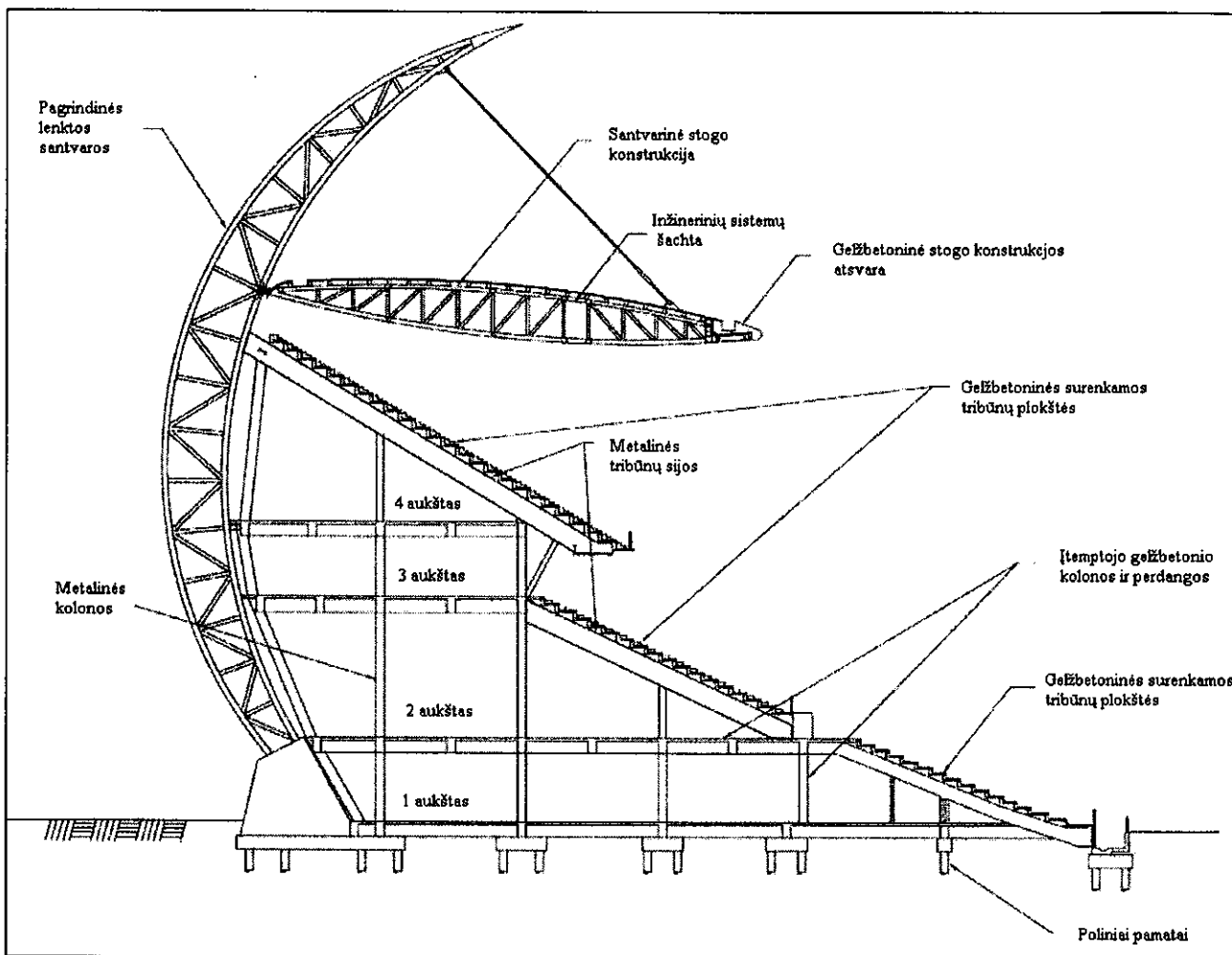
Kaip buvo minėta aukščiau, lenktos santvaros yra atraminės pakabinamam ant lynų stogui. Išlenktų santvarų gembės stabilizuoja pakabinamo ant lynų stogo deformacijas. Trikampės plieninės santvaros buvo montuojamos blokais. Šie blokai buvo projektuojami, gaminami ir analizuojami specialiomis kompiuterinėmis programomis gamykloje. Vamzdinio skerspjūvio plieninių konstrukcijų pjovimas, sandūrų suvirinimo siūlių stiprumas, reikalingų gamyklinių detalių gamyba – viskas buvo projektuojama ir analizuojama 3D kompiuterine konstravimo programa. Erdvinės santvaros sumontuotos ant gelžbetoninio cokolio už tribūnų perimetro 4,7 m aukštyje. Santvaros, iki 4 aukšto lygio, neturi jokio vertikalios ryšio su tribūnomis. Horizontaliais plieniniais ryšiais jos yra apsaugotos nuo sukimo. Santvaros ties viršutine žiūrovų tribūnų eile sujungtos į bendrą erdvinę konstrukciją horizontaliais plieniniais ryšiais. Horizontalūs plieniniai ryšiai tai pat yra viršutinių tribūnų atraminė konstrukcija. Santvarų išsikisimas virš šių ryšių yra atraminė stogo konstrukcija.

Trikampių santvarų blokai yra pakankamai tvirti, todėl buvo išvengta būtinybės papildomai sutvirtinti konstrukciją išilgai. Trijų pagrindinių santvaros vertikalių juostų dydis ir sugretinimas buvo parinktas įvertinant nuosavo svorio, naudojimo svorio, vėjo, sniego ir seisminės apkrovas. Maksimalūs įtempiai santvaroje yra viršutinių plieninių ryšių grandies lygyje ir ties pakabinamo stogo lynų jungimo vieta. Šiuose ruožuose plieninių vamzdžių skersmuo siekia 460 mm (1.23 pav.). Įtempiai mažėja ties stogo kraigo linija ir leidžia lenktoms santvaros juostoms siaurėti ir sueiti viename taške.

Siekiant suprojektuoti tvirtas ir patikimas pakabinamo stogo laikančias konstrukcijas, reikia kad lynų ilgis būtų kuo trumpesnis ir sudarytų pakankamai statų kampą. Remiantis gautais rezultatais tvirtinti stogą prie lenktų santvarų yra efektyviau negu prie panašaus tarpatramio tiesių kolonų. Vėjo sukeliama apkrova yra didesnė už nuosavą stogo svorį, dėl to stogą kelia į viršų. Dėl

šios priežasties buvo suprojektuota stogo atsvaros konstrukcija, išdėstyta išilgai išorine stogo briauna. Stogo atsvarą sudaro trys 3 m pločio surenkamo gelžbetonio blokai. Atsvaros ne tik užtikrina lynų įtempimą, bet ir atlieka latako funkcijas.

Pagrindinį apkrovų derinį, veikiantį stogo konstrukciją, sudaro vėjo apkrova ir konstrukcijos nuosavas svoris, kurie gali sukelti dinامينius stogo poslinkius t.y. svyravimus. Parinkus atsvaros konstrukciją sunkiausia buvo tiksliai nustatyti veikiamų apkrovų faktinį slėgį. Šiems dydžiams gauti buvo atlikti aerodinaminiai bandymai, kurie parodė, kad maksimalus slėgis, keliantis stogo konstrukciją į viršų, siekia 3 kPa.

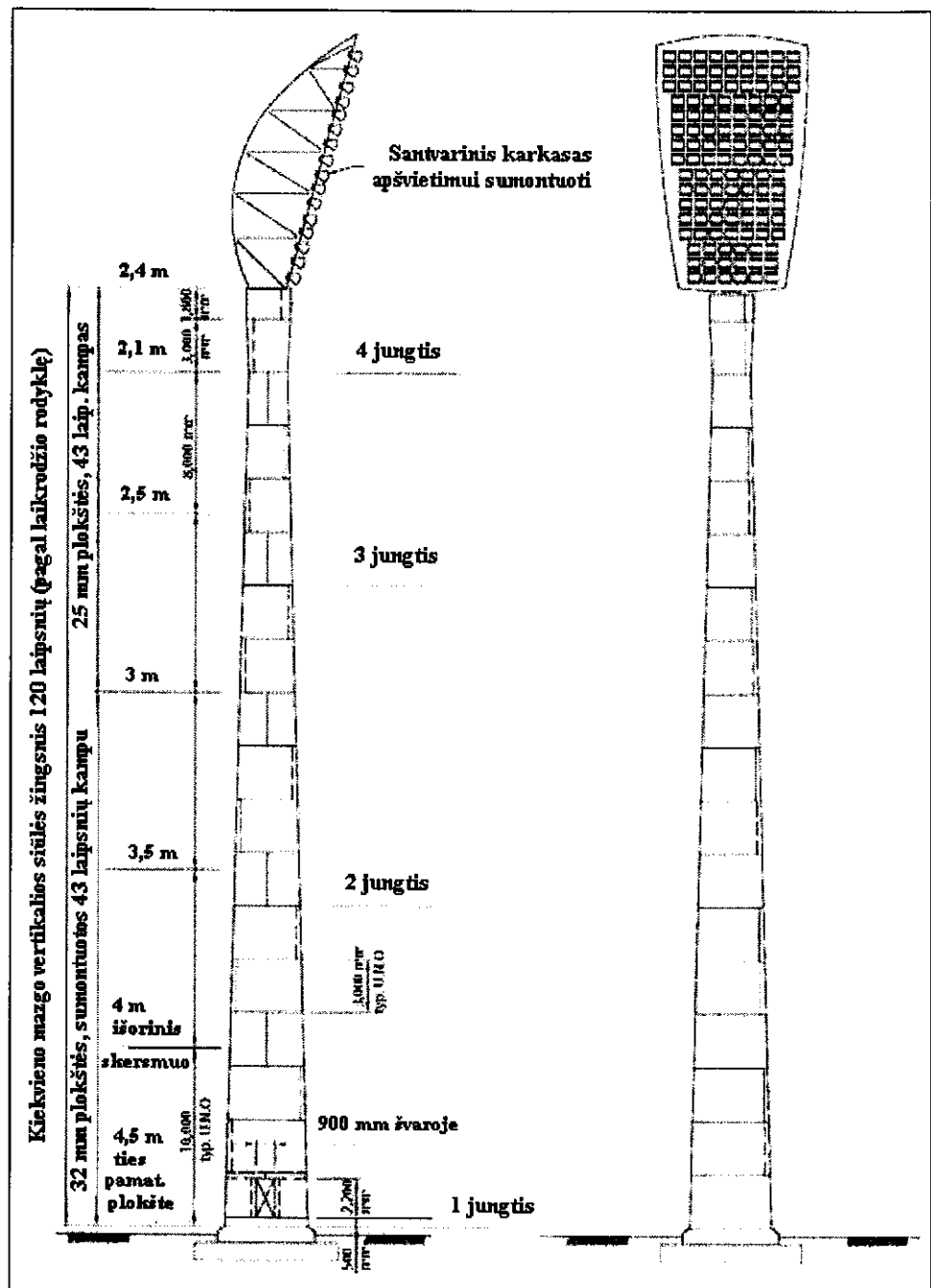


1.23. pav. Tipinis TEDA stadiono skersinis tribūnų rėmų pjūvis (Tiandžinis, Kinija)

Siekiant sumažinti šalutinės plieninės stogo sofito (apatinis skliautas, išsikišusio karnizo paviršius) konstrukcijos sąnaudas, buvo atidžiai parinkta konstrukcijos koncepcija. Pakabinamas stogas sudarytas iš gembinių plokščių santvarų ir reikalauja papildomų išilginių ryšių stogo konstrukciją stabilizuoti. Buvo suprojektuota efektyvi ir funkcionali konstrukcija - išilginės santvaros, kurios jungia atskiras plokštes stogo santvaras ir sudaro bendra stogo standumą. Tuo pačiu santvaros yra apžiūros tiltelis ir apšvietimo įrangos rėmas.

Centrinių tribūnų laikančios konstrukcijos yra tipiniai gelžbetoniniai rėmai gaminami statybos vietoje. Aukštų perdangos yra surenkamos armuotos iš anksto įtempta armatūra, jos remiamos ant profiliuotų plieninių sijų, išdėstytų 12,4 m žingsniu.

Stadiono konstrukcijos skaičiavimai buvo atlikti įvertinus 50 metų eksploataciją, vėjo sukeltą apkrovą, esant 30 m/s greičiui, taipogi 7 balų stiprumo žemės drebėjimą. Stadiono šoninių standumo konstrukcijų parinkimą (rėmų, skersinių ir išilginių sienų standumo sistema) iš esmės ir lėmė žemės drebėjimo apkrova.



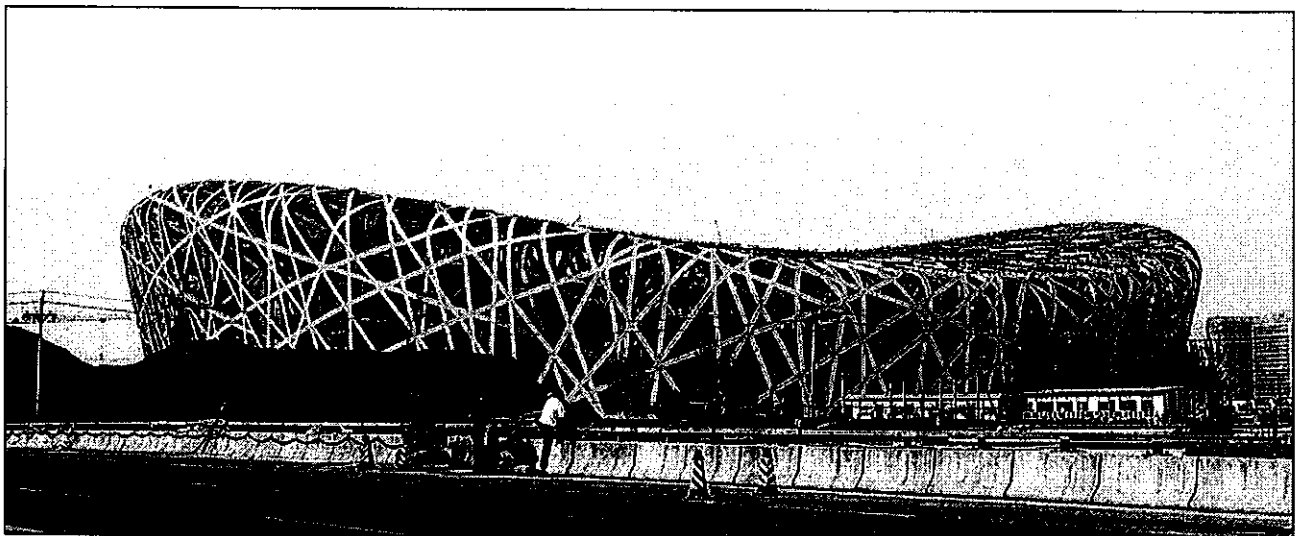
1.24 pav. TEDA stadiono prožektoriaus bokštas

Dauguma stadionų turi elementarius ir funkcionalius prožektorių bokštus, bet TEDA stadionui buvo suprojektuotas 64 m aukščio kolona su santvariniu karkasu prožektoriui. Prožektoriaus santvarinis karkasas veidrodžiškai atkartoja stadiono lenktų santvarų geometriją, tik yra sumažintų matmenų. Keturių prožektorių apšvietimas buvo suprojektuotas remiantis FIFA organizacijos nurodymais, kurie tiksliai nurodo leistinas apšvietimo bokštų vietas. Bokštų apšvietimas papildytas apšvietimu įrengtų stogo konstrukcijoje (1.24 pav.).

Statant bet kokį statinį Tiandžinyje turi būti atlikti regiono geologiniai tyrimai ir nustatyta statyb vietės gruntų būklė. Statybos aikštelės geologiniai tyrimai parodė, kad iki 50 m gylio gruntai šiame regione susideda iš 8 skirtingų sluoksnių dumblo, molio ir smėlio. Stadiono pamatams buvo parinkti 2231 vnt. kalamųjų 450 mm skersmens polių, įgilintų 40 m į žemę [5].

TEDA stadionas buvo suprojektuotas tarpininkaujant *Parsons* statybos ir inžinerijos įmonei, bei architektų įmonei *Peddle Thorp Architects*. Stadiono projekto koncepcija buvo apdovanota 2002 metų sausį. Kadangi stadiono projektas buvo įvykdytas laiku ir neviršijo planuojamo biudžeto, jis buvo nominuotas *Lu Ban Award* apdovanojimui, kurį Kinijos valstybė teikia už pasisiekimus statyboje.

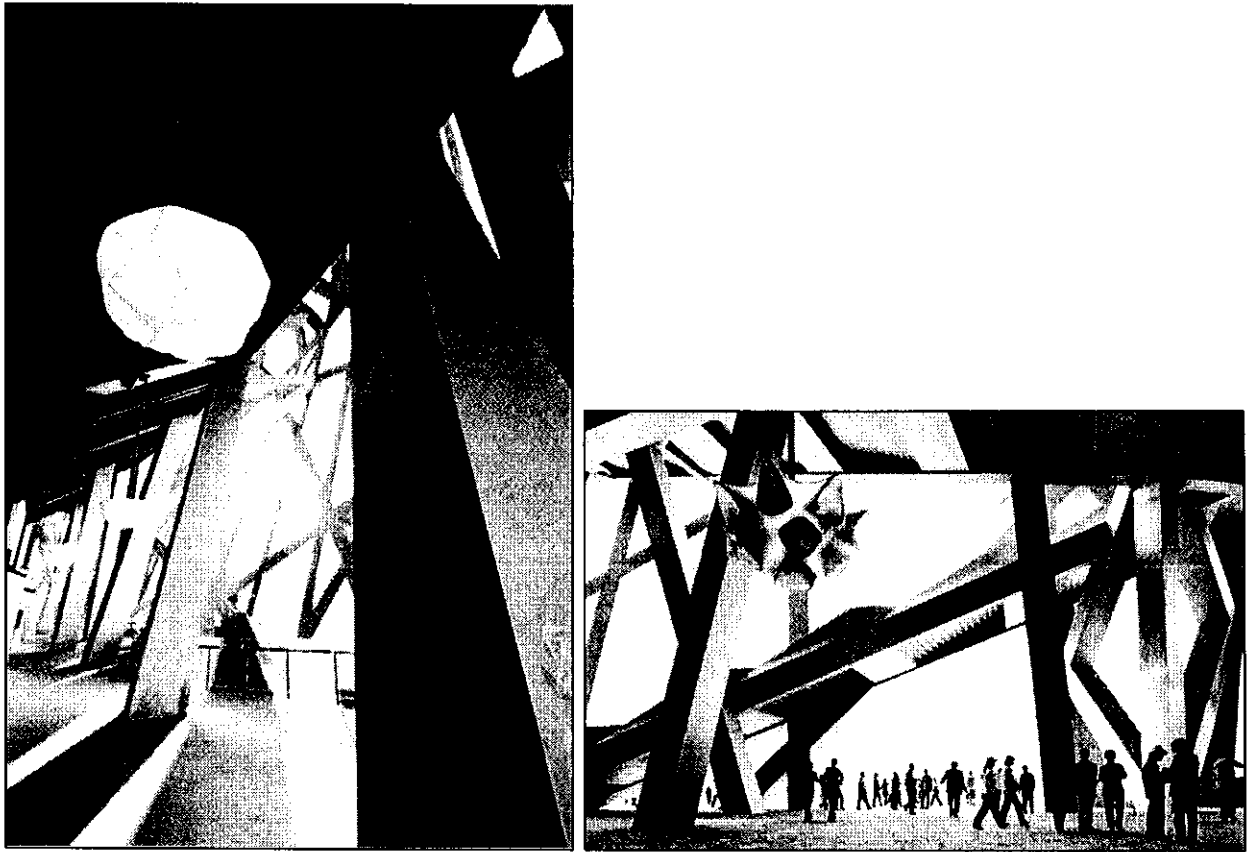
2008 metų vasaros olimpinės žaidynės, oficialiai vadinamos XXIX olimpinėmis žaidynėmis, vyko 2008 m. rugpjūčio 8 – 24 dienomis Kinijos sostinėje Pekine. Žaidynių atidarymo ceremonija prasidėjo 2008 m. rugpjūčio 8 d. 8 val. 8 min. 8sek. vakare vietos laiku šių metų olimpinių žaidynių statinyje – Pekino nacionaliniame stadione, kuris dėl panašios į lizdo formos struktūros buvo pavadintas „Paukščio lizdu“ (Bird's Nest) (1.25 pav.). Stadione telpa 91000 žiūrovų. Pekino nacionaliniame stadione vyko Olimpinių žaidynių atidarymo ir uždarymo ceremonijos, lengvosios atletikos varžybos ir futbolo finalas.





1.25 pav. Bendras Pekino nacionalinio stadiono vaizdas (Kinija)

Tarptautinį stadiono dizaino konkursą laimėjo šveicarų kompaniją *Herzog & Meuron Architekten AG* bendradarbiaujanti su *China Architecture Design & Research Group*. Stadionas pradėtas statyti 2003 m. gruodžio 24 d. Stadiono matmenys yra 330 ir 220 m, o aukštis siekia net 69 m. Statinys yra balno formos, užima apie 21 ha žemės ploto. Stadiono grindų plotas yra 258 000 m². Stadiono plieninis interjeras, besikertančių linijų dinamiškas išdėstymas sukuria judėjimo pojūtį (1.26 pav.). Švelnios kreivės, nebuvimas tiesių linijų leis pajusti ramybę ir harmoniją su gamta. Konkurso laimėjimas buvo tik sunkaus ir kruopštaus darbo pradžia, kuriam išsibėgėjus kilo klausimas „Kaip gi šią stadiono koncepciją nubraižyti dvimateje erdvėje?“ Architektų komanda nusprendė, kad tokio lygio projektas neįmanomas be trimatės grafikos ir modelių. Buvo pasirinktas *Daddault Systemes* programinės įrangos paketas *CATIA*, skirtas projektuoti lėktuvus ir automobilius.

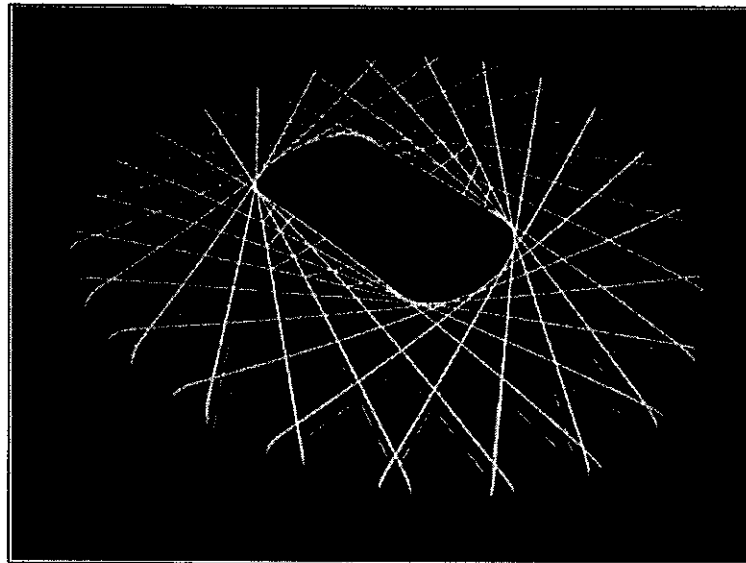


1.26 pav. Pekino olimpinis stadionas (Kinija). Stadiono interjeras

Didelių nuopelnų, projektuotojų komandą laiko pasisekimą perkelti projektą į aukšto lygio integruotą projektavimą. Nuo projekto pradžios, architektai ir inžinieriai glaudžiai bendradarbiavo, šis susivienijimas tiesiogiai paveikė stadiono projektą. Žinoma, stadiono konstrukcijoms turėjo įtaka ir regionas, kuris priklauso seisminio aktyvumo zoni. Žemės drebėjimas priverstų standžias nedidelio tarpatramio gelžbetonines žiūrovų tribūnas ir lankstų didelio tarpatramio plieninį stogą judėti skirtingai. Dėl šios priežasties plieninė konstrukcija buvo visiškai atskirta nuo gelžbetoninės tribūnų konstrukcijos. Plieninis stogas buvo pasirinktas ne tik dėl šios medžiagos gebos atlaikyti apkrovas, bet ir dėl galimybės suprojektuoti stogą pagaminti ir sumontuoti pasitelkiant Kinijos statybos pramonę. Paprastam praeiviui šio stogo konstrukcija atrodo chaotiška, bet projektuotojų buvo sąmoningai sukurta chaotiškumo iliuzija. Tai yra labai logiškai išdėstyta atraminė struktūra su labai aiškia apkrovų trajektorija. Konstrukcijos sistema yra hierarchinė, susidaranti iš pagrindinių, šalutinių ir trečios eilės elementų. Norint suprasti konstrukcinės sistemos sandarą reikia pradėti nuo pagrindinių laikančių elementų nagrinėjimo.

Pagrindinės laikančios konstrukcijos sistemos elementai yra 24 kolonos - santvaros, kurios yra sumontuotos pastoviu žingsniu ir juosia statinio elipsės formos perimetrą. Plieninės kolonos apibrėžia stadiono fasado planą ir yra palenktos į viršų 13^o kampą, taip suteikdamos statiniui savitą

balno formą. Šios kolonos pakyla iki pat statinio stogo ir jo lygyje susikerta su 12 m ilgio horizontaliomis stogo santvaromis. Pagrindiniai šių kolonų ir sijų elementai yra plieniniai 1,2x1,2 m kvadratinio skerspjūvio. Stogo santvaros susikerta viena su kita palikdamos atviru tik žaidimo lauką viduryje arenos. Kolonos ir santvaros sudaro eilę sukabintų portalinių rėmų, kurie efektyviai paskirsto apkrovas pamatams (1.27 pav.). Portalinėje rėmų konstrukcijoje didžiausios jėgos susikoncentruoja ties alkūnėmis, t.y. vietose kur santvaros perduoda apkrovas kolonomis. Lenktos santvaros spyriai paskirsto ašinės jėgas vertikalios santvarinės kolonos elementams.



1.27 pav. Pekino olimpinio stadiono pagrindinių laikančių konstrukcijų schema



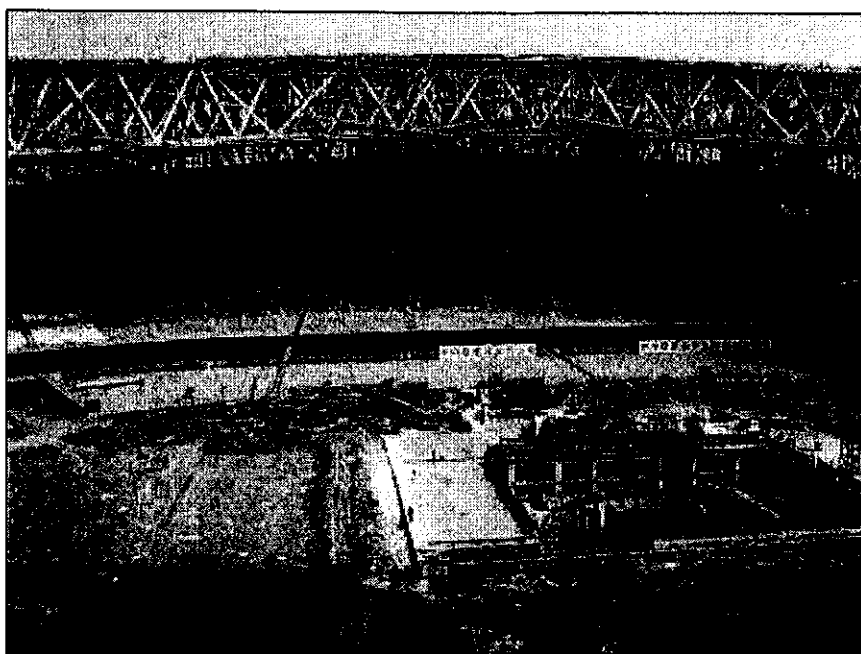
1.28 pav. Pekino olimpinio stadiono šalutinių ir trečios eilės plieninių konstrukcijų vaizdas

Nors pagrindinių konstrukcijų elementų išdėstymas yra pastovus, šalutinės ir trečios eilės konstrukciniai elementai yra sąmoningai išdėstyti chaotiškai (1.28 pav.). Šalutiniai ir trečios eilės elementai konstruktyviai mažiau svarbus, bet jų skerspjūviai taipogi yra kvadratiniai 1,2x1,2 m tam, kad būtų neįmanoma atskirti konstrukcijos elementų hierarchijos. Beje, ekonominiais sumetimais, šalutinei ir trečios eilės konstrukcijai buvo panaudota žymiai mažiau plieno. Jeigu pagrindinės konstrukcijos sienelės storis siekia 100 mm, tai šalutinės ir trečios eilės sumažintas iki 10 mm, priklausomai nuo veikiančios elementą apkrovos. Tokiu būdu visi konstrukcijos elementai vizualiai suvienodinti, o plieno sąnaudos sumažintos.

Nors šalutiniai ir trečios eilės konstrukcijos nėra pritaikytos atlaikyti didelius svorius, jie turi kelias ne mažiau svarbias funkcijas. Šios konstrukcijos atlieka pagrindinį vaidmenį seisminiame projektavime. Šalutinės ir trečios eilės konstrukcijos suprojektuotos taip, kad pagrindinė konstrukcija atlaikytų smarkius žemės drebėjimus ir išliktų tampri, o pačios drebėjimo metu sutruktų. Projekto testavimui buvo sukurtas kompiuterinis stadiono modelis ir imituotas žemės drebėjimas.

Šalutinė ir trečios eilės konstrukcija yra stogo membranos atraminė konstrukcija. Membrana susideda iš dviejų sluoksnių. Išorinis membranos sluoksnis buvo sukurtas naudojant 884 atskiras ETFE (etileno tetrafluoretilenas - specialus plastikas) plokštes, dengiančias 38500 kvadratiųjų metrų paviršių. Išorinis sluoksnis dengia visas tribūnas ir apsaugo jas nuo kritulių, vėjo ir saulės ultravioletinių spindulių. Neuždengtu lieka tik stadiono žaidimo laukas, tokiu būdu išlaikytas natūralus stadiono vėdinimas. Vidinis konstrukcijų sluoksnis - PTFE politetrafluoretilenas (sintetinis fluoro polimeras). Šis sluoksnis susideda iš 1044 plokščių ir užima 53000 kvadratiųjų metrų plotą, kurio svarbiausi tikslai yra pagerinti akustiką stadione ir tarnauti atrama įrangai plieninio rėmo viduje. Ši ypatinga membrana taip pat gerina apšvietimą stadiono viduje: efektyviai mažina ryškią šviesą ir šešėlius, varžybų aplinkai suteikdama didesnę komfortą.

Žiūrovų tribūnų ir stadiono pagalbinių patalpų konstrukcija suprojektuota per 7 aukštus virš žemės ir 2,5 aukšto po žeme. Šios konstrukcijos gelžbetoninės su sienų ir diafragmų sistema, deformacinės siūlės dalina šią konstrukciją į 6 segmentus.



1.29 pav. Pekino olimpinio stadiono vaizdas statybos metu

2004 metais gegužę, dėl statybos pasaulį sukrėtusios avarijos, buvo sustabdytos stadiono statybos. 30 m ilgio, *Paris Charles de Gaulle* Aerouosto Terminalo konstrukcija, sudaryta iš betono, metalo ir stiklo, staiga sugriuvo ir nusinešė 4 žmonių gyvybes. Ši žinia privertė susimastyti visus stadiono statybų dalyvius ir buvo atlikta papildoma projekto ekspertizė. Ekspertuojant statinio projektą, užsakovo nurodymu, buvo imtasi veiksmų sumažinti statybos kainą. 2004 metų rugpjūtį, buvo atsisakyta transformuojamo stogo ir jis buvo ištrintas iš stadiono projekto.

Siekiant sumažinti stogo elementų skaičių pradiname projekto variante transformuojamo stogo anga buvo suprojektuota nedidelių matmenų. Dabar anga padidinta 30% ir apželdintas žaidimo laukas gauna daugiau tiesioginių saulės spindulių. Be to, žymiai sumažėjo plieno sąnaudos stogo konstrukcijai ir tuo pačiu viso stogo svoris, kuris su transformuojamų stogų svėrė tikrai nemažai. Kadangi padidėjo stogo atviros angos dydis, sutrumpėjo ir santvaros. Dėl šios priežasties sumažėjo santvarų plieninių vamzdžių sienelės storiai, kas padėjo sutaupyti dar šiek tiek plieno. Tokiu būdu stogo plieno sąnaudos sumažėjo 30 procentų, o bendra statinio kaina sumažėjo 10 procentų ir siekia 280 milijonų svarų (~ 423 milijonų JAV dolerių) [6].

1.6. Ukrainos stadionų statybos patirtis

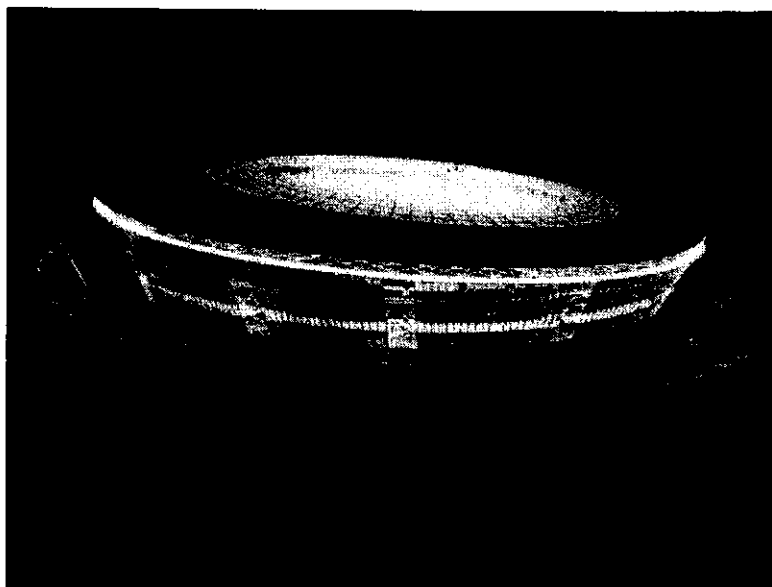
Šiuo metu stadiono tribūnų stogo konstrukcijos ir jos dangos optimalaus varianto parinkimas ir projektavimas yra vieni iš labiausiai analizuojamų. Jie yra projektuojami atsižvelgiant į Tarptautinės Futbolo Organizacijos FIFA ir Tarptautinio olimpinio komiteto, bei regiono, kuriame projektuojamas stadionas, normatyvinės dokumentacijos reikalavimus. Statant naujus ar renovuojant senus stadione ypatingas dėmesys kreipiamas nuodugniai parengtiems stogų analizės

ir projektavimo metodams, bei vėjo apkrovai nustatyti. Žymus postūmis pastebimas kuriant programinę įrangą sudėtingoms konstrukcijoms analizuoti ir projektuoti [10].

Mūsų kaimyninėse šalyse daugėja panašaus tipo konstrukcijų analizių, naujų metodų kūrimas ir jų pritaikymas projektuojant bei statant stadionus. 2005 metais Ukrainos mokslininkai Y. Horokhov, V. Mushchanov, V. Kasimov pasiūlė naują metodą kaip analizuoti ir projektuoti stacionaraus stogo konstrukciją virš stadiono tribūnų [10]. Skaičiavimo metodas buvo pritaikytas Šachtior stadionui (Donbass arena), kurio atidarymas vyko 2009 metų rugpjūtį (Ukraina). Analizuojama stacionari stogo konstrukcija yra teigiamo kreivumo nupjautinis strypinis kevalas. Buvo gauti bedimensiniai erdvinės nepaslankios sistemos parametrai, kurių dėka galima apskaičiuoti konstrukcijos įtempius ir deformacijas veikiant pasirinktoms apkrovoms. Gautais teorinio ir eksperimentinio bandymo rezultatais autoriai sukūrė inžinerinio projektavimo algoritmą erdviniam didelio skerspjūvio stypiniam kevalui skaičiuoti. Šio algoritmo pagalba galima nustatyti konstrukcijos geometrinius parametrus, pagrindinių laikančių elementų standumo parametrus, objekto įtempimo ir deformacijų būvio parametrus. Pasiūlyto metodo patikimumas buvo patikrintas „SCAD 7.27“ programine įranga. Tos pačios metodikos algoritmu buvo projektuojamas rekonstruojamo stadiono „Olimpijskij“ stogas (Ukraina).

Donbas Arena – tai pirmasis stadionas Rytų Europoje, kuris suprojektuotas ir pastatytas pagal UEFA kategorijoje „Elite standartus“ (penkias žvaigžduotes). Stadione telpa 50 tūkst. žiūrovų ir visa statybos kaina kartu su parkų, įrengtų aplink stadioną siekia 400 milijonų JAV dolerių. Stadioną pradėjo statyti 2006 metais ir baigė 2009 metais. Generalinis rangovas – bendrovė iš Turkijos, Enka. Stadioną suprojektavo ArupSport įmonė, kuri suprojektavo tokius išpūdingus stadionus kaip, City of Manchester Stadium (Manchester, Anglija, Didžioji Britanija), Allianz Arena (Miunchenas, Vokietija) ir Beijing National Stadium (Pekinas, Kinija).

Neįprastas architektūrinis sprendimas sukuria skraidančios lėkštės išpūdį. Pagrindinis šio stadiono bruožas yra jo apvali geometrija bei visiškai ištiklintas fasadas. Stadiono stogas yra pakreiptas iš šiaurės į pietus, atkartodamas kraštovaizdžio landšafto šlaitą ir didindamas natūralų stadiono lauko apšvietimą bei vėdinimą (1.30 pav.).



1.30 pav. Bendras vaizdas Donbass arenos, Doneckas, Ukraina



1.31 pav. Donbass arenos vaizdas statybos metu

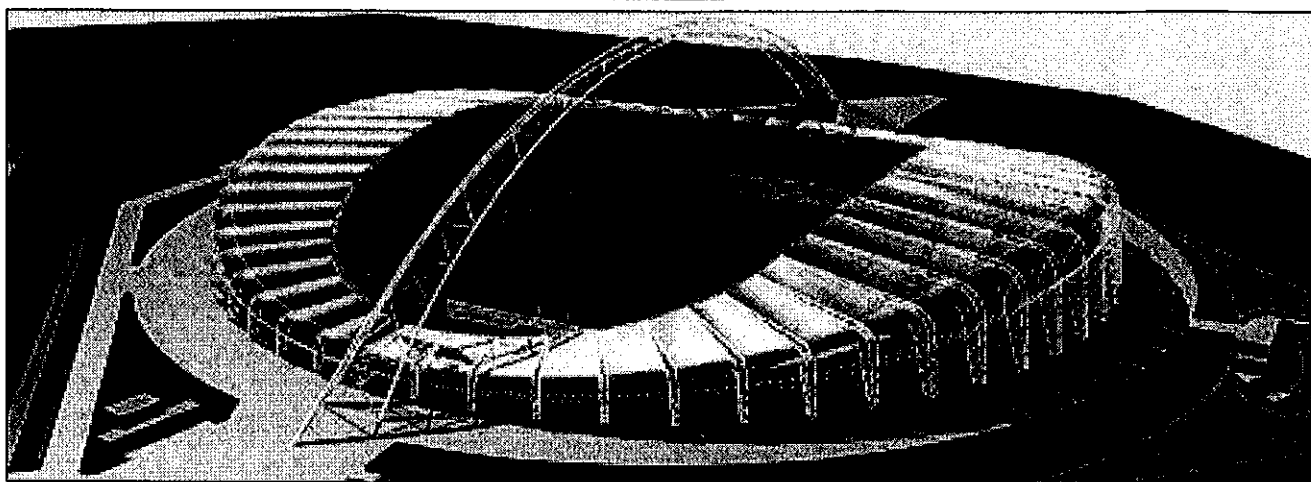
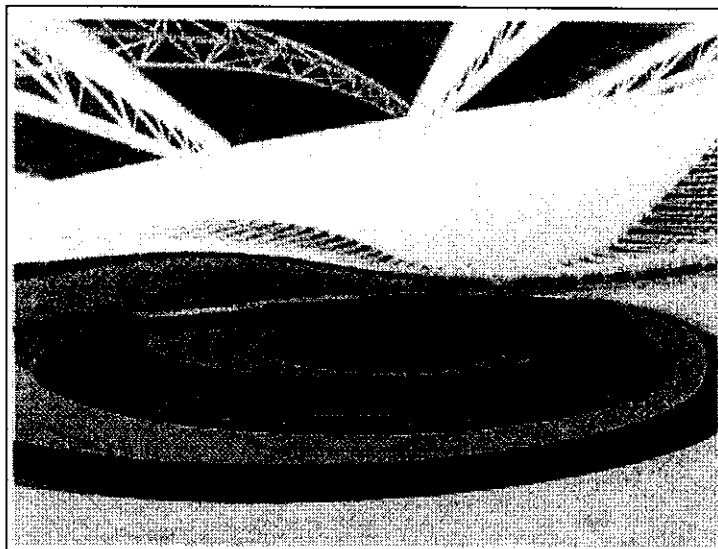
1.7. Lietuvos stadionų statybos patirtis

Atsižvelgiant į Jungtinių Tautų nuostatą, sportas – tai priemonė švietimui ir sveikatai gerinti, plėtrai ir taikai skatinti bei ES valstybių narių pripažintą ypač svarbų ne tik socialinį, bet ir ekonominį sporto vaidmenį. Mūsų šalies futbolo rinktinė ir futbolo klubai dalyvauja oficialiose varžybose, tad savo šalyje turi turėti visus tarptautinius standartus atitinkantį stadioną. Jau ne vienerius metus brandinama idėja Lietuvos sostinėje pastatyti šiuolaikišką futbolo stadioną. Realiausiu kandidatų ilgą laiką laikytas Vilniaus Šeškinės mikrorajone dar sovietmečiu pradėtas statyti futbolo stadionas, neretai ironiškai įvardijamas „amžinąja statyba“. Kelerius metus specialistai bei valdžios institucijos diskutavo, ką daryti su įdėtomis prieš daugelį metų investicijomis ir ar Šeškinės kalnas yra tinkamiausia vieta tokio masto sumanymui [7].

2008 metų vasario 4 d. iškilmingu kapsulės įkasimu pažymėta oficiali Lietuvos Nacionalinio stadiono statybų pradžia. Nacionalinis stadionas projektuojamas universalios paskirties. Čia vyks lengvosios atletikos ir futbolo aukšto rango varžybos, kiti sportiniai ir kultūriniai renginiai, dainų ir šokių šventės, koncertai ir kt. Statinio pagrindiniai rodikliai: stacionarus žiūrovų vietų skaičius tribūnose – 25 tūkst., be to papildomų vietų – 5 tūkst. Koncertinių – kultūrinių renginių metu iki – 37 tūkst. Bendras patalpų plotas po tribūnomis – 22000 m². Bendras automobilių stovėjimo vietų skaičius ~ 2300. Planuojant patalpas vadovautasi konsultacinių kompanijų *Stadium consultants Internationale, Inc.* (Toronte (Kanada) įsikūrusi tarptautinė architektų kompanija, sporto ir pramogų kompleksų kūrėja) ir *HPP Hentrich-Petschnigg & Partner* (Vokietija) rekomendacijomis. Stadiono projektas parengtas panaudojant paskutinių metų pastatytų stadionų Europoje projektavimo ir eksploatacijos patirtį (Šveicarija, Vokietija, Anglija ir kt.).

Pagrindinė nuostata rengiant projektą – maksimaliai panaudoti 1988 m. pradėto statyti Šeškinės stadiono konstruktyvinius elementus, nekeičiant statinio t.y. tribūnų, suprojektuotų pagal klasikinę matomumo formulę, geometrinių parametrų. Visa kita po tribūnomis patalpų programa buvo suformuota naujai. Nauja tribūnų denginio su arka, išorės sistemų konstrukcija ir architektūrinė išraiška. Į tribūnas žiūrovai patenka iš pėsčiųjų paskirstymo tako juosiančio stadioną. Išnaudojant teritorijos reljefo perkritimą (5,5 m) vakarinė šio tako pusė projektuojama ant platformos. Po ja įrengiami atskiri parkingai, privažiavimai ir įėjimai skirti vyriausybei, VIP klubai ir ložėms, sportininkams, administracijai ir stadiono ūkinio aptarnavimo sektoriui. Patalpos reikalingos lengvosios atletikos ir futbolo aukštos kategorijos varžybas rengti dislokuotos po vakarine tribūna 6 lygiuose:

1. ± 0.00 lygyje suplanuotas universalios panaudojimo treniruočių salių blokas su pagalbinėmis. Varžybas ir jų dalyvius aptarnaujančių tarnybų patalpos.
2. ± 3.60 altitudėje privažiavimų – įėjimų lygyje paskirstymas į atskirus funkcinis sektorius.
3. ± 7.50 lygyje žiūrovų patekimai į tribūnas ir juos aptarnaujančias patalpas (analogiškas sprendimas ir rytinėje tribūnoje). Rytinėje tribūnoje sportinių šokių ir aerobikos treniruočių salės.
4. ± 12.00 lygyje planuojamas VIP – klubas restoranas turintis ryšį su VIP tribūnomis.
5. ± 16.50 lygyje numatytos VIP ložės su tribūnomis.
6. ± 19.50 įrengiamas televizijos transliacijų ir komentatorių kabinų sektorius. Numatyta galimybė patalpas įrenginėti etapais (I etape stadiono funkcionavimo minimumo). Stadiono tribūnas projektuojama uždengti plieninių ažūrinių gėmių palaikoma stogo konstrukcija. Išilgai stadiono arenos numatyta plieninių ažūrinių konstrukcijų arka, kuri yra ne tik nacionalinio stadiono simbolis puošiantis Šeškinės kalvas (1.32 pav.). (Beje, arka buvo planuojama ir 1988 m projekto variante). Be simbolinės – meninės reikšmės, arka atlieka daug techninių funkcijų:



1.32 pav. Nacionalinio stadiono Vilniuje (Lietuva) modelis. Statinio konstrukcijų bendras vaizdas

- a) padės stabilizuoti stogo konstrukciją ir perimti sniego ir vėjo apkrovą;
- b) arkoje sumontuota apšvietimo sistema įgalins puikiai apšviesti aikštę ir bėgimo takus;
- c) TV transliacijų metu nuo arkos galima demonstruoti labai informatyvius vaizdus iš viršaus;
- d) ši arkos konstrukcija, esant blogam orui sudaro galimybes uždengti tentu stadiono aikštę;
- e) prie arkos planuojama pritvirtinti informacines švieslentes;
- f) sukuriamos sąlygos masinių renginių metu ją naudoti erdviniams efektams ir iliuminacijoms [8].

Sporto komplekso statybą numatyta vykdyti Vilniuje prie Ukmergės ir Ozo gatvių sankryžos, greta prekybos ir laisvalaikio centro „Akropolis“. Projekto užsakovas yra Vilniaus miesto savivaldybė. Projektuojamas kompleksas bus statomas etapais. Pradinio etapo apimtyje numatyti du pagrindiniai statiniai:

- pagrindinės sporto ir pramogų arenos statinys (01);
- pėsčiųjų estakada (02).

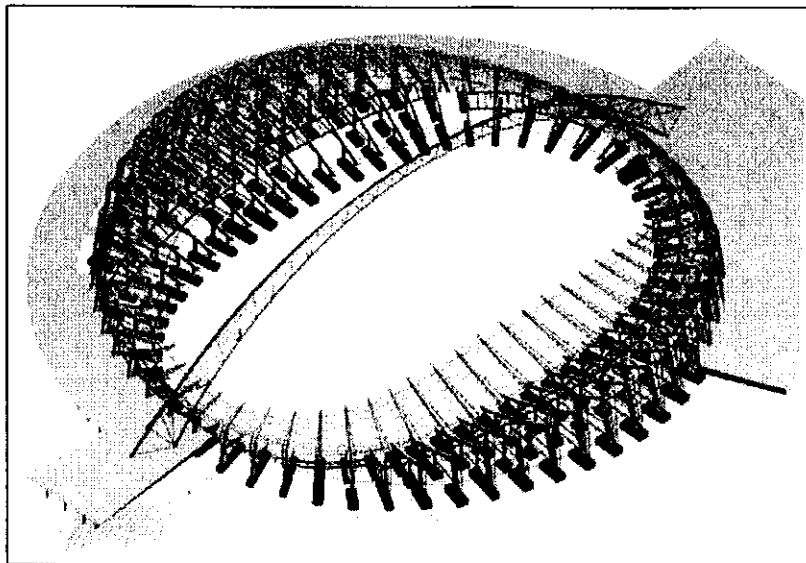
Trečiuoju statybos etapu planuojama statyti sporto maniežą ir apšilimo aikšteles.

Pagrindinės arenos statinio (01) gelžbetoninės dalies parametrai yra tokie:

- forma – skritulys išorėje ir elipsė viduje;
- matmenys – išorės skersmuo apie 220 m;
- ašių sistema – radialinė (spindulinė);
- ašių skaičius – 56 pagrindinės ašys;
- gelžbetonio deformacinių blokų skaičius 16 vnt.;
- aukštis nuo nulinės altitudės – 24,3 m (išorės kontūro kolonos viršus);
- aukštis nuo nulinės altitudės – 22,3 m (arenos tribūnų viršus);
- siauriausias rėmas – 13,5 m;
- plačiausias rėmas – 47,4 m;
- pamatai – seklieji po arenos rėmais ir poliniai po arenos arka;
- rėmų konstrukcijos – gelžbetoninės monolitinės;
- perdangų konstrukcijos – gelžbetoninės surenkamos;
- tribūnų konstrukcijos – gelžbetoninės surenkamos;
- tribūnų danga – natūralus betonas su spalvos RAL 7045 „TeleGrey“ priedais.

Pagrindinės sporto ir pramogų arenos statinio (01) visas antžemines laikančiąsias konstrukcijas pagal išdėstymą erdvėje formaliai galima suskirstyti į tris pagrindines grupes: horizontalioji (tribūnų gelžbetoniniai rėmai su plieno konstrukcijų stogo disku), vertikalioji (plieno konstrukcijų arka), jungiamoji (lynai). Kiekviena šių dalių gali būti nagrinėjama kaip savarankiška, tačiau visumoje jos papildo viena kita (1.33 pav.).

Sporto ir pramogų pagrindinės arenos statinio (01) gembiniai plieniniai rėmai prijungti prie gelžbetoninių skersinių rėmų, kurių dalis buvo įrengta 1988 m. ir bus eksploatuojama naujos statinio konstrukcijos sudėtyje. Tarp skersinių gelžbetonio rėmų ir kartu prijungtų plieninių rėmų kolonų įrengiamos deformacinės siūlės 20-30 metrų žingsniu. Veikiant temperatūrinėmis apkrovomis žemesnioji konstrukcijos dalis nebus reikšmingai įtempta. Plieninio stogelio konstrukcija sudaryta iš radialine stadiono ašių kryptimi orientuotų gėmbių bei erdvinių ryšių sistemos, kuri užaklinama vidiniu ir išoriniu kontūrais. Šie ryšinių konstrukcinių elementų kontūrai tolygiai paskirsto tiek horizontalias, tiek (iš dalies) vertikalias jėgas, nes stogo gėmbinių rėmų altitudės nevienodos, t.y. denginys išdėstytas ne vienoje plokštumoje.

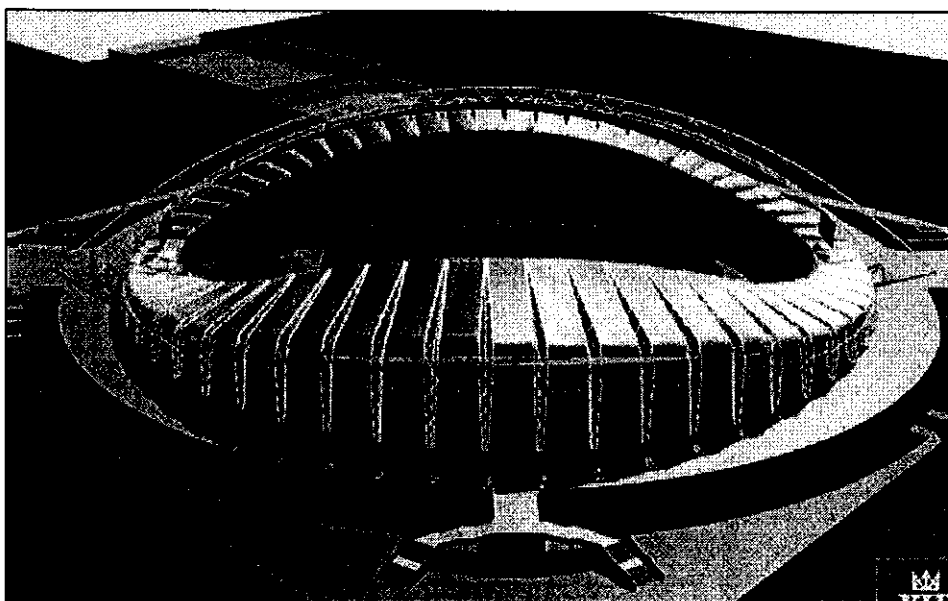


1.33 pav. Nacionalinio stadiono Vilniuje (Lietuva) laikančių konstrukcijų erdvinis modelis

Atsižvelgiant į temperatūros pokyčių skaičiavimus, efektyviai išnaudojama ryšių sistema horizontalioms jėgoms paskirstyti, o skersiniai gembiniai rėmai – vertikaloms jėgoms perimti.

Plieniniai spragoti rėmai virš tribūnų efektyviai perima, paskirsto ir perduoda žemesnėms konstrukcijoms gembinio stogo apkrovas. Jie technologiškai bei estetiškai gerokai pranašesni už analogišką sprendinį iš gelžbetonio.

Sporto ir pramogų pagrindinės arenos statinio plieninė arka skirta papildyti plieninio stogo virš tribūnų konstrukcijas ir stabilizuoti stogo darbą esant reikšmingoms sniego apkrovoms. Svarbiausioji arkos funkcija – laikyti plieninius lynus ant kurių numatyta užtraukti tentą visu ilgiu arba 50% (1.34 pav.).



1.34 pav. Nacionalinio stadiono Vilniuje (Lietuva) modelio vakarinio fasado, arkos ir estakados vaizdas

Sporto ir pramogų pagrindinės arenos statinio lynai yra jungiamoji konstrukcijų dalis, kuri stabilizuoja stogo mechaninį darbą, veikiant reikšmingoms vertikalioms apkrovoms, bei arkos – veikiant horizontalioms. Lynų pagrindinė funkcinė paskirtis – laikyti užtrauktą visu plotu arba puse lynų ilgio tentą. Tiek lynų, tiek tento konstrukcija labai priklauso nuo gamintojų, nes šiuo atveju eksploataciniai reikalavimai, medžiagos, taikomi mechanizmai, montavimo sąlygos ir kt. ypatumai diktuoja esminių konstrukcinių sprendinių parinkimą [9].

Apibendrinus aukščiau pateiktą medžiagą galima teigti, kad stadiono išskirtinumą lemia jo stogas, kurio laikančios konstrukcijos dažniausiai priklauso nuo kuriamos architektūrinės išraiškos. Stogų geometrija kuriama priklausomai nuo to, ar stogas dengia visą stadioną, ar tik jo dalį (1.1 lentelė). Nuo stogų geometrijos ir laikančių konstrukcijų varianto priklauso statybos technologiniai ir organizaciniai procesai kurie stipriai įtakoja objekto statybos kainą.

Šio darbo tikslas yra parinkti optimalų Nacionalinio Lietuvos stadiono stogo statybos projektą, objektą vertinant technologiniais, ekonominiais ir organizaciniais rodikliais. Statinių statybos palyginamieji rodikliai apskaičiuoti statinių analogų pagrindu remiantis statybos techniniais reglamentais, normatyvais bei rekomendacijomis.

1.1 lentelė. Stadionų stogų laikančių konstrukcijų pavyzdžių suvestinė renkant technologinius ir organizacinius statybos procesus.

Stadionų stogų laikančių konstrukcijų pavyzdžių suvestinė renkant technologinius ir organizacinius statybos procesus	
Pilnai dengtas stadionas	1. Plieninis kupolas, susidedantis iš arkų-santvarų ir ryšių sistemos (Louisiana Superdome, JAV); 2. Gelžbetoninis gaubtas montuojamas iš atskirų segmentų, pagamintų gamyklos klojiniuose (King County Dome, JAV); 3. Pneumatinių stogų konstrukcija – pripučiama stogo dangos medžiaga formuojama ir suvaržoma plieniniais lynais (Silverdome, JAV);
Dalinai dengtas stadionas	4. Eilė sukabintų tarpusavyje plieninių portalinių rėmų sistema, suvaržoma šalutinėmis plieninėmis konstrukcijomis (Bird's Nest, Kinija); 5. Vantinių tinklų konstrukcija, stabilizuojama plieno lynais ir pilonais (Olimpinis Miuncheno stadionas, Vokietija); 6. Gelžbetoniniai konsoliniai rėmai - su išgaubtomis rėmsijėmis ir kolonomis, montuojami gamykloje pagamintais blokais ir jungiami epoksidiniais kljais ir įtempta armatūra (Parc Des Princes, Prancūzija); 7. Lanko formos santvaros juosia stadiono tribūnas išorėje ir virš jų, ir yra atraminė sistema pakabinamo ant lynų stogo su kontraforsu (TEDA stadionas, Kinija);
Pilnai dengtas stadionas su transformuojama dalimi virš žaidimo lauko	8. Gelžbetoniniai konsoliniai išgaubti rėmai ir plieninių lynų sistema transformuojamai stogo dalies konstrukcijai, reikalaujanti dideliame aukštyje išdėstytos atramos (bokšto) (Monrealio Olimpinis stadionas, Kanada); 9. Plieniniai konsoliniai santvariniai rėmai ir plieninių lynų sistema transformuojamai stogo dalies konstrukcijai, reikalaujanti dideliame aukštyje išdėstytos atramos (arkos) (Nacionalinis Lietuvos vardo tūkstantmečio stadionas, Lietuva);

2. Daugiatikslių metodų apžvalga ir daugiatikslio metodo taikymas statybos organizaciniam ir technologiniam sprendimams įvertinti

2.1. Šiuolaikiniai sprendimo priėmimo metodai

Tinkamiausias būdas sprendimams priimti yra vienas iš aktualiausių uždavinių šiuolaikinėje aplinkoje. Mokslininkai visame pasaulyje bando sukurti „idealų“ sprendimų priėmimo metodą, leidžiantį surasti racionalų, realiai pritaikomą sprendimą [11].

Daugiatikslių alternatyvų įvertinimo metodų klasifikacija. Alternatyvos yra daugiatikslės, tai yra aprašomos turinčių skirtingas dimensijas efektyvumo rodiklių vektoriumi. Daugiatikslio vertinimo metodo parinkimas priklauso nuo pradinės informacijos:

1. Metodai, kuriuos taikant nereikalinga jokia papildoma informacija (maksiminas, maksimumas, dominavimo metodai ir kt.).
2. Metodai, reikalaujantys informacijos apie rodiklius, charakterizuojančius lyginamas alternatyvas:
 - metodai, kuriuose vartojama skaitinio charakterio informacija (SAW – adityvinio reikšmingumo nustatymo metodas, ELECTRE metodas);
 - metodai, kuriuos taikant užtenka kokybinės informacijos;
 - metodai, reikalaujantys žinoti ribines rodiklių pakeitimo normas.
3. Metodai, reikalaujantys informacijos apie alternatyvas:
 - metodai, kuriuose vartojama informacija apie porinius alternatyvų palyginimus (LINMAP, SAW);
 - metodai, kuriuose vartojama informacija apie porinio artumo eiliškumą (TOPSIS)

Remiantis aukščiau paminėta klasifikacija, pateikiamas keletas daugiatikslio vertinimo metodų [11]:

- analitinis hierarchinis procesas (AHP) (sukūrė amerikiečių mokslininkas T. Saaty [12]);
- ELECTRE-ELECTRE III, ELECTRE IV (sukūrė prancūzų profesorius Bernard Roy 1968 metais [12]);
- TOPSIS (sukūrė Hwang ir Yoon 1981 metais [13]);
- VICOR (Opricovic, Tzeng, 2004);
- COPRAS (angl.-Complex Proportional Assesment) (sukūrė Vilniaus Gedimino Technikos universiteto mokslininkai Zavadskas ir Kaklauskas 1996 metais);
- PROMETHHE (sukūrė Brans ir Vincke 1984 metais);
- SAW (sukūrė MacCrimmon 1968 metais);
- LINMAP (sukūrė Srinivasan ir Shocker 1973 metais [14]);
- ir kt.

Pagrindinės daugiatiskslio sprendimų priėmimo metodo pakopos yra šios:

- bendrosios informacijos apie analizuojamus variantus nustatymas ir pateikimas;
- tikslų nustatymas;
- alternatyvų nustatymas;
- rodiklių sistemos sudarymas, jų aprašas;
- rodiklių mato vienetų nustatymas;
- rodiklių reikšmių apskaičiavimas;
- daugiatiskslio metodo taikymas;
- racionalaus varianto parinkimas.

Dauguma daugiatiskslių metodų reikalauja apibrėžti kiekybinius rodiklių reikšmingumus siekiant vertinti įvairių rodiklių svarbą.

Mokslinėje literatūroje teigiama, jog nėra vieno vienintelio metodo visoms problemoms išspręsti. Daugiatiskslio metodo parinkimas priklauso nuo jo nagrinėjamos problemos informacijos, t.y. daugiatiskslio metodo klasifikacija padeda parinkti tinkamą metodą. Daugiatiskslių metodų klasifikacija padeda spręsti problemą, kaip parinkti tinkamiausią metodą konkrečiam uždaviniui.

Statybos organizaciniai ir technologiniai sprendiniai priklauso nuo daugelio kintamų veiksnių. Siekiant pagerinti (pabloginti) atskirus organizacinių ir technologinių sprendinių rodiklius, keičiasi ir likusių sprendimų racionalumas bei suinteresuotų grupių tikslų patenkinimo lygis. Todėl būtina tiksliai įvertinti ir paskaičiuoti visų pokyčių įtaką galutiniam vertinimo rezultatui. Pagal aukščiau minėtus daugiatiskslių metodų klasifikacijos požymius siūloma taikyti daugiatiskslio kompleksinio proporcingumo vertinimo metodą (COPRAS). Daugiatiskslio kompleksinio proporcingumo vertinimo metodą (COPRAS) sukūrė Vilniaus Gedimino Technikos universiteto mokslininkai Zavadskas ir Kaklauskas 1996 m. Šis metodas sukurtas skirtingiems tikslams suderinti ir variantų prioritetų eilei sudaryti. Šiuo metodų nagrinėjamų variantų prioretiškumas ir reikšmingumas tiesiogiai ir proporcingai priklauso nuo alternatyvas adekvačiai apibūdinančių rodiklių sistemos, rodiklių reikšmių ir reikšmingumų dydžių. Rodiklių reikšmės yra nustatomos, o rodiklių reikšmių reikšmingumus apskaičiuoja ekspertai. Šis metodas leidžia sudaryti variantų prioritetų eilutę ir nustatyti procentinę išraišką rodančią kiekvienas variantas yra geresnis už kitus.

Nors daugiatiskslių sprendimų priėmimo metodai jau seniai ir plačiai yra naudojami problemoms spręsti, pats daugiatiskslių sprendimų priėmimo metodas atsirado palyginti visai neseniai - maždaug prieš 30 metų. Daugiatiskslio sprendimų priėmimo metodo raida yra glaudžiai susijusi su kompiuterinės technologijos pažanga. Viena vertus, spartus kompiuterinės technologijos vystymasis pastaraisiais metais leido atlikti kompleksinę daugiatiskslių sprendimų priėmimo problemų analizę. Kita vertus, platus kompiuterių ir informacinių technologijų taikymas sukūrė

didžiulį informacijos kiekį, kuria naudojantis daugiatikslių sprendimų priėmimas tampa vis svarbesnis ir naudingesnis įrankis priimant sprendimus įvairiuose srityse [11].

2.2. Rodiklių reikšmingumų nustatymo metodai

Rodiklių reikšmių ir reikšmingumų nustatymo metodus galima suskirstyti į dvi grupes:

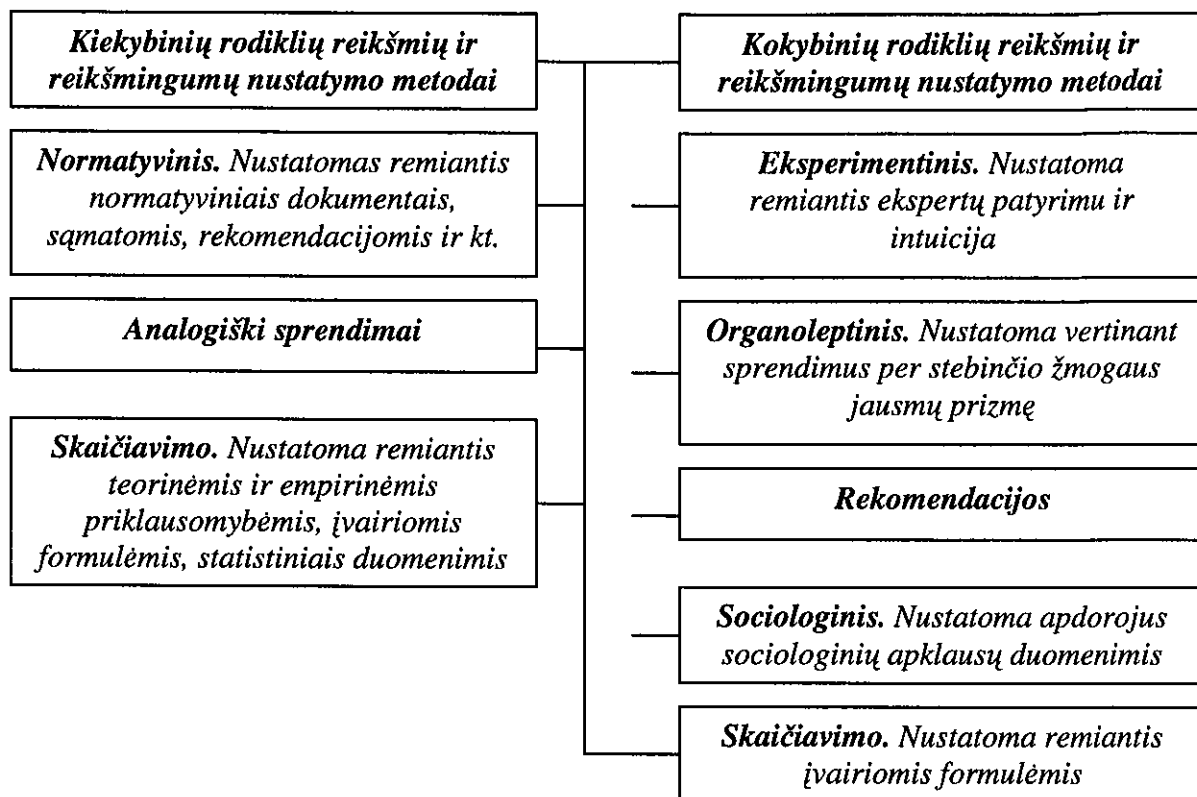
- metodai, kuriuos taikant rodiklius galima išreikšti piniginiai vienetais. Tokie rodikliai vadinami kiekybiniais;
- metodai, kuriuos taikant rodiklių negalima išreikšti piniginių vienetais. Tokie rodikliai vadinami kokybiniais.

Normatyvinių metodų rodiklių reikšmės ir reikšmingumais nustatomi remiantis normatyviniais dokumentais, sąmatomis, rekomendacijomis ir kt. Skaičiavimo metodu norimi dydžiai nustatomi naudojant empirines ir teorines priklausomybes, statistinius duomenis, įvairias formules. Analogijos metodas taikomas tada, kai tiriamas objektas (jo kai kurių rodiklių reikšmės ir reikšmingumas dar nėra žinomas) lyginamas su analogu, parinktu pagal tam tikrus keliamus reikalavimus. Išnagrinėjus analogijos požymius, nustatomi perskaičiavimo koeficientai. Visas reikalingas etalono rodiklių reikšmės ir reikšmingumą padauginus iš šių perskaičiavimo koeficientų, gaunamos trūkstamos tiriamo objekto rodiklių reikšmės ir reikšmingumas.

Kokybinių rodiklių reikšmės ir reikšmingumas dažniausiai nustatomas ekspertiniu, organoleptiniu, rekomendaciniu, sociologiniu, skaičiavimo ir analogijos metodais (2.1 pav.).

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

- išrenkamas konkretaus rodiklio geriausia reikšmė;
- nagrinėjamo rodiklio geriausiai reikšmei suteikiama reikšmė, lygi 10 balų (100%);
- nustatomas santykis tarp geriausios rodiklio reikšmės ir visų likusių to paties rodiklio reikšmių;
- likusioms rodiklio reikšmėms suteikiamos santykinės reikšmės.



2.1 pav. Rodiklių reikšmių ir reikšmingumų nustatymo metodai

Panašiai nustatomi ir rodiklių reikšmingumų dydžiai. Konkretaus rodiklio reikšmingumo fizinė prasmė yra ta, kad jis parodo, kiek kartų jo naudingumas objektui kompleksiskai vertinant alternatyvas yra didesnis (mažesnis) už kito rodiklio naudingumą [11].

2.3. Rodiklių reikšmingumo nustatymas, taikant ekspertinius įvertinimo metodus

Naudojamų rodiklių reikšmių neapibrėžtumo klausimams spręsti naudojamas ekspertinis metodas [15]. Ekspertinis metodas pritaikytas, nustatant rodiklių reikšmingumus bei kai kurių rodiklių reikšmes.

Ekspertinio metodo blokinė schema pateikta 2.2 paveiksle. Atlikus ekspertizę, gauti t_{jk} vertinimų rinkiniai apdorojami statistiškai. Šiuo atveju vidutinė kriterijaus įvertinimo reikšmė t_j nustatoma pagal formules:

$$\bar{t}_j = \frac{\sum_{k=1}^r t_{jk}}{r}, \quad (2.1)$$

arba

$$\bar{t}_j = \frac{\sum_{k=1}^r w_k t_{jk}}{\sum_{k=1}^r w_k}, \quad (2.2)$$

čia: t_{jk} – k-tojo eksperto atliktas j rodiklio įvertinimas;

w_k – k-tojo eksperto autoriteto koeficientas;

r - ekspertų skaičius.

Ekspertizės patikimumą galima išreikšti ekspertų nuomonių konkordacijos koeficientu, apibūdinančiu individualių nuomonių sutapimo laipsnį:

$$W = \frac{12S}{r^2(n^3 - n)}, \quad (2.3)$$

čia: S – kiekvieno rodiklio įvertinimo rezultatų nukrypimo kvadratų suma:

$$S = \sum_{j=1}^n \left[\sum_{k=1}^r t_{jk} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r t_{jk} \right]^2, \quad (2.4)$$

čia: t_{jk} – k-tojo eksperto j rodikliui priskiriamas įvertinimas;

r - ekspertų skaičius;

n – įvertinamų rodiklių skaičius.

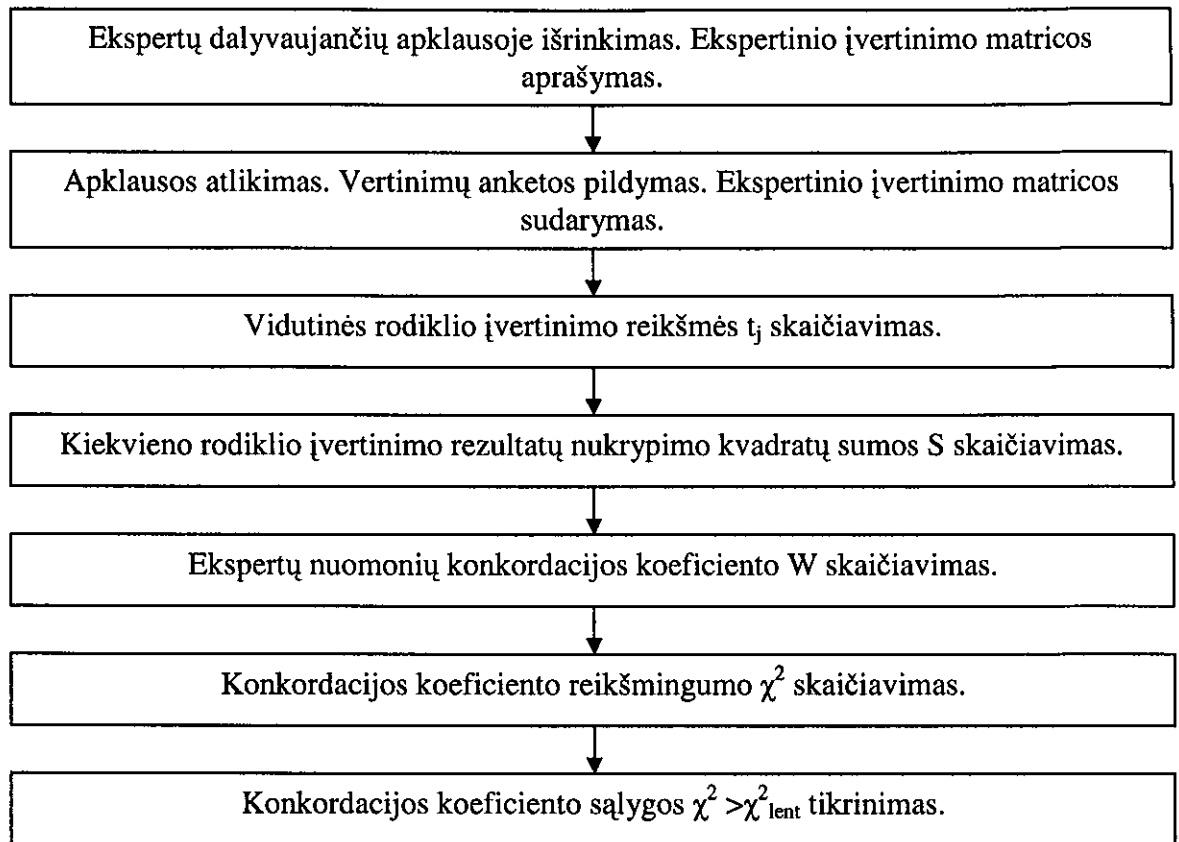
Konkordacijos koeficientas lygus vienam, jei visos ekspertų ranžiruotės vienodos, lygus nuliui - jei visos ranžiruotės skirtingos, t.y. visiškai nesutampa.

Konkordacijos koeficientas yra atsitiktinis dydis. Norint nustatyti konkordacijos koeficiento įvertinimo reikšmingumą, reikia žinoti dažnių pasiskirstymą, esant įvairioms r ekspertų ir n lyginamųjų variantų reikšmėms.

Konkordacijos koeficiento reikšmingumas nustatomas pagal formulę:

$$\chi^2 = \frac{12S}{rn(n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^r T_k}. \quad (2.5)$$

Jei remiantis šia formule apskaičiuotas χ^2 reikšmė didesnė nei χ^2_{lent} pagal lentelę, priklausanti nuo laisvės laipsnių skaičiaus bei priimto reikšmingumo lygio, ekspertų suderintų ranžiruočių hipotezė priimama. Antraip, jei $\chi^2 < \chi^2_{\text{lent}}$, manoma, kad ekspertų nuomonės nesuderintos ir iš esmės skiriasi. Toliau patiekama šio metodo blokinė schema:



2.2 pav. Rodiklio reikšmingumo nustatymo, ekspertinio įvertinimo metodo blokinė schema

2.5. Projektų daugiatislio kompleksinio proporcingumo įvertinimo metodas

Tikslų nustatymo, projektavimo ir statybos procesai bei dėl to gauta galutinė statybos produkcija ir toliau vykstantis eksploatavimo procesas sudaro vieną visumą. Gerinant (bloginant) atskirus projekto sprendimus (procesus), keičiasi ir likusių sprendimų (procesų) racionalumas bei suinteresuotų grupių tikslų patenkinimo lygis. Todėl būtina tiksliai įvertinti ir apskaičiuoti visų pokyčių įtaką galutiniam vertinimo rezultatui. Tuo tikslų ir taikomas projektų daugiatislio kompleksinio proporcingo įvertinimo metodas [16].

Nagrinėjamų alternatyvų prioritetiškumas ir reikšmingumas skaičiuojami keturiais etapais.

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

$$d_{ij} = \frac{x_{ij} \cdot q_i}{\sum_{j=1}^n x_{ij}}, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}, \quad (2.6)$$

čia x_{ij} - i rodiklio reikšmė j sprendimo variantu; m - rodiklių skaičius; n - lyginamų variantų skaičius; q_i - i rodiklio reikšmingumas.

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

$$q_i = \sum_{j=1}^n d_{ij}, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}. \quad (2.7)$$

Tokiu būdu, nagrinėjamo rodiklio reikšmingumo q_i reikšmė proporcingai paskirstoma visiems alternatyviems variantams a_j , atsižvelgiant į jų reikšmes x_{ij} .

Antras etapas. Apskaičiuojamos j variantą apibūdinančių minimizuojančių (jų mažesnė reikšmė yra geresnė, pavyzdžiui, pastato kaina, sklypo kaina) S_{-j} ir maksimizuojančių (jų didesnė reikšmė yra geresnė, pavyzdžiui, pastato komfortiškumas, estetika) S_{+j} įvertintų normalizuotų rodiklių sumos. Jos apskaičiuojamos pagal formulę:

$$S_{+j} = \sum_{i=1}^m d_{+ij}; S_{-j} = \sum_{i=1}^m d_{-ij} \quad i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}. \quad (2.8)$$

Šiuo atveju S_{+j} (juo didesnis šis dydis (projekto "pliusai"), tuo daugiau įgyvendintų suinteresuotų grupių tikslų) ir S_{-j} (juo mažesnis šis dydis (projekto "minusai"), tuo labiau pasiekti suinteresuotų grupių tikslai) dydžiai išreiškia kiekvieno alternatyvaus projekto suinteresuotų grupių pasiektų tikslų laipsnį.

Bet kuriuo atveju visų alternatyvių projektų "pliusų" S_{+j} ir "minusų" S_{-j} sumos visada yra atitinkamai lygios visoms maksimizuojančių ir minimizuojančių rodiklių reikšmingumų sumoms:

$$\begin{aligned} S_{+j} &= \sum_{j=1}^n S_{+j} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{+ij}, \\ S_{-j} &= \sum_{j=1}^n S_{-j} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{-ij} \quad i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}. \end{aligned} \quad (2.9)$$

Taip dar kartą galima patikrinti atliktų skaičiavimų teisingumą.

Trečias etapas. Lyginamų variantų santykinis reikšmingumas (efektyvumas) nustatomas remiantis juos apibūdinančiomis teigiamomis (projekto "pliusais") S_{+j} ir neigiamomis (projekto "minusais") S_{-j} savybėmis.

Kiekvieno projekto a_j santykinis reikšmingumas Q_j nustatomas pagal formulę:

$$Q_j = S_{+j} + \frac{S_{-\min} \cdot \sum_{j=1}^n S_{-j}}{S_{-j} \cdot \sum_{j=1}^n \frac{S_{-\min}}{S_{-j}}}, j = \overline{1, n}. \quad (2.10)$$

Ketvirtas etapas. Nustatomas projektų prioritetiškumas. Juo didesnis Q_j , tuo didesnis projekto efektyvumas (prioritetiškumas).

Išanalizavus anksčiau pateiktą metodą galima padaryti išvadą, kad juo remiantis gana paprasta įvertinti, po to ir išrinkti racionaliausius projektus, aiškiai matant šio proceso fizinę prasmę. Bet to, juo remiantis suformuotas apibendrintas (redukuotas) kriterijus Q_j tiesiogiai ir proporcingai priklauso nuo lyginamų rodiklių reikšmių x_{ij} ir reikšmingumų q_i santykinės įtakos galutiniam rezultatui.

2.1 lentelė. Pastato gyvavimo proceso daugiatislės analizės rezultatai

Kiekybinė informacija, apibūdinanti projektus									
Nagrinėjami rodikliai	*	Reikšmingumas	Matavimo vienetai	Nagrinėjami projektai					
				1	2	...	j	...	n
X 1	ž 1	q 1	m 1	d 11	d 21	...	d 1j	...	d 1n
X 2	ž 2	g 2	m 2	d 21	d 22	...	d 2j	...	d 2n
X 3	ž 3	g 3	m 3	d 31	d 32	...	d 3j	...	d 3n
X 4	...	...	...	...	...	...	...	...	...
X 5	ž i	g i	m i	d i1	d i2	...	d ij	...	d in
X 6	...	...	...	...	...	...	...	...	...
X 7	ž m	g m	m m	d m1	d m2	...	d mj	...	d mn
Maksimizuojamųjų normalizuotų įvertintų rodiklių				S +1	S +2	...	S +j	...	S +n
Minimizuojamųjų normalizuotų įvertintų rodiklių				S -1	S -2	...	S -j	...	S -n
Projekto alternatyvos reikšmė				Q 1	Q 2	...	Q j	...	Q n
Projekto alternatyvos prioritetiškumas				P 1	P 2	...	P j	...	P n

* - Ženklas + (-) parodo, kad atitinkamai didesnė (mažesnė) rodiklio reikšmė labiau atitinka užsakovo reikalavimus.

3. Nacionalinio stadiono stogo statybos technologinio varianto parinkimas

3.1. Lyginamųjų stogo variantų aprašymas

Stadiono stogo statybos sprendimų ekonominis efektyvumas nustatomas lyginant įvairių galimų variantų techninius-ekonominius rodiklius. Tyrimui atlikti bus nagrinėjami keturi stogo statybos variantai: metalinių santvarinių konstrukcijų kupolas; monolitinio gelžbetonio kupolas sumontuotas iš atskirų segmentų; pneumatinis (pripučiamas) stogo kupolas ir metalinių erdviųjų

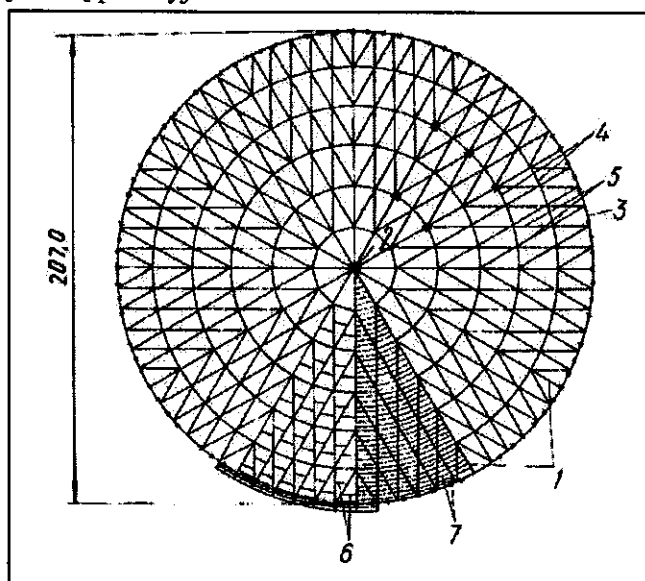
santvarinių rėmų atraminė stogo konstrukcija su transformuojama stogo dalimi virš žaidimo lauko. Variantams palyginti naudojami jau pastatytų statinių patirtis ir duomenys. Žemiau pateikiami detalūs nagrinėjamų stadiono stogo konstrukcinių sprendimų variantų aprašymai.

1 variantas. Stadionas su metaliniu santvariniu stogo kupolu.

Stogo konstrukcijos varianto aprašymas. Viršutinės statinio dalies laikančios konstrukcijos, įskaitant kolonas, tribūnų karkasą ir laikančią stogo paklotą dalį, yra plieniniai, apatiniai trys aukštai – gelžbetoniniai. Stogo paklotą sudaro plieninis kupolas, kurio skersmuo yra 207 metrai (4.1 pav.). Laikančią kupolo dalį sudaro 12 pagrindinių briaunų – arkų, išdėstytų lygiagrečiai radialinėms statinio ašims tarp laikančio ir vidinio žiedų, taip pat šalutinės susikertančios briaunos, išdėstytos tarp pagrindinių briaunų, ir 5 tarpiniai žiedai, išdėstyti tarp laikančio ir vidinio žiedų 17 m atstumu vienas nuo kito. Kupolo aukštis 41,5 m, visas stogo plotas yra 36,3 tūkst. m².

Pagrindinės ir šalutinės santvaros turi vienodą skerspjūvio aukštį (2,7 m) ir montuojamos iš suvirintų blokų. Viršutinė ir apatinė santvarų juostos yra dvitėjinės 356 mm aukščio. Laikantį žiedą sudaro 2,7 m aukščio žiedinė santvara, kurios viršutinė, apatinė juosta ir spyriai yra 365 mm aukščio dvitėjai plačiomis lentynomis. Šis žiedas remiasi ant 96 plieninių dvitėjo skerspjūvio kolonų 356 ir 900 mm aukščio, išdėstytų kas 6,7 m. Žiedų atraminiai mazgai suprojektuoti taip, kad esant temperatūrinėms deformacijoms žiedas galėtų pasislinkti apie 7,5 cm į kiekvieną pusę nuo kolonos ašies.

Plieninių konstrukcijų montavimas buvo atliktas su 37 montažiniais bokštais, kurių aukštis siekė 82 metrus. Montažiniai bokštai ir didelės keliamosios galios bokštiniai kranai buvo išdėstyti projektinėje montuojamų žiedų padėtyje.



4.1 pav. Stadiono stogo metalinio kupolo konstrukcijos planas:

1 – pagrindinės briaunos – arkos; 2 – centrinis žiedas; 3 – atraminis žiedas; 4 – tarpinės žiedinės briaunos; 5 – šalutinės briaunos; 6 – skersiniai ryšiai; 7 – ilginiai

Stogo kupolas suprojektuotas šešioms apkrovų deriniams. Pavojingiausi iš jų buvo nuosavo svorio apkrova ir vėjo apkrova. Kad būtų galima sumažinti vėjo apkrovą, ant kupolo laikančių konstrukcijų suprojektuota pakabinama techninė 37,4 m skersmens aikštelė su įvairia garso, šviesos ir vaizdo įranga, kurios svoris 68 tonos.

2 variantas. Stadionas su gelžbetoniniu monolitiniu stogo kupolu.

Stogo konstrukcijos varianto aprašymas. Šio stadiono denginys suprojektuotas kupolo formos, iš monolitinio gelžbetonio 220 m skersmens, ir siekia 33,5 m aukštį. Kupolo stogo plotas 42,1 tūkst. m².

Kupolo paviršius sumontuotas iš 40 segmentų, kurių kiekvienas yra hiperbolinio paraboloido formos. Vieno segmento plotis kupolo pradžioje siekia 16,2 m. Suprojektuota hiperbolinė forma suteikia gaubtui reikalingą stabilumą ir tvirtumą esant pakankamai nedideliame jo storiui, kuris yra tik 13 cm. Be to, segmentų linijiniai paviršiai supaprastino klojinių gamybą. Tarp segmentų gaubtas yra sustiprintas 1,83 m aukščio arkinėmis briaunomis.

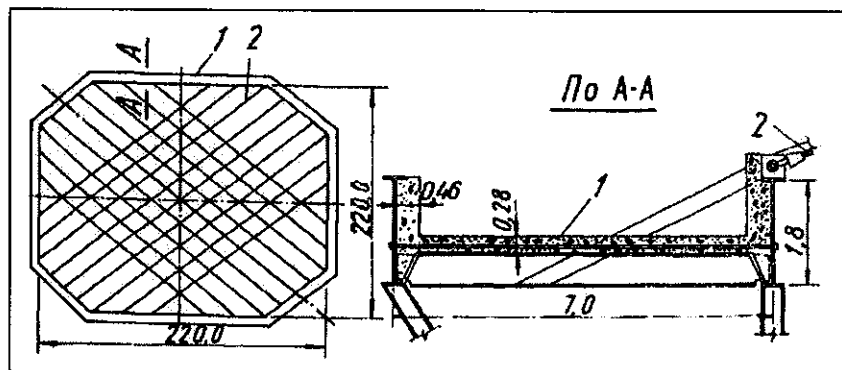
Gaubto gamybai naudojamas betonas, galintis atlaikyti 280 kg/cm² gniuždomąją jėgą. Tokio stiprio betono panaudojimas palengvina pasvirų konstrukcijų betonavimą (35^o).

Kupolas vainikuojamas 7,3 m pločio iš anksto įtempto gelžbetonio žiedine rėmsije, kuri remiama ant 40 gelžbetoninių 4,7 m aukščio kolonų. Kolonos yra dvišakės, kurių skerspjūvio aukštis 1,83 m.

Kupolo segmentų betonavimas atliekamas slankiuosiuose klojimuose. Statybos metu naudojamos keturios tokių klojinių sistemos, kurios bus tvirtinamos prie metalinių erdviųjų santvarų. Santvaros išdėstytos pagal radialines ašis ir statinio viduryje remiamos ant montažinės atramos. Klojinių kėlikliai pritvirtinti ant žiedinės rėmsijos. Vienų metų betonuojami keturi, vienas kitam pusiausviri, segmentai. Betono sąnaudos vienam segmentui siekia 138 m³.

3 variantas. Stadionas su pneumatiniu stogu.

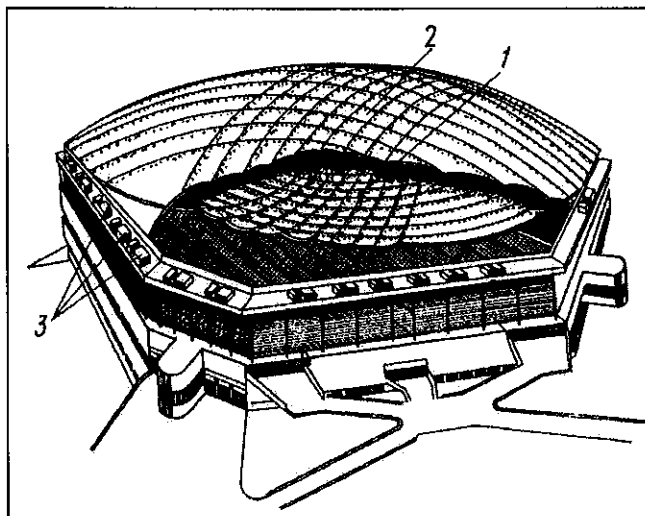
Stogo konstrukcijos varianto aprašymas. Denginio apvalkalas, kurio plotas siekia 48,4 tūkst. m², priklauso pripučiamų stogų kategorijai. Apvalkalo aukštis sudaro 15,2 m.



4.2 pav. Schematinis stogo planas ir atraminio žiedo skersinis pjūvis:

1 – atraminis stogo žiedas, 2 – lynai

Stogo medžiaga yra politetrafluoretilenas (PTFE). Medžiagos storis - 0,8 mm, šviesos laidumas - 14 % ir apvalkalo 1 m² masė tik 1 kg. Stogo danga yra sustiprinta skersiniais plieno lynais 75 mm skersmens, suteikiančiais stogui formą. Iš viso buvo numatyta 18 lynų (po 9 kiekviena kryptimi) 229 m ilgio, 1 tokio lino svoris siekia 7,3 tonų. Vidurinėje stogo dalyje lynai formuoja 13,1x13,1 m matmenų rombus.



4.3 pav. Stadiono stogo dangos montavimo schema:

1 – stogo dangos padėtis prieš pripučiant konstrukciją; 2 – pripučiamos stogo konstrukcijos projektinė padėtis; 3 – oro pūtikliai

Pripučiamos stogo dangos kontūras juosiamas atraminiu gelžbetoniniu žiedu, esančiu 9,7 m aukštyje virš viršutinio tribūnų aukšto. Atraminis žiedo skerspjuvis (4.2 pav.) primena lovio formą, jo plotis siekia 7 m, o aukštis – 1,8 m. Atraminio žiedo sienučių storis - 0,46 m, lentynų - 0,28 m. Žiedo sienučių išoriniai paviršiai yra sustiprinti plieniniais dvitėjo 1,8 m aukščio profiliuočais, kurie yra tarpusavyje sujungti plieninėmis atotampomis. Atraminio žiedo skerspjuvio plotas 3,616 m². Betono sąnaudos atraminiam žiedui siekia 2497,9 m³, betono klasė C25/30.

Stogo pripučiamoji danga yra surinkta iš 100 medžiagos gabalų, kurie atitinka lynais sudalintų akučių formas. Medžiagos gabalų ilgis siekia nuo 35 iki 58 m.

Stogo dangos montavimas, remiantis anksčiau pastatytų analogų patirtimi, planuojamas užbaigti per 4 mėnesius. Pirmiausia, su sraigtasparniu ant atraminio žiedo bus prikabinami plieniniai lynai. Vėliau ant šių lynų bus kabinami medžiagos gabalai, kurie bus tiekiami į montavimo vietą ritiniais bokštiniu kranu. Stogo dangos gabalai prie lynų tvirtinami specialiomis plieninėmis kabėmis. Vėliau, sudarant pastato viduje 175 Pa oro slėgį, pakabintai stogo dangai suteikiama projektinė padėtis (4.3 pav.). Oro pūtikliai atlaiko 17,5 kg/m² stogo konstrukcijos svorio (lynų ir tento). Oro slėgis palaikomas 29 oro pūtikliais, kurie aprūpina pastatą oru 99 tūkst. m³/min.

4 variantas. Stadionas su metaliniu erdviniu santvariniu rėmu atramine stogo konstrukcija ir transformuojama stogo dalimi virš žaidimo lauko.

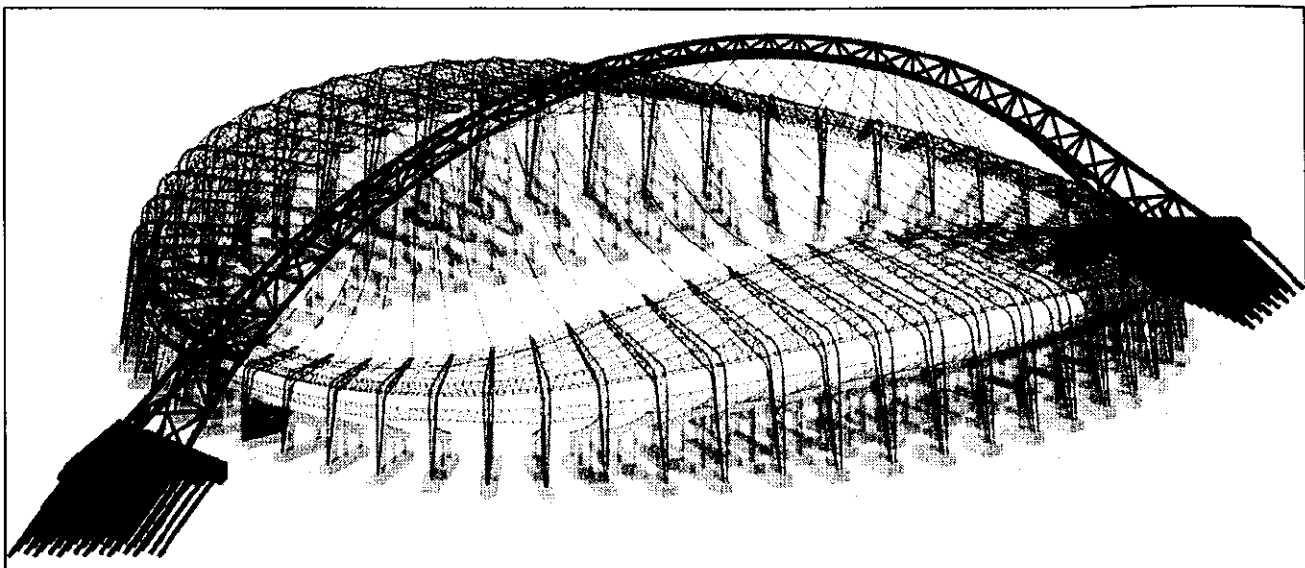
Stogo konstrukcijos varianto aprašymas. Stadiono tribūnas projektuojama uždengti plieninių ažūrinių gembių palaikoma stogo konstrukcija. Išilgai stadiono arenos numatyta plieninių ažūrinių konstrukcijų arka, kuri gali tapti stadiono simboliu.

Sporto ir pramogų pagrindinės arenos statinio gembiniai plieniniai rėmai prijungti prie gelžbetoninių skersinių rėmų. Tarp skersinių gelžbetonio rėmų ir kartu prijungtų plieninių rėmų kolonų įrengiamos deformacinės siūlės kas 20-30 metrų. Tuomet, veikiant temperatūrai žemesnioji konstrukcijos dalis nebus reikšmingai įtempta. Plieninio stogelio konstrukcija susidaro iš radialine stadiono ašių kryptimi orientuotų gembių bei erdvinių ryšių sistemos, kuri užaklinama vidiniu ir išoriniu kontūrais. Šie ryšinių konstrukcinių elementų kontūrai tolygiai paskirsto tiek horizontalias, tiek (iš dalies) vertikalias jėgas, nes stogo gembinių rėmų altitudės nevienodos, t.y. denginys išdėstytas ne vienoje plokštumoje („banguoja“).

Tokiu būdu, atsižvelgiant į temperatūros pokyčių skaičiavimus, efektyviai išnaudojama ryšių sistema horizontalioms jėgoms paskirstyti, o skersiniai gembiniai rėmai – vertikaloms jėgoms perimti.

Plieniniai spragoti rėmai virš tribūnų efektyviai perima, paskirsto ir perduoda žemesnėms konstrukcijoms gembinio stogo apkrovas. Jie technologiškai bei estetiškai gerokai pranašesni už analogišką sprendinį iš gelžbetonio.

Sporto ir pramogų pagrindinės arenos statinio plieninė arka skirta papildyti plieninio stogo virš tribūnų konstrukcijas bei stabilizuoti stogo darbą, esant reikšmingoms sniego apkrovoms. Svarbiausioji arkos funkcija – laikyti plieninius lynus, ant kurių numatyta užtraukti tentą visu ilgiu arba 50 % ilgio. Šalutinių funkcijų galima būtų išvardinti daug – estetiškas indėlis tiek sporto statinių komplekso atžvilgiu, tiek miesto įvaizdžio prasme, originalumas, galimybė įrengti kokybišką aikštės apšvietimą nekeliant stogo konstrukcijų (4.4 pav.).



4.4 pav. Stadiono arkos ir denginio metalinių erdviųjų santvarinių konstrukcijų aksonometrinis vaizdas

Sporto ir pramogų pagrindinės arenos statinio lynai yra jungiamoji konstrukcijų dalis, kuri stabilizuoja stogo mechaninį darbą, veikiant reikšmingoms vertikalioms apkrovoms, bei arkos – veikiant horizontalioms. Lynų pagrindinė funkcinė paskirtis – laikyti užtrauktą visu plotu arba puse lynų ilgio tentą. Tiek lynų, tiek tento konstrukcija labai priklauso nuo gamintojų, nes šiuo atveju eksploataciniai reikalavimai, medžiagos, taikomi mechanizmai, montavimo sąlygos ir kt. ypatumai diktuoja esminių konstrukcinių sprendinių parinkimą.

3.2 Stadiono stogo statybos technologinių ir organizacinių variantų parinkimo rodiklių aprašymas

Vienas svarbiausių pastato gyvavimo proceso daugiataikslės analizės etapų – alternatyvas apibūdinančių rodiklių reikšmių ir reikšmingumų nustatymas. Apskaičiavus rodiklių reikšmes ir reikšmingumus bei taikant projektų daugiataikslės analizės metodus, nustatomi lyginamų variantų prioretiškumas, naudingumo laipsnis ir vertė [17].

Naudojantis rekomendacijomis, kainynais, normatyvais, žinynais, nagrinėjamais projektais, kitais informacijos šaltiniais apskaičiuojamos kiekybinių rodiklių reikšmės. Kokybinių rodiklių reikšmės dažniausiai nustatomos ekspertiniais metodais [17].

Siekiant įvertinti pastatų denginio statybos technologinį efektyvumą, buvo nustatyti reikšmingiausi rodikliai [18] :

- ❖ orientacinė stogo konstrukcijos 1 m² montavimo darbų skaičiuojamoji kaina, (Lt/m²);
- ❖ stogo konstrukcijos 1 m² svoris, (kg/m²);
- ❖ stogo konstrukcijos ilgaamžiškumas, (metais);
- ❖ metinės pastato stogo konstrukcijos eksploatacinės išlaidos, (Lt);

- ❖ stogo konstrukcijos 1 m² montavimo trukmė, (žm.val./m²);
- ❖ kasmetinis vertės mažinimo procentas, (procentais);
- ❖ stogo konstrukcijos geba atlaikyti gaisro apkrovą, (balais);
- ❖ stogo konstrukcijos montavimo sudėtingumas, (balais);
- ❖ stogo konstrukcijos montavimas pasitelkus vietinių statybos bendrovių pagalba galimybė, (balais);
- ❖ stogo estetinė išvaizda, (balais).

Orientacinė stogo konstrukcijos 1 m² montavimo darbų skaičiuojamoji kaina - sustambinti statybos darbų kainų skaičiavimai yra skirti naudotis norint nustatyti orientacinę skaičiuojamąją statybos darbų kainą, įvertinti investicijų poreikį, palyginti alternatyvius projektinius sprendimus ir panašiai.

Sustambintų statybos darbų kainų skaičiavimai atlikti pagal darbo, medžiagų ir mechanizmų sąnaudų statyboje normatyvus, skaičiuojamasias išteklių analogų rinkos kainas, bendruosius ekonominius normatyvus bei statinių skaičiuojamųjų kainų nustatymo rekomendacijas.

Apskaičiuojamųjų statybos darbų sudėtyje susieti bei apibendrinti kompleksškai susiję vienetiniai statybos darbai ir suformuoti sustambinti sąnaudų normatyvai. Darbams atlikti reikalingų medžiagų ir mechanizmų poreikiai bei jų kainos apskaičiuotos pagal sustambintą išteklių nomenklatūrą.

Į medžiagų vertę įskaičiuotas (skaičiavimuose ir normose nenumatytų ar į juos neįtrauktų) medžiagų kainų kompensavimas, kuris apskaičiuotas 3% pagrindinių medžiagų dydžio.

Į mechanizmų eksploatavimo vertę įskaičiuotas 3% dydžio papildomų mechanizmų kompensavimas.

Darbo užmokestyje papildomai įvertinta: papildoma kompensacija dėl sezoninio darbo pobūdžio – 15%, už specifinių darbų atlikimą – iki 17%, kitiems darbo užmokesčio priskaitymams – 8% pagal normatyvus apskaičiuoto darbo užmokesčio dydžio.

Statybvietės išlaidos apskaičiuotos 10% statybos darbų išlaidų dydžio.

Socialinio draudimo išlaidos skaičiuojamos 31% darbininkų darbo užmokesčio ir statybvietės darbuotojų darbo užmokesčio dydžio.

Tiesioginės išlaidos apskaičiuotos kaip suma statybos darbų išlaidų, statybvietės išlaidų ir visų socialinio draudimo išlaidų.

Darbų kainoje „iš viso su priskaitymais“ papildomai įvertintos netiesioginės išlaidos pagal tokius statybos darbų skaičiuojamosios kainos ekonominius normatyvus:

pridėtinės išlaidos - 45% darbininkų darbo užmokesčio dydžio;

normatyvinis pelnas - 8% tiesioginių ir pridėtinių išlaidų sumos [19].

Projektinės sąmatinės dokumentacijos (PSD) sudarymo ir apdorojimo asmeniniais kompiuteriais uždavinys skirtas PSD sudaryti ir reikalingiems dokumentams gauti. PSD dokumentų

sudėtis atitinka dokumentų sudėtį, išvardytą Statybos techniniame reglamente STR 3.01:2002 „Statinių statybos resursų poreikio skaičiavimo tvarka“ ir „Statinių statybos skaičiuojamųjų kainų nustatymo rekomendacijose“. Pasitelkus „Informacinį-programinį kompleksą SĄMATA“ (UAB „Sistela“), galima spręsti tiek PSD sudarymo, tiek gamybos parengimo uždavinius statybos organizacijose iki įvardytų darbų priėmimo akto gavimo. PSD sudaryti ir apdoroti naudojama bendroji projektavimo ir gamybos sričių sistema.

Informacinį-programinį kompleksą „SĄMATA“ sąlygiškai galima suskirstyti į 3 dalis arba į programinės įrangos bazinius modulius:

1. Sąmatos

- a) išteklių (darbo, medžiagų, mechanizmų) poreikio normavimas;
- b) statybos darbų skaičiuojamosios kainos nustatymas;
- c) statybos darbų sąmatinės kainos skaičiavimas;
- d) darbo, medžiagų ir mechanizmų poreikio žiniaraščių sudarymas;
- e) lokalinių, objektinių, suvestinių sąmatų sudarymas;
- f) statinių analogų ir tipinių darbų fragmentų formavimas.

2. Faktas

- a) atliktų statybos darbų apimčių fiksavimas;
- b) kaupiamųjų žiniaraščių rašymas;
- c) atliktų statybos darbų kainų apskaičiavimas, aktų sudarymas;
- d) medžiagų sunaudojimo bei nurašymo dokumentų formavimas;
- e) sąmatos suformavimas pagal atliktų darbų aktus.

3. Norma

- a) darbo, medžiagų ir mechanizmų sąnaudų normatyvai;
- b) statybos darbininkų darbo užmokestis;
- c) statybinių medžiagų ir gaminių kaina;
- d) statybinių mašinų ir mechanizmų darbo valandos kaina;
- e) sustambinti statybos darbų sąnaudų ir kainos normatyvai;
- f) klasifikatoriai, žinynai, lentelės, koeficientai;
- g) bendrieji ekonominiai normatyvai.

Programų komplekso dalys tarpusavyje susijusios, nes visais atvejais yra naudojama bendroji informacinė bei normatyvinė duomenų bazė. Vartotojui perduodamam duomenų bazė susideda iš normatyvinių duomenų, t.y. darbo, medžiagų, ir mechanizmų sąnaudų normų, išteklių skaičiuojamųjų kainų, ekonominių normatyvų, nomenklatūrų, koeficientų lentelių ir pan. [19].

Stogo konstrukcijos 1 m² svoris – tai pasirinkto stogo konstrukcijos varianto svoris atitenkantis vienam kvadratiniam metrui. Šis rodiklis turi didelę įtaką statybos kainai, statybos organizaciniais bei technologiniams sprendiniams.

Stogo konstrukcijos ilgaamžiškumas – stogas sudaro apie 20-25 proc. gyvenamojo namo kainos, todėl investicijos skirtos jo statybai turi būti labai kruopščiai apgalvotos. Parenkama tokia stogo konstrukcija ir stogo danga, kuri tarnautų kuo įmanoma ilgiau. Tik tada įdėtos į stogą lėšos, tenkančios vieneriems jo tarnavimo metams, bus minimalios. Konstrukcija laikoma ilgaamže, jeigu per visą numatytą naudojimo laiką ji atlieka savo funkcijas, susietas su stiprumu ir pastovumu, tinkamu naudoti. Reikalingam ilgaamžiškumui pasiekti reikia numatyti konstrukcijos naudojimo sąlygas [20]. Rodikliui įvertinti naudojamas elemento vidutinės naudojimo trukmės dydis, kuris priklauso nuo stogo laikančiosios konstrukcijos medžiagos [21].

Metinės pastato stogo konstrukcijos eksploatavimo išlaidos.

Eksploatacija – t.y. turto naudojimas. Statinio ir jo konstrukcijų techninės priežiūros ir teisingo naudojimo uždaviniai apima šiuos pagrindinius reikalavimus [22]:

- a. siekti, kad statiniai ir jų konstrukcijos būtų naudojami nepažeidžiant projektų, statybos bei eksploatavimo normų;
- b. laiku pastebėti, teisingai įvertinti ir likviduoti atsiradusius statybinių konstrukcijų defektus;
- c. profilaktinėmis priemonėmis tausoti (saugoti nuo ankstyvojo susidėvėjimo) statinius ir jų konstrukcijas;
- d. išvengti statinių griūčių, o, joms įvykus arba įvykus stichinėms nelaimėms, išvengti papildomų padarinių ir nuostolių;
- e. siekti, kad statiniai nedarytų žalos žmonių sveikatai ir aplinkai.

Eksploatacijos išlaidos susideda iš atskaitymų kapitaliniam ir einamajam remontui, išlaidų medžiagų, reikalingų stadiono stogo eksploatacijai, įsigijimui, darbo užmokesčio aptarnaujančiam personalui ir kt. Jos sudaro 1 % - 2,5 % nuo statybos kainos.

Metinės stogo konstrukcijos eksploatavimo išlaidos išreiškiamos litais (Lt). Skaičiuojama pastato stogo eksploatacijos kaina vieneriems metams.

Stogo konstrukcijos 1 m² montavimo trukmė - yra vienas iš pagrindinių rodiklių. Kuo mažesnė montavimo darbų trukmė, tuo labiau sutrumpėja visa pastato statybos trukmė, mažesnės esti pridėtinės išlaidos, reikalingos administraciniam-ūkiniam aparatui išlaikyti statybos aikštelėje, naudojant laikinus pastatus ir kt. Šią trukmę galima sutrumpinti, sumažinus montuojamų elementų skaičių (juos sustambinus) ir padidinus darbininkų bei mechanizmų skaičių.

Stambinant konstrukcijas gamyklose, gaunami geresnės kokybės gaminiai, lyginant su šių elementų stambinimu statybos aikštelėje. Tačiau sunkioms surenkamoms konstrukcijoms pervežti reikia didesnių transporto išlaidų. Stambinant surenkamas konstrukcijas montavimo vietoje, transporto išlaidos nedidėja, bet reikia papildomų išlaidų surinkimo-stambinimo įrengimams pastatyti, mechanizmams eksploatuoti ir kt. Norint racionaliai sustambinti surenkamas konstrukcijas, reikia nustatyti visas papildomas išlaidas, reikalingas konstrukcijoms sustambinti. Tai padaroma palyginimo būdu.

Didinti montavimo mechanizmų skaičių galima tik iki tam tikru ribų. Montavimo mechanizmų skaičius priklauso nuo objekto tūrinio-planinio sprendimo, nuo konkrečių aikštelės sąlygų. Nepagrįstai didinant montavimo kranų skaičių, mažėja jų darbo našumas, o pati statyba brangsta [23].

Stogo konstrukcijos montavimo trukmės rodiklis išreškiamas darbo valandomis į konstrukcijos metrą kvadratinį (žm.val./m²) - tai laikas, per kurį gali būti sumontuotas vienas metras kvadratinis stogo.

Kasmetinis vertės mažinimo procentas – rodiklis, kurio vertė nustatoma procentais nuo stogo montavimo skaičiuojamosios kainos. Rodiklis nustatomas remiantis UAB „Sistela“ išleistais „Statinių vidutinės naudojimo trukmės normatyvais (SVN)“ [21]. Pastatų ir inžinerinių statinių vidutinės naudojimo trukmės normatyvai sudaryti atsižvelgiant į realias atitinkamos paskirties pastatų ir inžinerinių statinių eksploatavimo sąlygas, pagrindinių konstrukcijų ar jų dalių fizinio nusidėvėjimo trukmę, o taip pat į statybos produktų, iš kurių statiniai pastatyti, gyvavimo trukmę. Sudarant šiame rinkinyje pateikiamus normatyvus, buvo vadovaujamas esminiais statinio reikalavimais, privalomais siekiant užtikrinti statinių mechaninį atsparumą ir pastovumą, gaisrinę saugą, taip pat higienos, sveikatos ir aplinkos apsaugos, saugaus naudojimo, apsaugos nuo triukšmo bei energijos taupymo ir šilumos išsaugojimo reikalavimais.

Stogo konstrukcijos geba atlaikyti gaisro apkrovą arba atsparumas ugniai. Atsparumas ugniai apibūdina, kaip pastato konstrukcija ar statybos produktas (elementas) gali per nustatytą laiko tarpą išlaikyti nustatytas apkrovas ir/arba šilumos izoliacinę savybę ir/arba išlikti vientisas.

Pagrindiniai rodikliai, pagal kuriuos nustatomas gaminio atsparumas ugniai:

R – geba išlaikyti apkrovas (užtikrinant tvirtumą ir stabilumą);

E – vientisumas (išlaikantis elementą nejudamoje padėtyje);

I – izoliacinės savybės (palaikanti žemesnę temperatūrą kitoje elemento pusėje, kuri nesiliečia su ugnimi – išreikšta minutėmis).

Be šių pagrindinių rodiklių, vertinamos ir kitos saugumo savybės: spinduliavimas (W), atsparumas mechaniniam poveikiui (M), savaiminio užsidarymo savybė (durims) (C), dūmų išplitimas (S), tolesnis galios ir/arba signalo perdavimas (P arba PH), atsparumas karščiui (V), atsparumas suodžiams (G), natūralaus dūmų ir karščio vėdinimo savybė (B), sustiprinto dūmų ir karščio vėdinimo savybė (ventiliatoriai) (F) [24]. Rodiklio reikšmė nustatoma eksperimentiniu būdu ir vertinamas balais. Rodiklio reikšmė nustatoma ekspertiniu būdu ir vertinamas balais.

Stogo konstrukcijos montavimo sudėtingumas – rodiklis, apimantis montavimo proceso struktūrą ir jo įgyvendinimo sudėtingumą. Rodiklio reikšmė nustatoma ekspertiniu būdu ir vertinamas balais.

Stogo konstrukcijos montavimo galimybė pasitelkus vietinių statybos bendrovių pagalbą – rodiklis, įvertinantis šalyje esančių statybos bendrovių pajėgumus bei kompetenciją atlikti atitinkamo sudėtingumo konstrukcijos montavimo darbus.

Rodiklio reikšmė nustatoma ekspertiniu būdu ir vertinamas balais.

Stogo estetinė išvaizda - rodiklis, įvertinantis statinio architektūrinę išraišką, bei darnius architektūros ir kraštovaizdžio ryšius, kas yra svarbu projektuojant nacionalinio svarbumo objektą. Rodiklio reikšmė nustatoma ekspertiniu būdu ir vertinamas balais.

4.1 lentelė. Stadiono stogo statybos sprendinių techninių-ekonominių rodiklių ir kokybinių charakteristikų suvestinė

Nr.	Rodiklio pavadinimas	Mato vienetas
1	Orientacinė stogo konstrukcijos 1 m ² montavimo darbų skaičiuojamoji kaina	Lt/m ²
2	Stogo konstrukcijos 1 m ² svoris	kg/m ²
3	Stogo konstrukcijos ilgaamžiškumas	metais
4	Metinės pastato stogo konstrukcijos eksploatavimo išlaidos	Lt
5	Stogo konstrukcijos 1 m ² montavimo trukmė	žm.val./m ²
6	Kasmetinis vertės mažinimo procentas	procentais
7	Stogo konstrukcijos geba atlaikyti gaisro apkrovą ir išlikti vientisa	balais
8	Stogo konstrukcijos montavimo sudėtingumas	balais
9	Stogo konstrukcijos montavimo galimybė pasitelkus vietinių statybos bendrovių pagalbą	balais
10	Stogo estetinė išvaizda	balais

Žemiau yra pateiktas praktinis pavyzdys išvardytiems rodikliams nustatyti, pagal pateiktus aukščiau stogo statybos variantus.

3.4. Stadiono stogo statybos technologinių ir organizacinių sprendinių parinkimo rodikliai ir jų reikšmių nustatymas

1 variantas. Stadionas su metaliniu santvariniu stogo kupolu. Stogo konstrukcijos varianto rodiklių reikšmių nustatymas ir aprašymas.

1.1. Orientacinė stogo konstrukcijos 1 m² montavimo darbų skaičiuojamoji kaina – atlikus medžiagų sąnaudų skaičiavimą (4.2 lent.) ir pasitelkus informacinį-programinį kompleksą Sąmata (UAB „Sistela“) buvo sudaryta orientacinė stogo montavimo darbų skaičiuojamoji kaina (B priedas). Nustatyta, kad stogo konstrukcijos montavimo kaina siekia 40.353.173 Lt. Stogo 1 m² kaina siekia: $40.353.173/36.300 = 1.111,65 \text{ Lt/m}^2$.

4.2 lentelė. Stadiono stogo konstrukcijos medžiagų sąnaudos

Pozicija	Gaminio pavadinimas	Mato vnt.	Kiekis	Pastabos
1	12 pagrindinių arkų-santvarų	t	374,5	Santvaros yra 2,7 m aukščio, juostų ir spyrių skerspjūvis HEA 360 Santvaros montuojamos blokais, pagamintais gamykloje
2	Atraminis žiedas -santvara	t	247,6	Santvaros yra 2,7 m aukščio, juostų ir spyrių skerspjūvis HEA 360
3	5 Tarpiniai žiedai-santvaros	t	446,6	Santvaros yra 2,7 m aukščio, juostų ir spyrių skerspjūvis HEA 360
4	Skersinės briaunos – santvaros, 120 vnt. skirtingo ilgio	t	2350,7	Santvaros yra 2,7 m aukščio, juostų ir spyrių skerspjūvis HEA 360
	viso	t	3419,4	
5	Kupolą laikančios 96 kolonos 17 m ilgio	t	411,3	Kolonų skerspjūvis HEA 900
	Viso metalo sąnaudos:	t	3830,7	

1.2. Stogo konstrukcijos 1 m² svoris siekia $3.419,4 \text{ t} / 36.300 \text{ m}^2 = 0,0942 \text{ t/m}^2 = 94,2 \text{ kg/m}^2$.

1.3. Stogo konstrukcijos patvarumo lygis – metalinio stogo konstrukcijos minimalus naudingo tarnavimo laikas – 100 metų.

1.4. Metinės stogo konstrukcijos eksploatacinės išlaidos siekia 12067,15 Lt per metus, skaičiavimas pateiktas 4.7 lentelėje. Kaina apskaičiuota remiantis Vilniaus miesto valdybos sprendimo Nr. 1283 V metodika [26].

1.5. Stogo konstrukcijos 1 m² statybos trukmė – stogo konstrukcijos montavimo trukmės rodiklis išreškiamas darbo valandomis į konstrukcijos metrą kvadratinį ir lygus 13 žm.val./m².

2 variantas. Stadionas su gelžbetoniniu monolitiniu stogo kupolu. Stogo konstrukcijos varianto rodiklių reikšmių nustatymas ir aprašymas.

2.1. Orientacinė stogo konstrukcijos 1 m² montavimo darbų skaičiuojamoji kaina – atlikus medžiagų sąnaudų skaičiavimą (4.3 lent.) ir pasitelkus informacinį-programinį kompleksą Sąmata

(UAB „Sistela“) buvo sudaryta orientacinė stogo montavimo darbų skaičiuojamoji kaina (D priedas). Nustatyta, kad stogo konstrukcijos montavimo kaina siekia 95.164.979,22 Lt. Stogo 1 m² kaina siekia: 95.164.979,22/42.100= 2.260,45 Lt/m².

4.3 lentelė. Stadiono stogo konstrukcijos medžiagų sąnaudos

Pozicija	Gaminio pavadinimas	Mato vnt.	Kiekis	Pastabos
1	Kupolo segmentai plokštės	m ³	5520	40 gelžbetoninių segmentų betonuojami slankiuosiuose klojiniuose. Betono sąnaudos 1 segmentui 138 m ³ , betono klasė C30/37
2	Kupolo segmentai – arkinės briaunos	m ³	7576	40 gelžbetoninių segmentų betonuojami slankiuosiuose klojiniuose. Betono sąnaudos 1 segmentui 189,4 m ³ , betono klasė C30/37
3	Atraminė rėmsijė	m ³	9228	Rėmsijės plotis 7,3 m, aukštis 1,8 m. Betono klasė C30/37
4	Kolonos	m ³	752	Betono klasė C30/37
	Viso gelžbetonio sąnaudos:	m ³	23081	

2.2. Stogo konstrukcijos 1 m² svoris siekia 13096 t / 42100 m²=0,3111 t/m²= 311,1 kg/m².

2.3. Stogo konstrukcijos patvarumo (atsparumo) lygis – gelžbetoninės stogo konstrukcijos minimalus naudingo tarnavimo laikas – 125 metų.

2.4. Metinės stogo konstrukcijos eksploatacinės išlaidos siekia 12943,34 Lt per metus, skaičiavimas pateiktas 4.7 lentelėje. Kaina apskaičiuota remiantis Vilniaus miesto valdybos sprendimo Nr. 1283 V metodika [26].

2.5. Stogo konstrukcijos 1 m² statybos trukmė – stogo konstrukcijos montavimo trukmės rodiklis išreškiamas darbo valandomis į konstrukcijos metra kvadratinį ir lygus 11 žm.val/m².

3 variantas. Stadionas su pneumatiniu stogo kupolu. Stogo konstrukcijos varianto rodiklių reikšmių nustatymas ir aprašymas.

3.1. Orientacinė stogo konstrukcijos 1 m² montavimo darbų skaičiuojamoji kaina – atlikus medžiagų sąnaudų skaičiavimą (4.4 lent.) ir pasitelkus informacinį-programinį kompleksą Sąmata (UAB „Sistela“) buvo sudaryta orientacinė stogo montavimo darbų skaičiuojamoji kaina (F priedas). Nustatyta, kad stogo konstrukcijos montavimo kaina siekia 19.559.667,88 Lt. Stogo 1 m² kaina siekia: 19.559.667,88/48.400=404,1 Lt/m².

4.4 lentelė. Stadiono stogo konstrukcijos medžiagų sąnaudos

Pozicija	Gaminio pavadinimas	Mato vnt.	Kiekis	Pastabos
1	Tento konstrukcija (politetrafluoretilenas PTFE)	m ²	48400	Tekstilinės architektūros tentinė uždanga gaminama naudojant PVC medžiagas, padengtas akrilo arba PVDF sluoksniu, o taip pat ir stiklo audinio medžiagas, padengtas PTFE sluoksniu, tai žymiai pagerina statinio estetinį vaizdą bei prailgina tarnavimo laiką. 1 m ² svoris tik 1 kg.
2	Skersiniai plieno lynai	m	4122	Skersinių lynų skersmuo 75 mm, 1 tokio lyno svoris (229 m) siekia 7,3 tonų. Viso plieno sąnaudų 18 vnt. yra 131,4 t.
3	Atraminis gelžbetoninis žiedas	m ³	2497,9	Betono klasė C25/30
4	Dvitėjo skerspjūvio sijos	t	345,4	Atraminiam gelžbetoniniam žiedui sustiprinti, skerspjūvio aukštis 1,8 m
5	Oro pūtikliai	vnt.	29	Suteikia stogo tentinei konstrukcijai projektinę padėtį

3.2. Stogo konstrukcijos 1 m² svoris siekia $179,8,0 \text{ t} / 48.400 \text{ m}^2 = 0,003715 \text{ t/m}^2 = 3,715 \text{ kg/m}^2$.

3.3. Stogo konstrukcijos patvarumo lygis - tentinės uždangos ypatingiems statiniams gaminamos iš specialios PVC medžiagos padengtos akrilo arba PVDF sluoksniu, o taip pat stiklo audinio medžiagos padengtos PTFE sluoksniu (nepritraukia dulkių), todėl estetiškas vaizdas nesikeičia virš 25 metų [25].

3.4. Metinės stogo konstrukcijos eksploatacinės išlaidos siekia 14878,96 Lt per metus, skaičiavimas pateiktas 4.7 lentelėje. Kaina apskaičiuota remiantis Vilniaus miesto valdybos sprendimo Nr. 1283 V metodika [26].

3.5. Stogo konstrukcijos 1 m² statybos trukmė – stogo konstrukcijos montavimo trukmės rodiklis išreškiamas darbo valandomis į konstrukcijos metrą kvadratinį ir lygus 1 žm.val/m².

4 variantas. Stadionas su metaliniu erdviniu santvariniu rėmu atramine stogo konstrukcija ir transformuojama stogo dalimi virš žaidimo lauko. Stogo konstrukcijos varianto rodiklių reikšmių nustatymas ir aprašymas.

4.1. Orientacinė stogo konstrukcijos 1 m² montavimo darbų skaičiuojamoji kaina – Orientacinė stogo konstrukcijos 1 m² montavimo darbų skaičiuojamoji kaina – atlikus medžiagų sąnaudų skaičiavimą (4.5 ir 4.6 lent.) ir pasitelkus informacinį-programinį kompleksą Sąmata (UAB „Sistela“) buvo sudaryta orientacinė stogo montavimo darbų skaičiuojamoji kaina (H priedas).

Nustatyta, kad stogo konstrukcijos montavimo kaina siekia 64.088.744,95 Lt. Stogo 1 m² kaina siekia: $64.088.744,95/41.000 = 1563,14 \text{ Lt/m}^2$.

4.5 lentelė. Suvestinis arenos gaminio stogo plieno erdvinių konstrukcijų žiniaraštis

Pozicija	Gaminio pavadinimas	Mato vnt.	Kiekis	Pastabos
1	Erdviniai plieno rėmai iš apvalių vamzdžių (S 355)	t	3435,7	Didžiausias rėmų segmento skerspjūvis 6220x32, mažiausias – 219x10 mm.
2	Ryšinės santvarinės konstrukcijos iš apvalių vamzdžių (S 355)	t	837,0	Didžiausias ryšių segmento skerspjūvis 319x16, mažiausias – 150x5 mm
3	Ilginiai	t	393,0	Ilginių skerspjūvis IPE 400 – 327, HEA 180 – 66 mm
4	Kolonos	t	205,5	
	Viso metalo sąnaudos:	t	4871,2	

4.6 lentelė. Erdvinių arkos plieno ir tentinės (transormuojamos) stogo dalies konstrukcijų žiniaraštis

Pozicija	Gaminio pavadinimas	Mato vnt.	Kiekis	Pastabos
1	Erdvinė plieno arka iš apvalių vamzdžių (S 355)	t	2066,1	Didžiausias arkos segmento skerspjūvis 1420x45, mažiausias – 630x20 mm. Į sąmatos kainą įskaičiuota spec. apžiūros aikštelė
2	Pagrindiniai lynai, d=70 mm	m	3050,0	936 kg/ 100 m (viso: 28548 kg)
3	Šalutiniai lynai, d=20 mm	m	1100,0	167 kg/100 m (viso: 1837 kg)
4	Tento konstrukcija	m ²	24000	Tekstilinės architektūros tentinė uždanga gaminama naudojant PVC medžiagas, padengtas akrilo arba PVDF sluoksniu, o taip pat ir stiklo audinio medžiagas, padengtas PTFE sluoksniu, tai žymiai pagerina statinio estetinį vaizdą bei prailgina tarnavimo laiką. 1 m ² svoris tik 1 kg.

4.2. Stogo konstrukcijos 1 m² svoris - Stogo konstrukcijos 1 metro kvadratinio svoris siekia 4.665,7 t / 18.000 m²=0,2592 t/m²= 259,2 kg/m².

4.3. Stogo konstrukcijos patvarumo lygis - metalinio stogo konstrukcijos minimalus naudingo tarnavimo laikas – 100 metų.

4.4. Metinės stogo konstrukcijos eksploatacinės išlaidos siekia 13682,47 Lt per metus, skaičiavimas pateiktas 4.7 lentelėje. Kaina apskaičiuota remiantis Vilniaus miesto valdybos sprendimo Nr. 1283 V metodika [26].

4.5. Stogo konstrukcijos 1 m² statybos trukmė – stogo konstrukcijos montavimo trukmės rodiklis išreškiamas darbo valandomis į konstrukcijos metrą kvadratinį ir lygus 13 žm.val./m².

4.7 lentelė. Rodiklių reikšmių įvertinimo suvestinė

Nr.	Kriterijų pavadinimas	Mato vnt.	Stogo statybos variantai			
			1	2	3	4
1	2	3	4	5	6	7
1	Orientacinė stogo konstrukcijos montavimo darbų skaičiuojamoji kaina	Lt/m ²	1111,7	2260,5	404,1	1563,1 4
2	Stogo konstrukcijos vieno metro kvadratinio svoris	kg/m ²	94,2	311,1	3,715	259,2
3	Stogo konstrukcijos ilgaamžiškumas	metais	100	125	25	100
4	Metinės pastato stogo konstrukcijos eksploataavimo išlaidos	Lt	12067,15	1943,34	14878,96	1368,4 7
5	Stogo konstrukcijos montavimo trukmė	žm. val/m ²	13	11	1	14
6	Kasmetinis vertės mažinimo procentas	%	1,0	0,8	1,0	1,0
7	Stogo konstrukcijos geba atlaikyti gaisro apkrovą	balais	7,4	8,1	5,8	7,3
8	Stogo konstrukcijos montavimo sudėtingumas (sudėtingiausiam suteikti mažiausią balą)	balais	8,2	7,2	8,4	8
9	Stogo konstrukcijos montavimas pasitelkus vietinių statybos bendrovių pagalbą galimybė	balais	9,4	8,3	6,9	7,4
10	Stogo estetinė išvaizda	balais	7,8	6,8	8	9,9

4.8 lentelė. Stogo eksploatavimo, priežiūros ir profilaktinio remonto išlaidos metams

Stogo variantas	Darbų pavadinimas	Išlaidos duomenys					Išlaidos											
		Mato vnt.	Aptarn. laiko norma žm/val.	Periodiškumas per metus	Valandinis atlyginimas, Lt (2008 03 kainomis)	Darbo užmokes tis už aptarnaujamą normą, Lt	Darbų apimtis	Darbo užmokest is, Lt	Papildoma s darbo užmokesti s, Lt (8 %)	Soc. draudima s, Lt(31%)	Medžiag os, Lt	Kitos išlaidos , Lt (3 %)	Pridėtinės išlaidos, Lt (35%)	Pelnas, Lt (5%)	Iš viso, Lt	Įmokas priimanči ai staigų paslaugas , Lt (1,8%)	PVM, Lt (21%)	Iš viso per mėn. Lt
1	Stogo dangos priežiūra (skardinė)	100 m2 stogo dangos	2,13	4	19,82	42,22	363	5108,21	408,66	1710,23	6,51	165,51	1930,90	466,50	9796,5	176,34	2094,30	12067,15
2	Stogo dangos priežiūra (ruloninė)	100 m2 stogo dangos	1,97	4	19,82	39,05	421	5479,37	438,35	1834,49	6,51	177,53	2071,20	500,37	10507,8	189,14	2246,36	12943,34
3	Stogo dangos priežiūra (tekstilė)	100 m2 stogo dangos	1,97	4	19,82	39,05	484	6299,32	503,95	2109,01	6,51	204,10	2381,14	575,20	12079,2	217,43	2582,30	14878,96
4	Stogo dangos priežiūra (skardinė ir tekstilė)	100 m2 stogo dangos	2,13	4	19,82	42,22	410	5769,60	461,57	1931,66	6,51	186,94	2180,91	526,86	11064,0	199,15	2365,27	13628,47

4.8 lentelė. Rodiklių reikšmingumų įvertinimo suvestinė

Nr.	Kriterijų pavadinimas	Ekspertų įvertinimas (balais nuo 1 iki 10)										Kriterijų reikšmės		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Suma	Vidurkis	Reikšmingumas
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	montavimo darbų skaičiuojamoji kaina	10	7	10	7	10	8	8	8	9	10	87	8,70	0,1200
2	Stogo konstrukcijos vieno metro kvadratinio svoris	8	9	7	9	9	10	5	7	1	8	73	7,30	0,1007
3	Stogo konstrukcijos ilgaamžiškumas	10	9	8	10	8	10	10	10	7	10	92	9,20	0,1269
4	konstrukcijos eksploatavimo išlaidos	10	7	9	3	5	10	7	7	8	10	76	7,60	0,1048
5	Stogo konstrukcijos montavimo trukmė	4	7	6	3	4	8	5	5	2	7	51	5,10	0,0703
7	Metinis vertės mažinimo procentas	4	8	8	3	3	6	6	4	6	8	56	5,60	0,0772
6	Stogo konstrukcijos geba atlaikyti gaisro apkrovą	8	10	9	8	6	10	10	10	5	9	85	8,50	0,1172
7	Stogo konstrukcijos montavimo sudėtingumas	6	8	8	4	1	9	9	6	4	8	63	6,30	0,0869
8	pasitelkus vietinių statybos bendrovių pagalbą galimybė	10	6	5	2	2	6	8	7	6	6	58	5,80	0,0800
9	Stogo estetinė išvaizda	7	8	8	8	7	10	9	8	10	9	84	8,40	0,1159
		Σ										725	72,50	1,0000

*Rodiklių reikšmingumai nustatyti remiantis 2.3 skyriuje pateikta metodika ir formulėmis.

Rodiklių reikšmingumas:

$$t_j = \frac{\sum_{k=1}^r t_{jk}}{r} - \text{vidurkis,}$$

$$R_j = \frac{\bar{t}_j}{\sum_{k=1}^r \bar{t}_j} . - \text{reikšmingumas.}$$

$$1) t_1 = \frac{87}{10} = 8,70, R_1 = \frac{8,70}{72,5} = 0,1200;$$

$$2) t_2 = \frac{73}{10} = 7,30, R_2 = \frac{7,30}{72,5} = 0,1007;$$

$$3) t_3 = \frac{92}{10} = 9,2, R_3 = \frac{9,20}{72,5} = 0,1269;$$

$$4) t_4 = \frac{76}{10} = 7,60, R_4 = \frac{7,60}{72,5} = 0,1048;$$

$$5) t_5 = \frac{51}{10} = 5,10, R_5 = \frac{5,10}{72,5} = 0,0703;$$

$$6) t_6 = \frac{56}{10} = 5,60, R_6 = \frac{5,60}{72,5} = 0,0772;$$

$$7) t_7 = \frac{85}{10} = 8,50, R_7 = \frac{8,50}{72,5} = 0,1172;$$

$$8) t_8 = \frac{63}{10} = 6,30, R_8 = \frac{6,30}{72,5} = 0,0869;$$

$$9) t_9 = \frac{58}{10} = 5,80, R_9 = \frac{5,80}{72,5} = 0,0800;$$

$$10) t_{10} = \frac{84}{10} = 8,40, R_{10} = \frac{8,40}{72,5} = 0,1159.$$

Kiekvieno rodiklio įvertinimo rezultatų nukrypimo kvadratų suma:

$$S = \left(87 - \frac{725}{10}\right)^2 + (73 - 72,5)^2 + (92 - 72,5)^2 + (76 - 72,5)^2 + (51 - 72,5)^2 + (56 - 72,5)^2 + (85 - 72,5)^2 +$$

$$(63 - 72,5)^2 + (58 - 72,5)^2 + (84 - 72,5)^2 = 1926,5;$$

Konkordacijos koeficientas:

$$W = \frac{12 \cdot 1926,5}{10^2(10^3 - 10)} = 0,2335;$$

Konkordacijos koeficiento reikšmingumas

$$\chi^2 = \frac{12 \cdot 1926,5}{10 \cdot 10 (10 + 1) - \frac{1}{10 - 1} \cdot 725} = 22,67.$$

Jei remiantis šia formule apskaičiuota χ^2 reikšmė didesnė nei χ^2_{lent} nustatyta pagal lentelę, kuri priklauso nuo laisvės laipsnių skaičiaus bei priimto reikšmingumo lygio, ekspertų suderintų ranžiruočių hipotezė priimama. Šiuo atveju kai laisvės laipsnių skaičius lygus $v=n-1=9$ ir reikšmingumo lygis priimtas 0,05 (95%) - $\chi^2_{\text{lent}}=3,33$. Apskaičiuotas konkordacijos koeficiento reikšmingumas $\chi^2=22,67$ yra didesnis už ribinį $\chi^2_{\text{lent}}=3,33$, todėl ekspertų suderintų ranžiruočių hipotezė priimama $\chi^2 > \chi^2_{\text{lent}}$.

3.5. Stadiono stogo statybos variantų parinkimas taikant projektų daigiatikslio kompleksinio proporcingumo įvertinimo metodą

Statybos organizaciniai ir technologiniai sprendiniai priklauso nuo daugelio kintamų veiksnių. Siekiant pagerinti (pabloginti) atskirus organizacinių ir technologinių sprendinių rodiklius, keičiasi ir likusių sprendimų racionalumas bei suinteresuotų grupių tikslų patenkinimo lygis. Todėl būtina tiksliai įvertinti ir paskaičiuoti visų pokyčių įtaką galutiniam vertinimo rezultatui.

4.9 lentelė. Daigiatikslės analizės rezultatai

Kiekybinė informacija, apibūdinanti projektus							
Nagrinėjami kriterijai	*	Reikšmingumas	Matavimo vienetai	Nagrinėjami projektai			
				1	2	3	4
1. Orientacinė stogo konstrukcijos montavimo darbų skaičiuojamoji kaina	-	0,1200	Lt/m2	0,02498	0,05080	0,00908	0,03513
2. Stogo konstrukcijos vieno metro kvadratinio s	-	0,1007	kg/m2	0,01419	0,04688	0,00056	0,03906
3. Stogo konstrukcijos ilgaamžiškumas	+	0,1269	metais	0,03626	0,04532	0,00906	0,03626
4. Metinės pastato stogo konstrukcijos eksploataavimo išlaidos	-	0,1048	Lt	0,04181	0,00673	0,05155	0,00474
5. Stogo konstrukcijos montavimo trukmė	-	0,0703	žm. val/m2	0,02345	0,01984	0,00180	0,02525
6. Kasmetinis vertės mažinimo procentas	-	0,0772	%	0,02033	0,01626	0,02033	0,02033
7. Stogo konstrukcijos geba atlaikyti gaisro apkrovą	+	0,1172	balais	0,03034	0,03320	0,02378	0,02993
8. Stogo konstrukcijos montavimo sudėtingumas	+	0,0869	balais	0,02241	0,01967	0,02295	0,02186
9. Stogo konstrukcijos montavimas pasitelkus vietinių statybos bendrovių pagalba galimybė	+	0,0800	balais	0,02350	0,02075	0,01725	0,01850
10. Stogo estetinė išvaizda	+	0,1159	balais	0,02781	0,02424	0,02852	0,03529
Maksimizuojamųjų normalizuotų įvertintų rodiklių suma (projektų "pliusų")				0,14031	0,14319	0,10156	0,14184
Minimizuojamųjų normalizuotų įvertintų rodiklių suma (projektų "minusų")				0,12476	0,14052	0,08332	0,12451
Projekto alternatyvos reikšmė				0,2481	0,2389	0,2630	0,2499
Projekto alternatyvos prioritetškumas				3	4	1	2

Pagal aukščiau minėtus daugiatislių metodų klasifikacijos požymius siūloma taikyti daugiatislio kompleksinio proporcingumo vertinimo metodą (COPRAS). Projektų prioretiškumas nustatomas remiantis 2.5 skyriuje aprašyta metodika. Stadiono stogo statybos efektyviausio varianto parinkimo daugiatislės analizės rezultatai pateikti 4.9 lentelėje. Atlikus skaičiavimus daugiatislio kompleksinio proporcingumo vertinimo metodu (COPRAS), buvo nustatyta tokia prioritetų eilutė:

- I. Stadionas su pneumatiniu stogu kupolu;
- II. Stadionas su metaliniu erdviu santvariniu rėmu atramine stogo konstrukcija ir transformuojama stogo dalimi virš žaidimo lauko;
- III. Stadionas su metaliniu santvariniu stogo kupolu;
- IV. Stadionas su gelžbetoniniu stogo kupolu.

Reiktų pažymėti, kad taikant daugiatislio kompleksinio proporcingumo vertinimo metodą (COPRAS) varianto prioritetas priklauso nuo rodiklių reikšmingumo. Kadangi rodiklių reikšmingumas nustatytas ekspertiniu metodu, yra labai svarbu pasitelkti kompetetingų ekspertų nuomone.

Išvados ir rekomendacijos

Atlikus šiame darbe nustatytus uždavinius ir įgyvendinus darbo tikslus galima padaryti tokias išvadas:

1. Kiekviena Europos ir ne tik Europos išsivysčiusi valstybė turi nacionalinį stadioną. Stadionas - tai valstybinės svarbos objektas, kurio įgyvendinimas atneš socialinės ir ekonominės naudos valstybės mastu. Valstybinės svarbos projekto statusas suteikiamas tik išskirtiniams projektams, kurie savo savybėmis bei socialine – ekonomine nauda visuomenei išsiskirtų nuo kitų projektų
2. Literatūros analizė leidžia teigti, kad stadiono išskirtinumą lemia jo stogas, kurio laikančios konstrukcijos dažniausiai priklauso nuo kuriamos architektūrinės išraiškos. Stogų geometrija kuriama priklausomai nuo to, ar stogas dengia visą stadioną, ar tik jo dalį. Nuo stogų geometrijos ir laikančių konstrukcijų varianto priklauso statybos technologiniai ir organizaciniai procesai, kurie turi didelę įtakoją objekto statybos kainai.
3. Nustatyta, kad stadiono stogo statybos projekto efektyvumas priklauso nuo tokių rodiklių: orientacinė stogo konstrukcijos 1 m^2 montavimo darbų skaičiuojamoji kaina, stogo konstrukcijos 1 m^2 svoris, stogo konstrukcijos ilgaamžiškumas, metinės pastato stogo konstrukcijos eksploatacinės išlaidos, stogo konstrukcijos 1 m^2 montavimo trukmė, kasmetinis vertės mažinimo procentas, stogo konstrukcijos geba atlaikyti gaisro apkrovą, stogo konstrukcijos montavimo sudėtingumas, stogo konstrukcijos montavimas pasitelkus vietinių statybos bendrovių pagalbą galimybė, stogo estetinė išvaizda. Palyginamieji rodikliai apskaičiuoti statinių analogų pagrindu remiantis statybos techniniais reglamentais, normatyvais bei rekomendacijomis.
4. Kiekvienam rodikliui pateiktas detalus rodiklio vertinimo aprašymas, tai leidžia padidinti sprendimo priėmimo patikimumą.
5. Visų rodiklių reikšmingumas buvo nustatytas ekspertiniu metodu. Iš pateiktų rodiklių didesnę naudingumą objektui turi montavimo darbų skaičiuojamoji kaina, konstrukcijos montavimo trukmė, konstrukcijos montavimo sudėtingumas bei metinės pastato stogo konstrukcijos eksploatacinės išlaidos.
6. Atlikus stadiono stogo statybos varianto parinkimą taikant projektų daugiatislio kompleksinio proporcingumo įvertinimo metodą, nustatyta tokia pateiktų stogo variantų prioritetiškumo tvarka:
 - I. 3 variantas - stadionas su pneumatiniu stogu kupolu;
 - II. 4 variantas - stadionas su metaliniu erdviu santvariniu rėmu atramine stogo konstrukcija ir transformuojama stogo dalimi virš žaidimo lauko;

- III. 1 variantas - stadionas su metaliniu santvariniu stogo kupolu;
- IV. 2 variantas – stadionas su gelžbetoniniu stogo kupolu.

Literatūros ir kitų šaltinių sąrašas

1. Numatomų įgyvendinti svarbių visuomenei socialinių – ekonominių projektų pripažinimo valstybinės svarbos projektais, jų veiklos finansavimo ir valdymo programinė studija. Europos investiciniai projektai, Vilnius, 2007.
2. *Property times*, профессионально о недвижимости. Kijevas, Ukraina, 2008-04-06, No 20, 16-20.
3. Инж. Е. Н. Богданова. Конструкции Олимпийских спортивных сооружений. Центральный институт научной информации по строительству и архитектуре, Москва, 1977.
4. Kingdome. <http://en.wikipedia.org/wiki/Kingdome> (peržiūrėta 2010 02 04)
5. Above and Beyond. *Civil Engineering*. September 2005, 36-43.
6. Carrying the Torch. *Civil Engineering*. August 2008, 50-55.
7. Nacionalinis stadionas. http://www.spec.lt/lt/architektura-Nacionalinis_stadionas_amzinuju_statybu_epopeja_tesiasi (peržiūrėta 2010 01 05).
8. Arpas. <http://www.arpas.lt/node/260> (peržiūrėta 2010 01 05).
9. Lietuvos vardo tūkstantmečio Nacionalinio stadiono Vilniuje Techninis projektas. Bendrasis statinio konstrukcijų dalies aiškinamasis raštas.
10. Horokhov Y., Muchchanov V., Kasimov V. New approaches to analysis and design of a stationary covering above the stadium tribunes. *Journal of civil engineering and management*, 2006, Vol. XII, No 4, 293-302.
11. Viteikienė, M. Miestų gyvenamųjų rajonų ir būstų darnos daugiataktis vertinimas (Vilniaus miesto pavyzdžiu). Daktaro disertacija. Technologijos mokslai, statybos inžinerija (02T), 2008.
12. Šaparauskas, J. Darnaus miesto vystymo (-si) daugiataktis selektonovacija. Daktaro disertacija. Technologijos mokslai, statybos inžinerija (02T), 2004.
13. Antuchevičienė, J. Alternatyvų vertinimo būdai Topsis metodu, esant neapibrėžtumui. *Evaluation of alternatives applying Topsis method in a fuzzy environment*. Ūkio technologinis ir ekonominis vystymas, 2005, Vol. XI, No 4, 242-247.
14. Hui-Cheng Xia, Deng-Feng Li, Ji-Yan Zhou, Jian-Ming Wang. Fuzzy LINMAP method for multiattribute decision making under fuzzy environments. *Journal of Computer and System Sciences*, June 2006, Volume 72, Issue 4, 741-759.
15. Математико-статистические методы экспертных оценок. Бешелев, С. Д., Гурвич, Ф. Г. Москва: Статистика, 1980, 163 стр.

16. Zavadskas, E. K., Simanauskas, L., Kaklauskas, A. Sprendimų paramos sistemos statyboje. V.: Technika, 1998, p.235.
17. Ustinovičius, L., Zavadskas, E. K. Statybos investicijų efektyvumo sistemotechninis įvertinimas. Monografija. Vilnius: Technika, 2004, p. 220.
18. Глуховской, К. А. Технология возведения сборных железобетонных оболочек. Стройиздат. Ленинградское отделение, 1974 г., стр. 93-117, 148-174.
19. Ginevičius G., Aukščiūnas V. Statybos išteklių ir sąnaudų ekonomika. VGTU leidyklos TECHNIKA 990-S mokomosios metodinės literatūros knyga, 2008, psl.18-26.
20. Statybos techninis reglamentas STR 2.05.05:2005 „Betonių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“, 2005, p. 8.
21. Statinių vidutinės naudojimo trukmės normatyvai (SVN). UAB „Sistela“, Vilnius, 2008, p. 27.
22. STR 1.12.07:2004. „Statinių techninės priežiūros taisyklės, kvalifikaciniai reikalavimai statinių techniniams priežiūrėtojams, statinių techninės priežiūros dokumentų formos bei jų pildymo ir saugojimo tvarkos aprašas“.
23. Adomaitis A., Krušinskas V. Statybinių konstrukcijų montavimas. Leidykla „Mintis“, Vilnius, 1973, p. 220.
24. Rockwool. <http://www.nedegiizoliacija.lt/6.htm> (peržiūrėta 2010 02 04).
25. Vingida. http://www.vingida.lt/stogai_vasaros_lauko_kavines.html (peržiūrėta 2010 02 04).
26. „Gyvenamųjų namų bendrojo naudojimo patalpų eksploatavimo, priežiūros ir profilaktinio remonto darbų išlaidų nustatymo metodika“ Vilniaus miesto valdybos patvirtinta 1999 m. liepos 8 d. sprendimu Nr. 1283V.

Priedai