

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
STATYBOS INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėja
doc. dr. L. Kelpšienė

2012-06-04

VAIKŲ DARŽELIS „PASAKA“
ARCHITEKTŲ G.
Statybos inžinerijos bakalauro darbas

Vadovas

_____ doc. dr. K. Šleževičius
2013-06-04

Autorius

_____ S-9 gr. stud. L. Reizgevičiūtė
2013-05-28

Recenzentas

2013-06-04

TVIRTINU

ŠU Technologijos fakulteto

Statybos inžinerijos katedros vedėja

Loreta Kelpšienė _____

2012 m. rugsėjo mėn. 14 d.

Bakalauro baigiamojo darbo užduotis

Studentei Laurai Reizgevičiūtėi

Darbo tema Vaikų darželis „Pasaka“ Architektų g.

Patvirtinta 20 13 m. kovo mėn. 29 d. fakulteto dekanų potvarkiu Nr. 060-03-9.

Tarpinis patikrinimas katedroje: 20 13 m. gegužės mėn. 31 d.

Užbaigto ir pilnai apiforminto baigiamojo darbo pateikimo terminas 20 13 m. birželio mėn. 14 d.

1. Darbo tikslas (-ai): _____

2. Aiškinamojo rašto turinys: _____

3. Gynimui pateikiama papildoma medžiaga _____

Baigiamojo darbo vadovas _____

(vardas, pavardė, parašas, data)

Užduotis įteikta studentui (-ei) 20 12 m. rugsėjo mėn. 14 d.

Studentas (-ė) Laura Reizgevičiūtė

(vardas, pavardė, parašas)

Šiaulių universitetas
Technologijos fakultetas
Statybos inžinerijos katedra

Statybos inžinerijos studijų programos baigiamasis bakalauro darbas

VAIKŲ DARŽELIS „PASAKA“ ARCHITEKTŲ G.

Autorius: Laura Reizgevičiūtė
Vadovas: Kazys Šleževičius
Kalba: lietuvių

ANOTACIJA

Baigiamajame darbe projektuojamas vaikų darželis „Pasaka“ - dviejų aukštų pastatas, kurio bendras patalpų plotas 1358,72 m². Visuomeninės paskirties pastatas projektuojamas Architektų gatvėje, Šiauliuose. Jame įrengtos atskiros patalpos 90 vaikų (6 vaikų grupėms po 15). Pirmame aukšte įrengtos trys lopšelio grupės, virtuvės blokas, medicinos kabinetas, buitinės patalpos administracijos patalpos. Antrajame darželio grupės vaikams nuo 3-7 m., buitinės patalpos, muzikos ir 108,57 m² kūno kultūros salė.

Bakalauro baigiamąjį darbą sudaro šios dalys:

1. Architektūrinė dalis – aprašomas generalinis pastato sklypo planas, pastato konstrukciniai sprendimai, išorės bei vidaus apdaila, inžineriniai tinklai, specifiniai reikalavimai žmonėms su negalia, evakuacija.
2. Konstrukcinė dalis – suprojektuoti gręžtiniai pamatai GP-2, gelžbetoninė kolona K-2, surenkamoji kiaurymėtoji gelžbetoninė perdangos plokštė PK 56.12-12AtIVCT, paskaičiuota metalinė sija SI-12.
3. Technologinė ir ekonominė dalis – parengta gręžtinių pamatų technologinė kortelė, parinkti pagrindiniai mechanizmai, įrankiai, apibūdinti reikalingi žemės darbai, sudarytas darbų kalendorinis grafikas, paskaičiuoti darbų kiekiai. Pagal paskaičiuotus darbų kiekius, sudaryta lokalinė sąmata.
4. Šildymo sistemos dalis – paskaičiuojamos vieno pastato bloko (abiejų aukštų) atitvarų šiluminės varžos, paskaičiuojami šilumos nuostoliai, pastato šilumos poreikis, suprojektuojama šildymo sistema.

Grafinę baigiamojo darbo dalį sudaro 9 (pagal faktą) brėžiniai:

1. Generalinis sklypo planas M 1:250, situacijos schema M 1:5000, fasadai M 1:100.
2. Pirmo aukšto planas M 1:100, detalės M 1:10.
3. Antro aukšto planas M 1:100, detalės M 1:10.
4. Gręžtinių pamatų ir pamatinių sijų planas M 1:100, detalės M 1:10, M 1:20.
5. Pjūvis A-A M 1:50, detalės M 1:10.
6. Perdangų planas M 1:100, perdangos plokštės PK 56.12-12AtIVCT brėžiniai, mazgai M 1:10.
7. Denginio planas M 1:100, kolonų K1, K2, K3 brėžiniai, mazgai M 1:10, M 1:20.
8. Technologinė gręžtinių pamatų įrengimo kortelė, statybvietės planas M 1:250, pjūvis 8A-8A M 1:100, kalendorinis grafikas.
9. Šildymo sistemos aksonometrinis vaizdas, stogo planas M 1:100.

Reikšminiai žodžiai: vaikų darželis, gelžbetoninė kolona, gręžtinis pamatas, perdangos plokštė.

Šiauliai University
Faculty of Technology
Department of Civil Engineering

Civil Engineering study programme bachelor thesis

KINDERGARTEN „FAIRY-TALE” IN ARCHITEKTU STREET

Author: Laura Reizgevičiūtė
Supervisor: Kazys Šleževičius
Language: Lithuanian

ANNOTATION

In this final work is designed kindergarten „Pasaka”- a two-storey building with a total floor area of 1358,72 m². Public building is designed in Architektu st., Siauliai. It is equipped with separate rooms for 90 children (six groups of 15 children). The ground floor has three nursery groups, kitchen block, medicine cabinet, household rooms and management's rooms. The second floor has kindergarten groups for children from 3-7 years, household rooms, music and 108,57 m² of physical education hall.

Bachelor's work consists of these following parts:

1. Architectural part – there is described building site plan, building design solutions, external and internal decoration, utility networks, specific requirements for people with disabilities, evacuation.
2. Structural part – designed drilled foundation GP-2, reinforced concrete column K-2, compound reinforced concrete hollow core slab PK 56.12 12AtIVCT, estimated metal girder SI-12.
3. Technological and economical part – there was made drilled foundation technological card, were selected major mechanisms, tools and described the necessary ground works, estimated works timetable, calculated quantities of the works. Under calculated quantities of works there was calculated local estimate.
4. Heating system part – there were calculated one building's block (for both floors) envelope thermal resistance, calculated heat loss and the heat demand of the building, designed heating system.

The graphical part of the thesis consists of 9 (based on fact) drawings:

1. General site plan M 1:250, situation scheme M 1:5000, facades M 1:100.
2. First floor plan M 1:100, details M 1:10.
3. Second floor plan M 1:100, details M 1:10.
4. Drilled foundation and reference beams plan M 1:100, details M 1:10, M 1:20.
5. Section A-A 1:50, details M 1:10.
6. Overlay plan M 1:100, hollow core slab PK56.12 12AtIVCT, details M 1:10.
7. Roofing plan M 1:100, columns K1, K2, K3 drawings, details M 1:10 M 1:20.
8. Technological drilled foundation installation card, site plan M 1:250, section 8A-8A M 1:100, work timetable.
9. Heating systems axonometric view, roof plan M 1:100.

Keywords: kindergarten, reinforced concrete column, drilled foundation, hollow core slab.

TURINYS

BRĖŽINIŲ SĄRAŠAS	6
IVADAS	7
1. ARCHITEKTŪRINĖ DALIS	8
1.1. Generalinis sklypo planas ir situacijos schema	8
1.2. Tūrinis - planinis pastato sprendimas	9
1.3. Pastato konstrukciniai sprendimai	9
1.4. Inžineriniai tinklai	12
1.5. Papildomi reikalavimai	12
2. KONSTRUKCINĖ DALIS	14
2.1. Gręžtinio pamato GP-2 projektavimas	15
2.2. Gelžbetoninės kolonos K-2 projektavimas	19
2.3. Metalinės sijos SI-12 skaičiavimas	25
2.4. Perdangos plokštės PK 56.12-12AtIVCT projektavimas	29
3. TECHNOLOGINĖ IR EKONOMINĖ DALIS	52
3.1. Žemės darbai	52
3.2. Gręžtinių pamatų įrengimo technologinė kortelė	54
3.3. Darbų kiekių skaičiavimas	62
4. ŠILDYMO SISTEMOS DALIS	67
4.1. Atitvarų šiluminių varžų skaičiavimas	67
4.2. Šilumos nuostolių skaičiavimas	76
4.3. Šildymo įrenginių parinkimas	84
LITERATŪRA	89
PRIEDAI	91

BRĖŽINIŲ SĄRAŠAS

Bakalauro baigiamojo darbo brėžinių sąrašas:

1. S.23.01.AD Generalinis sklypo planas. Situacijos schema. Fasadai.
2. S.23.02.AD Pirmo aukšto planas. Detalės.
3. S.23.03.AD Antro aukšto planas. Detalės.
4. S.23.04.KD Gręžtinių pamatų ir pamatinių sijų planas. Pamatų, pamatinių sijų detalės.
5. S.23.05.AD Pjūvis A-A. Detalės.
6. S.23.06.KD Perdangų planas. Perdangos plokštė PK 56.12-12AtIVCT. Mazgai.
7. S.23.07.KD Denginio planas. Kolonos. Mazgai
8. S.23.08.TD Statybvietės planas. Pjūvis 8A-8A. Kalendorinis grafikas.
9. S.23.09.ŠD Šildymo sistema. Stogo planas.

IVADAS

Bakalauro baigiamajame darbe projektuojamas vaikų darželis „Pasaka“ Architektų g., Šiauliuose. Visuomeninės paskirties pastato sklypo bendrasis plotas 3943,05 m². Sklype numatyta automobilių aikštelė, turinti 10 pastovių automobilių stovėjimo vietų, suprojektuoti želdynai. Darželis suprojektuotas 90 vaikų. Aplink pastatą suprojektuoti vaikščiavimo takai iš trinkelio- 1,5 m pločio ir 2,5 m pločio prie pandusų, suprojektuotas 3,0 m pločio pagrindinio įėjimo takas ir 7,0 m pločio įvažiavimas į maisto bloką. Ikimokyklinės įstaigos pastatas yra dviejų aukštų. Pirmame aukšte įrengtos lopšelių grupės, virtuvės blokas, medicinos kabinetas, buitinės patalpos administracijos patalpos. Antrajame- darželio grupės vaikams nuo 3-7 m., buitinės patalpos, muzikos ir kūno kultūros salės. Darželyje suprojektuoti atskiri įėjimai į maisto bloką (šiaurės vakarų įėjimas), lopšelio grupės pirmajame aukšte, pagrindinis (pietvakariuose) ir šoninis (šiaurės rytuose) įėjimai.

Pastatui parinktos statybinės konstrukcijos, tenkinančios Lietuvoje galiojančius statybos techninių reglamentų ir normų reikalavimus. Vaikų darželiui suprojektuoti 4 tipų gręžtiniai pamatai: GP-1, GP-2, GP-3, GP-4, 2 tipų monolitinės pamatinės sijos PS-1 ir PS-2. Suprojektuotos 4 tipų 400x400 mm gelžbetonio kolonos K1, K2, K3, K4. Kolonos tvirtinamos į gręžtinių pamatų lizdus, ant kolonų remiasi rygeliai. Perdangai tarp aukštų ir daliai denginio parinktos gelžbetoninės kiaurymėtosios surenkamos perdangų plokštės PK 56.12-12 ir PK 56.15-12.

Pastate projektuojami 2 tipų stogai. Viena pastato bloke planuojamas įrengti profiliuotas paklotas RUUKKI ant 12 m HEB ir SHS tipo sijų, kurios tvirtinamos ant kolonų antkolonių. Kitai pastato daliai denginiui naudojamos gelžbetoninės perdangos plokštės PK 56.12-12 ir PK 56.15-12. Išorinėms sienoms naudojami „FIBO“ keramzitbetonio blokeliai, iš išorės yra apšiltinti 170 mm „PAROC“ FAS 3 mineraline vata, armavimu apsaugoti nuo pažeidimų, tinkuoti ir dažyti. Vidinės sienos dviejų tipo. Tai 250 mm silikatinių plytų mūro sienos, kurios atskiria skirtingų darželio grupių patalpas, koridorius, maisto bloką. Jos tinkuojamos iš abiejų pusių 10 mm tinko sluoksniu ir nudažomos. Pertvaros 150 mm iš CW ir CU horizontalių ir vertikalinių profilių, tarp kurių 100 mm mineralinės vatos sluoksnis.

Technologinėje dalyje parengta gręžtinių pamatų įrengimo technologinė kortelė, parinktas grąžtas. Ekonominėje dalyje paskaičiuoti darbų kiekiai, sudaryta lokalinė sąmata su programa „SISTELA“, 2013.03 kainomis. Taip pat sudarytas kalendorinis darbų grafikas.

Suprojektuota kolektorinė šildymo sistema vienam pastato blokui. Paskaičiuoti pagrindinių atitvarų šilumos laidumo koeficientai, kurie lyginami su leistinais. Pagal suminius pastato šilumos nuostolius parinkti „Purmo“ radiatoriai, kurie subalansuojami parenkant termostatinis ventilius ir nustatant jų žymas.

1. ARCHITEKTŪRINĖ DALIS

1.1. Generalinis sklypo planas ir situacijos schema

Projektuojamas vaikų darželis Šiauliuose priskiriamas visuomeninės paskirties pastatų grupei. Pastatas numatomas Architektų ir Nuklono gatvių sankirtoje. Sklypas nesiriboja su kitų sklypų ribomis. Projektas išpildo STR ir HN reikalavimus teikiamus ikimokyklinėms įstaigoms.

Vaikų darželis projektuojamas Architektų gatvėje, kuri yra C1 kategorijos, raudonųjų linijų plotis 20-40 m. Ikimokyklinei įstaigai reikalaujama 60% želdynų nuo bendrojo sklypo ploto, įskaitant vejas, gėlynus ir gazonus. Suprojektuotame sklype želdynai sudaro 61% sklypo ploto. Suplanuotos naujos vejos, sodinamų medžių, krūmų vietos. Skaičiuojant reikalingas stovėjimo vietas automobilių aikštelei, reikalaujama 1 vietos 40 vaikų. Darželis suprojektuotas 90 vaikų, turi 10 pastovių automobilių stovėjimo vietų. Atstumas nuo vaikų buvimo zonos iki stovėjimo aikštelės- 15 m. Vietos lengviesiems automobiliams stovėti parametrai, automobilį statant statmenai pravažiavimo ašies, yra 2,5 x 5,0 m.

Sklypas stačiakampio formos- 58,15 x 67,43 m. Trumpiausias atstumas nuo pastato kampo iki raudonųjų linijų 5,04 m. Sklypo dydis nustatytas atsižvelgiant į vaikų skaičių. Vienam vaikui numatytas ne mažesnis kaip 35 m² plotas. Teritorija, aptverta ir apsodinta 5 m pločio želdinių juosta. Pagal HN 75:2002 ikimokyklinės įstaigos teritorija suskirstyta pagal veiklos zonas (žaidimų, sporto aikštelės). Teritorijoje yra įrengtos pavėsinės, apsaugančios vaikus nuo saulės bei kritulių. Žaidimų aikštelės suprojektuotos velėnuotos, apsėtos žole. Aikštelėse įrengiamos smėlio dėžės. Aplink pastatą suprojektuota 250 mm nuogrinda iš skaldos, ir vaikščiavimo takai iš trinkelio- 1,5 m pločio ir 2,5 m pločio prie pandusų. Taip pat suprojektuotas 3,0 m pločio takas nuo gatvės šaligatvio iki pagrindinio įėjimo. Į virtuvės bloką, esantį šiaurinėje pastato dalyje suprojektuotas 7,0 m pločio įvažiavimas iš asfalto dangos ir 10 m vieta apsisukimui, skirta aptarnaujančiam personalui, kur bus atvežamas maistas, kiti reikalingi produktai.

Techniniai rodikliai

Sklypo bendrasis plotas: 3943,05 m².

Tūris: 5511,8 m³.

Pagalbinis plotas: 758 m².

Apželdinimo plotas: 244,82 m².

Užstatymo plotas: 742,23 m².

1.2. Tūrinis - planinis pastato sprendimas

Ikimokyklinės įstaigos pastatas yra dviejų aukštų. Pirmame aukšte įrengtos lopšelių grupės, virtuvės blokas, medicinos kabinetas, buitinės patalpos administracijos patalpos. Antrajame- darželio grupės vaikams nuo 3-7 m., buitinės patalpos, muzikos ir kūno kultūros salės. Laiptai, laiptų aikštelės įrengtos taip, kad būtų užtikrinta vaikų sauga. Aptvarų, turėklų aukštis- 1,20 m. Įstiklintos durų dalys iš abiejų pusių apsaugotos nuo atsitiktinio susidūrimo, atsitreškimo, smūgių ir susižalojimo. Ikimokyklinio ugdymo įstaigoje žaidimų kambariuose įrengtos šildomos grindys, žiemos metu palaikančios ne žemesnę kaip 23 °C temperatūrą.

Higienos normose numatytas ikimokyklinių įstaigų patalpų išdėstymas pagal pasaulio šalis. Virtuvės patalpų langai projektuojamame vaikų darželyje į šiaurę, miegamieji į rytus, o žaidimų kambariai į pietus. Darželio grupių patalpos atokiau nuo virtuvės bloko langų.

Įrengiant patalpas ir komplektuojant grupes, vienam vaikui lopšelio grupėje numatytas ne mažesnis kaip 4,3 m² plotas, o darželio grupėje – 4,0 m² plotas. Išplanavimas yra skirtingas darželio ir lopšelio grupėms. Lopšelio grupės patalpos: priėmimo-nusirengimo, miegamasis, žaidimų kambarys, tualetas-prausykla, virtuvėlė (indų plovykla), mamos- vaiko kambarys. Darželio grupės patalpos: priėmimo-nusirengimo, žaidimų kambarys, miegamasis, tualetas- prausykla, indų plovykla.

Darželis suprojektuotas taip, kad yra atskiri įėjimai į maisto bloką (šiaurės vakarų įėjimas), lopšelio grupės pirmajame aukšte, pagrindinis (pietvakariuose) ir šoninis (šiaurės rytuose) įėjimai. Viso 6 įėjimai, visi suprojektuoti su dvigubu tambūru. Mažiausias atstumas tarp tambūro durų- 1,6 m. Vidinių tambūro durų įstiklintoji dalis iš abiejų pusių sulig vaiko ūgiu atitverčiama grotelėmis. Patalpos darželio grupėms suprojektuotos antrajame aukšte, centrinis, ir šoninis įėjimai, kuriais naudojasi 3 grupės (reglamentuojama, kad turi būti atskiri įėjimai į 2–4 grupes). Ikimokyklinėje įstaigoje numatytas tarnybinis įėjimas ir 12 m² holas. Pirmo ir antro aukštų bendras plotas: 679,36x2=1358,72m².

1.3. Pastato konstrukciniai sprendimai

Pamatai

Pastatui suprojektuoti 4-ių tipų gręžtiniai pamatai iš C16/20 klasės betono. Skirtingi pamatai reikalingi dėl konstrukcinių ypatumų. Pamatų įgilinimai: GP-1, GP-2 -3,110 m, GP-3 -2,610 m, GP-4 - 2,310 m. GP-1- 2800 mm gylis ir 1000 mm diametro (26 vnt.), GP-2- 2500 mm gylis ir 1000 mm diametro (6vnt.). GP-1 ir GP-2 gręžtiniai pamatai skirti kolonoms, išdėstyti kas 6,0 m. Taip pat suprojektuoti gręžtiniai pamatai GP-3- 400 mm diametro ir 2000 mm gylis kas 3,0 m tarp kolonų gręžtinių pamatų (26 vnt.), atremti 200x500 mm pamatinei sijai PS-1, į kurią atremiama „FIBO“ blokelių sienos konstrukcija. GP-4- 400 mm diametro ir 2000 mm gylis pamatai (47 vnt.), skirti

250x500 mm pamatinėms sijoms PS-2, ant kurios remiama 250 mm silikatinių plytų mūro siena. Atstumas tarp GP-4 pamatų įvairus dėl pastato išplanavimo ypatumų. Pamatinėms sijoms naudojamas C16/20 betonas. Pamatinės sijos PS-1 apšiltinamos iš lauko pusės 100 mm, o apačios ir vidinės pusės 50 mm polistireninio putplasčio XPS plokštėmis.

Kolonos

Pastatas karkasinio tipo, naudojamos 400x400 mm gelžbetonio kolonos. Atstumas tarp kolonų- 6 m. Kolonos tvirtinamos į gręžtinių pamatų lizdus, ant kolonų remiasi rygeliai. Kolonomis naudojamas C20/25 klasės betonas. Kolonos yra 4 tipų: K1- 8 m ilgio išorinės, K2- 7,7 m ilgio vidinės, K3- 6,33 m ilgio su metaliniais HEB tipo antkoloniais (tvirtinama 12 m sija) ir K4- 4,33 m (trumpesnės dėl konstrukcinių ypatumų).

Perdangos, rygeliai, laiptai

Perdangai tarp aukštų ir daliai denginio parinktos gelžbetoninės kiaurymėtosios surenkamos perdangų plokštės PK 56.12-12 ir PK 56.15-12. Jos yra keturių tipų, priklausomai nuo pločio: 1200 mm pločio ir 1500 mm pločio, ryšinės ir paprastos. Perdangoms naudojamas C25/30 klasės betonas. Perdangos remiamos ištisai ant 2 tipų rygelių, su 1-a arba 2-iem lentynom. Rygeliai gelžbetoniniai, tipas- ROP4.56. Rygeliai atremiami ir tvirtinami prie kolonų.

Laiptai ir laiptų aikštelės monolitiniai, gaminami iš C25/30 klasės betono. Laiptų pakopų plotis 300 mm, aukštis – 168,5 mm.

Stogas

Pastate projektuojami 2 tipų stogai. Viename pastato bloke planuojamas įrengti profiliuotas paklotas RUUKKI ant HEB ir SHS tipo sijų, kurios tvirtinamos ant kolonų antkolonių. Po to dedama kieta vata „Paroc“ ROB 60 20 mm, PE plėvelė, „Paroc“ ROS 160 mm, kieta vata „Paroc“ ROB 60 20 mm, prilydomi 2 sluoksniai bituminės dangos „MIDA TECHNOELAS“.

Kitai pastato daliai denginiui naudojamos gelžbetoninės perdangos plokštės PK 56.12-12 ir PK 56.15-12. Stogo konstrukcija: g/b perdanga, nuolydį sudarantis sluoksnis iš keramzito, frakcija 10- 20 mm, išlyginamasis sluoksnis iš C 12/15 klasės betono, garų izoliacija- PE plėvelė, šilumos izoliacija „PAROC“ ROS 30, šilumos izoliacija „Paroc“ ROB 60, 2 sluoksniai hidroizoliacijos (viršutinis sluoksnis su pabarstu- MIDA TECHNOELAST PV S4b, 4 mm, apatinis- MIDA Unifleks PV S4s, 4 mm).

Sienos

Viso projekte yra 3 skirtingų tipų sienos. Išorinėms sienoms naudojami „FIBO“ keramzitbetonio blokeliai, vien mūrinės sienos plotis 200 mm. Keramzitbetonio blokeliai pagaminti vibracinio presavimo būdu iš keramzito, cemento ir vandens. Keramzitas- aukštoje temperatūroje kepto molio granulės, kurios net keturis kartus lengvesnės už gamtoje randamus užpildus, be to, pasižymi geromis termoizoliacinėmis savybėmis. Blokelių matmenys: 490x185x200 mm, blokeliai

5 MPa stiprio. Šios blokelių mūro sienos iš išorės yra apšiltintos 170 mm „PAROC“ FAS 3 mineraline vata, armavimu apsaugotos nuo pažeidimų, tinkuotos ir dažytos.

Vidinės sienos dviejų tipo. Tai laikančios 250 mm plytų sienos, kurios atskiria skirtingų darželio grupių patalpas, koridorius, maisto bloką. Jos tinkuojamos iš abiejų pusių 10 mm tinko sluoksniu ir nudažomos, maisto bloke, sanitarinėse patalpose panaudojama plytelių danga. Pertvaros iš CW ir CU horizontalių ir vertikalinių profilių, tarp kurių mineralinės vatos sluoksnis 100 mm, ir 2 sluoksnių gipso kartono plokščių 12,5 mm storio iš abiejų pertvaros pusių. Tokia sienų konstrukcija užtikrina reikiamą garso izoliaciją: $R_w=58$ dB. Pagal STR 2.01.07:2003 reikalinga garso izoliacija vaikų darželiams tarp miegamųjų $R_w=54$ dB, tarp žaidimo kambarių- $R_w=58$ dB.

Grindys

Grindys pirmajame aukšte įrengtos ant sutankinto smėlingo grunto, kurio $k=0,95$. Grindų konstrukcija: drenuojantis sluoksnis- smėlis, hidroizoliacija, ištininė PE plėvelė, grindų apšiltinimas, polistireninis putplastis EPS100, hidroizoliacija, ištininė PE plėvelė, armuotas betono sluoksnis, keraminių plytelių klijai, grindų danga- keraminės plytelės. Priklausomai nuo patalpos, viršutinis grindų sluoksnis skiriasi, grupių miegamųjų, žaidimų patalpose grindys šildomos, linoleumo ir parketo dangos, maisto bloke, sanitarinėse patalpose- plytelių danga.

Antro aukšto grindys įrengiamos virš g/b perdangos plokščių. Garso izoliacijai užtikrinti naudojamas polistireninis putplastis EPS T. Grupių žaidimų kambariuose įrengiamos šildomos grindys, todėl virš EPS T plokščių klojama šilumą atspindinti folija, betono sluoksnis, kuriame išdėstyti grindinio šildymo tinklai, linoleumo klijai, linoleumas. Viršutinis grindų dangos sluoksnis skiriasi- sanitarinėse patalpose- plytelės, grupių patalpose, muzikos ir kūno kultūros salėse- linoleumas, parketas.

Langai ir durys

Vidinės durys iš presuoto medžio pjuvenų pluošto ir laminuotos specialia danga atsparia drėgmei. Vidinių durų matmenys: 2100 x 900 mm. Išorinės durys- plastikinės, 3 stiklų paketo, 1000x2200 mm ir centrinės dvivėrės 1800 x2200 mm.

Langai plastikiniai, 3 kamerų, užtikrinantys saugų naudojimą, su nuimamomis rankenomis, atsidarantys 2 kryptimis. Langų matmenys 1200x1700 mm, 950x1700 mm.

Pastato vidaus apdaila

Pastato vidaus apdaila yra suprojektuota taip, kad tenkintų HN 75:2002, nes jose griežtai numatoma reikalinga apdaila. Patalpose grindys, sienos bei lentynos lygios, o jų apdaila tokia, kad būtų galima valyti drėgnu būdu ir dezinfekuoti. Grupių patalpų sienos dažomos emulsiniais dažais ir tik šviesiomis spalvomis. Virtuvės, grupės indų plovyklos, skalbyklos, tualetų-prausyklos, daržovių sandėlio, šaldymo kameros sienos 1,5 m aukštyje nuo grindų iškljuotos keraminėmis plytelėmis. Grupių žaidimų kambariuose grindys šildomos. Žaidimų kambaryje, gimnastikos salėje grindys

parketo, visose kitose- parketo arba linoleumo. Darželio grupių tualetų grindys išklotos metlacho plytelėmis. Maisto bloko, skalbyklos, tualetų grindys išklojamos keraminėmis mozaikinėmis šlifotomis plytelėmis.

1.4. Inžineriniai tinklai

Vandentiekis ir kanalizacija

Numatomas geriamojo vandens panaudojimas prisijungiant prie bendrųjų vandentiekio tinklų. Kvartale įrengti bendrieji kanalizacijos tinklai, todėl vaikų darželis bus prijungtas prie jų.

Šildymas ir vėdinimas

Suprojektuotas šildymas vienam pastato blokui (analogiškas šildymas visam pastatui, kadangi blokų patalpų išdėstymas panašus). Pastato dalies šildymui parinktas dujinis katilas „JUNKERS Ceraclass Excellence ZWC28 3MFA“. Tai šildymo ir karšto vandens paruošimo prietaisas, kuriame yra įmontuotas cirkuliacinis siurblys. Pagal šilumos nuostolius 2 aukštams parinkta 17 vnt. „PURMO“ radiatorių (75/65/20°C). Dveiose patalpose suprojektuotas grindinis šildymas- tai vaikų žaidimų kambariai. Šilumnešio temperatūra 50/40. Šildymo sistema su 4 eigų permaišymo vožtuvu, turi membraninį vandens išsiplėtimo indą.

Vėdinimas įrengiamas maisto bloke, o kitose darželio patalpose vėdinimui panaudojami langai.

Elektra

Projektuojamas pastatas prijungiamas prie vietinės transformatorinės.

1.5. Papildomi reikalavimai

Specifiniai reikalavimai neigaliesiems

Į pastatą suprojektuoti 5-i įėjimai- 1 centrinis, 3 į atskiras grupes ir 1 į maisto bloką- administracinis. Visi šie įėjimai yra pritaikyti žmonėms su negaliai. Įrengti reikalavimus tenkinantys pandusai, kurių plotis yra 1,2 m, o nuolydis 1:12. Pandusai įrengiami su dvigubais turėklais- viršutiniai tvirtinami 900 mm aukštyje, apatiniai- 650 mm aukštyje nuo laiptų pakopų ar panduso juostos plokštumos. Be to, prieš įėjimus įrengiamos lygios 1,2x2 m aikštelės. Koridoriai 1,2 m pločio tenkina specifinius žmonių su negalia reikalavimus pagal [16]. Visose patalpose galimas 1,5 m spindulio apsisukimas.

Aplinkos apsauga nuo triukšmo

Pastate kaip mokymo įstaigoje numatoma A vidaus aplinkos garso klasė ir B perdangų garso klasė. Tenkinami reikalavimai: 150 mm vidinės pertvaros garso izoliacija $R_w=58$ dB, mokymo patalpos nuo triukšmingų muzikos patalpų smūginio garso klasifikatorius $L_{n,w}=43$ dB, mokymo patalpos ir miegamojo nuo virš jų esančių kitų klasių smūginio garso klasifikatorius $L_{n,w}=58$ dB

Gaisrinės saugos reikalavimai

Vaikų darželis yra priskiriamas I-am statinių atsparumo ugniai laipsniui ir 2-ai gaisro apkrovos kategorijai. Pastatas suprojektuotas taip, jog tenkinami visi gaisrinės saugos reikalavimai: laikančiųjų konstrukcijų atsparumas ugniai ne mažesnis kaip R 90, lauko sienų atsparumas ugniai ne mažesnis kaip EI 15, stogo atsparumas ugniai ne mažesnis kaip RE 20, aukštų perdangų atsparumas ugniai ne mažesnis kaip REI 60, nelaikančių vidinių sienų atsparumas ugniai ne mažesnis kaip EI 15, stogo perdangų atsparumas ugniai ne mažesnis kaip REI 60, laiptinės laiptatakių ir aikštelės atsparumas ugniai ne mažesnis kaip REI 60, laiptinės vidinių sienų atsparumas ugniai ne mažesnis kaip REI 90 (min.). Visame statinyje įrengiama stacionarioji gaisrų gesinimo sistema.

Evakuacija

Kilus pavojingai situacijai pastate yra 6 išėjimai. Iš pirmo aukšto grupių galimas evakavimosi kelias pro atskirų grupių išėjimus arba centrinį išėjimą, iš antro aukšto pro pagrindinę laiptinę arba evakuacinį išėjimą į lauką. Abiejuose aukštuose užtikrinamos 2 evakavimosi krypties keliai (žr. S.23.01.AD, S.23.02.AD, S.23.03.AD). Be to, visi keliai $\geq 0,9$ m pločio, o vienu metu maksimaliai viena kryptimi evakuojasi iki 50 žmonių.

Higienos sąlygos

Higienos reikalavimai pagal HN 75:2002 „Ikimokyklinio ugdymo įstaigos. Higienos normos ir taisyklės“.

2. KONSTRUKCINĖ DALIS

Gręžtinių pamatų ir gelžbetoninės kolonos veikiančių įrašų radimui skaičiuojamas plokščias rėmas pasinaudojant „Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2011“. Plokščio rėmo skaičiavimas pateiktas 1 priede. Apkrovos, rėmo skaičiavimui pateikiamos 2.1 lentelėje.

2.1 lentelė. Apkrovos

DENGINIO SAVASIS SVORIS						
Apkrovos pavadinimas	Tankis, kg/m ³	Storis, mm	Svoris, kg/m ²	Ch-ė apkrova Q _{sw} kN/m ²	Dalinis koef. γ _G	Skaičiuojamoji apkrova Q _d kN/m ²
Prilydomoji ruloninė stogo danga „MIDA TECHNOELAST“ 2sl.: viršutinis PV S4b (5,2 kg/m ²); apatinis PV S4s (5 kg/m ²).	-	-	10,2	0,102	1,35	0,138
„PAROC“ ROB 60	180	20	3,6	0,036	1,35	0,049
„PAROC“ ROS 30	100	200	20	0,2	1,35	0,270
Garo izoliacija 0,2 mm PE plėvelė	980	0,2	0,196	0,002	1,35	0,003
Išlyginamasis C12/15 betono	1200	40	48	0,48	1,35	0,648
Keramzitas	300	100	30	0,3	1,35	0,405
G/b perdangos plokštė	-	220	310	3,1	1,35	4,185
Tinkas	1600	10	16	0,16	1,35	0,216
Σ=				4,38	1,35	5,914
IŠORĖS ATITVARŲ SAVASIS SVORIS						
Keramzitbetonio blokelių mūras	885	200	177	1,77	1,35	2,390
Klijų sluoksnis	-	-	16	0,16	1,35	0,216
„PAROC FAS 3“	90	170	15,3	0,153	1,35	0,207
Tinkas	1600	10	16	0,16	1,35	0,216
Σ=				1,693	1,35	3,029
LAIKINOS SNIEGO IR VĖJO APKROVOS						
Sniegas, "I" rajonas: s=s ₀ u= 120 · 1,0 = 120 kg/m ²	-	-	120	1,2	1,3	1,560
Sniego maišas prie parapetų, kai h=1,0m, s=s ₀ μ =120 · 1,67=200kg/m ²	-	-	200,0	2,0	1,3	2,60
Vėjas, "I" rajonas: spaudimas w _m =w ₀ kc=36 · 0,65 · 0,8=18,7kg/m ²	-	-	18,7	0,187	1,3	0,243
Siurbimas w _m =w ₀ kc=36 · 0,65 · 0,6=14,04kg/m ²	-	-	14,04	0,14	1,3	0,183
PERDANGOS SAVASIS SVORIS						
Atitvarinių sienų ant perdangos	-	-	50	0,5	1,35	0,675
Naudojimo apkrova ant perdangų	-	-	300	3,0	1,35	4,05
Linoleumo danga	1200	4	4,8	0,048	1,35	0,065
Linoleumo klijai	-	-	2,6	0,026	1,35	0,035
Išlyginamasis armuoto betono	2500	90	225	2,25	1,35	3,038
Polistireninis putplastis EPS T	-	100	3,6	0,036	1,35	0,049
G/b perdangos plokštė	-	220	310	3,1	1,35	4,185
Σ=				8,98	1,35	12,13

Grunto kūginis ir vietinės trinties stiprumai nustatyti atlikus gruntų statinį zondavimą. Skaičiavimams imamos sluoksnių vidutinės reikšmės, į kuriuos liečiasi pamato paviršius (2.1 lentelė):

$$q_c = 3,6 \text{ MPa};$$

$$f_s = 65,1 \text{ kPa}.$$

2.2 lentelė. Grunto kūginio ir vietinio trinties stiprumų reikšmės

IGS Nr.	Grunto aprašymas	Gylis, m	Kūginis stiprumas q_c , MPa	Vidutinė q_c reikšmė, MPa	Vietinės trinties stiprumas f_s , kPa	Vidutinė f_s reikšmė, kPa
1	Priemolis moreninis, kietai plastingas	0,4	1,8	3,6	31	65,1
		0,6	3,0		39	
		0,8	2,7		45	
		1,0	1,9		40	
		1,2	2,2		44	
		1,4	2,4		50	
		1,6	2,3		53	
		1,8	2,9		58	
		2,0	3,0		57	
		2,2	3,1		62	
2	Priemolis moreninis, pusketis	2,6	4,4	3,6	78	65,1
		2,8	5,3		96	
		3,0	6,7		121	
3	Priemolis moreninis, kietas	3,2	8,4		134	

Vidutinis skaičiuojamasis trinties stipris šoniniame pamato paviršiuje:

$$R_f = \frac{f_s}{2} = \frac{65,1}{2} = 32,55 \text{ kPa};$$

Nustatoma trinties jėga šoniniame pamato paviršiuje:

$$F_f = \pi b \cdot d_d \cdot R_f = \pi \cdot 1,0 \cdot 2,61 \cdot 32,55 = 266,76 \text{ kN}.$$

Nustatomas pamato pado plotas:

$$A = \frac{\pi b^2}{4} = \frac{\pi \cdot 1,0^2}{4} = 0,785 \text{ m}^2.$$

Tikrinama sąlyga, ar pamatas suprojektuotas teisingai. Slėgis po gręžtinio pamato padu negali viršyti pagrindo skaičiuojamojo stiprio:

$$p = \frac{N - F_f}{A} \leq R_{sn}; \quad (2.1)$$

čia: R_{sn} – pagrindo skaičiuojamasis stipris, lygus slėgiui po pamato padu, sukeliančiam n % pamato skersmens didumo nuosėdžius. Jis randamas iš koreliacinės priklausomybės grafikų pagal grunto kūginį stiprį.

Norint užtikrinti pamato ir pagrindo stabilumą, pamato nuosėdis negali būti didesnis nei 3% pamato skersmens:

$$R_{sn} \leq R_{s3} . \quad (2.2)$$

Ribinė skaičiuojamojo stiprio reikšmė gaunama iš koreliacijų:

$$R_{s3} = 0,15 \cdot q_c + 0,32 = 0,15 \cdot 3,6 + 0,32 = 0,86 MPa.$$

Skaičiuojamas spaudimas po pamato padu:

$$p = \frac{N - F_f}{A} = \frac{915,03 - 266,76}{0,785} = 825,82 kPa = 0,83 MPa .$$

Tikrinama stiprumo sąlyga pagal (2.1) formulę:

$$p = 0,83 < R_{s3} = 0,86 MPa .$$

$$\text{Tikrinama paklaida: } \Delta = \left(\frac{R_{s3} - p}{R_{s3}} \right) \cdot 100\% = \left(\frac{0,86 - 0,83}{0,86} \right) \cdot 100\% = 3,49\% < 5\% .$$

Stiprumo sąlyga tenkinama, slėgis po pamato padu neviršija skaičiuojamojo stiprio, paklaida iki 5%.

Įvertiname M ir Q įtaką pamatui:

$$h_m = \frac{M}{Q} = \frac{-12,07}{-5,20} = 2,32 m .$$

Skaičiuojamas h_d - horizontalios jėgos skaičiuojamasis pridėties taško aukštis:

$$h_d = h_p - d_d + h_m = 2,8 - 2,61 + 2,32 = 2,51 m.$$

Paskaičiuojama pamato posūkiui besipriešinančių trinties jėgų atstojamoji F_Q , kai $F_f = 266,76 \text{ kN} < N_{max} = 915,03 \text{ kN}$:

$$F_Q = \frac{(N_{max} - F_f) \mu \cdot d_d + 1,5 F_f \frac{b}{\pi}}{2(1,5 h_d + d_d)} = \frac{(915,03 - 266,76) 0,35 \cdot 2,61 + 1,5 \cdot 266,76 \frac{1,0}{\pi}}{2(1,5 \cdot 2,51 + 2,61)} = 36,45 kN ;$$

čia: μ – trinties tarp pamato pado ir grunto koeficientas, moliniams gruntams $\mu = 0,35$.

Tikrinama sąlyga, ar pamatas nepasvyra ir jo viršus horizontaliai nepasislenka:

$$F_Q \geq 0,5(\eta + 1) \cdot Q . \quad (2.3)$$

$$\eta = \frac{1,5 h_d + 0,5 d_d}{1,5 h_d + d_d} = \frac{1,5 \cdot 2,51 + 0,5 \cdot 2,61}{1,5 \cdot 2,51 + 2,61} = 0,8 .$$

$$F_Q = 36,45 > 0,5(0,8 + 1) \cdot (-5,2) = -4,68 kN , \text{ sąlyga tenkinama.}$$

Reiškia, pamatas nepasvyra ir horizontaliai nepasislenka. Todėl poslinkiai neskaičiuojami.

Išvada: Gręžtinis pamatas parinktas teisingai, slėgis po pamato padu neviršija skaičiuojamojo stiprio, pamatas nepasvyra ir horizontaliai nepasislenka. Galutinai priimama $h_p = 2,8 \text{ m}$, $b = 1,0 \text{ m}$.

GP-2 armatūros skaičiavimas

Skaičiuojama gręžtinio pamato išilginė armatūra. Pamatas yra skaičiuojamas kaip gniuždomas elementas, todėl tikrinama sąlyga:

$$N_{ED} \leq f_{cd} \cdot A; \quad (2.4)$$

čia: N_{ED} – skaičiuotinė ašinė jėga, veikianti pamato lygyje;

f_{cd} – skaičiuotinis gniuždomasis betono stipris.

Skaičiuotinis gniuždomasis betono stipris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c; \quad (2.5)$$

čia: α – koeficientas, $\alpha = 0,9$, kai charakteristinis betono stipris ≤ 50 MPa;

α_{cc} – koeficientas, $\alpha_{cc} = 1$;

f_{ck} – ch-is betono C16/20 stipris (žemiausia betono klasė, kai k-ja nuolat yra grunte, [21] 1

lentelė);

γ_c – patikimumo koeficientas, gelžbetoninėms konstrukcijoms $\gamma_c = 1,5$.

Tuomet skaičiuojamasis stipris bus lygus:

$$f_{cd} = 0,9 \cdot 1 \cdot 16 / 1,5 = 9,6 \text{ MPa}.$$

Tikrinama (2.4) sąlyga:

$$915,03 \text{ kN} < 9,6 \cdot 10^3 \cdot 0,785 = 7536 \text{ kN}.$$

Kadangi stiprumo sąlyga tenkinama, pamato išilginė armatūra parenkama konstruktyviai.

Parenkami 8 vnt. Ø14 S400 armatūros strypai, kas 330 mm.

Skaičiuojama skersinė gręžtinio pamato armatūra.

Didžiausias ekscentricitetas yra ties pamato viršumi:

$$e_0 = \frac{M_{ED}}{N_{ED}} = \frac{-12,07}{915,03} = -0,013 \text{ m}.$$

Tikrinama sąlyga:

$$e_0 = -0,013 \text{ m} < \frac{h}{6} = \frac{0,4}{6} = 0,067 \text{ m};$$

čia: h – kolonos plotis.

Kadangi sąlyga tenkinama, skersiniai strypai dedami pagal konstravimo taisyklės. Pamato taurėje Ø8, S240 strypai dedami kas 100 mm, toliau kas 200 mm.

Išvada: Paskaičiuotas gręžtinis pamatas GP-2 vidinei kolonai, veikiant maksimalioms įrąžoms. Kadangi, kraštines kolonas veikia mažesnės įrąžos, gruntai sklype pasiskirstę vienodai, GP-1 pamatų įgilinimas ir armavimas priimamas analogiškai GP-2.

Gręžtinių pamatų brėžiniai pateikiami S.23.04.KD.

2.2. Gelžbetoninės kolonos K-2 projektavimas

Armatūros ploto parinkimas

Parenkama kolona, kurios matmenys $b=h=0,4\text{m}$.

Kolonos skaičiuotinis ilgis $l_0 = 1,25 \cdot 7,7 = 9,625\text{m}$.

Sunkusis betonas C20/25 klasės, $E_{cm} = 3,0 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$, charakteristinis stipris $f_{ck}=20\text{MPa}$, apsauginis betono sluoksnis: $a_1 = a_2 = 40 \text{ mm}$.

Armatūra S400 klasės, $f_{yd} = f_{scd} = 365 \text{ N/mm}^2$; $E_s = 2 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$.

Armatūros skerspjūvio plotas $A_{s1} = A_{s2}$, armuojama simetriškai.

Veikiančios koloną įrašos gaunamos iš rėmo skaičiavimų (žr. 1 priedą, 10-as mazgas, 1-as apkrovimo atvejis ir 10-as mazgas, 6(C)-as apkrovimo atvejis).

Nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių: $N_{Ed,\ell} = 210,78 \text{ kN}$, $M_{Ed,\ell} = 1,37 \text{ kN}\cdot\text{m}$.

Nuo nuolatinių ir kintamųjų poveikių $N_{Ed} = 349,43 \text{ kN}$, $M_{Ed} = 40,8 \text{ kN}\cdot\text{m}$.

Skaičiuojamas naudingasis skerspjūvio aukštis:

$$d = 400 - 40 = 360 \text{ mm}.$$

Skaičiuojamos momentų reikšmės:

$$M_{Ed,s} = M_{Ed} + N_{Ed} \frac{d - a_2}{2} = 40,8 \cdot 10^6 + 349,43 \cdot 10^3 \cdot \frac{360 - 40}{2} = 96,71 \cdot 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm} = 96,71 \text{ kN}\cdot\text{m}.$$

$$M_{Ed,s\ell} = M_{Ed,\ell} + N_{Ed,\ell} \frac{d - a_2}{2} = 1,37 \cdot 10^6 + 210,78 \cdot 10^3 \cdot \frac{360 - 40}{2} = 35,09 \cdot 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm} = 35,09 \text{ kN}\cdot\text{m}.$$

Betono skaičiuotinis stipris gniuždant:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 20 / 1,5 = 12 \text{ N/mm}^2.$$

Čia: α – koeficientas, $\alpha = 0,9$, kai charakteristinis betono stipris $\leq 50 \text{ MPa}$;

α_{cc} – koeficientas, $\alpha_{cc} = 1$;

f_{ck} – ch-is betono C20/25 stipris.

Skaičiuojamas koeficientas:

$$\varphi_\ell = 1 + \beta \frac{M_{Ed,s\ell}}{M_{Ed,s}} = 1 + 1 \frac{35,09}{96,71} = 1,36 < \varphi_\ell = 1 + \beta = 1 + 1 = 2.$$

Įvertinamas konstrukcijų elementų jėgos pridėjimo ekscentricitetas masės centro atžvilgiu e_0 :

$$e_0 = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{40,8 \cdot 10^6}{349,43 \cdot 10^3} = 116,76 \text{ mm} > \frac{e_a = h/30 = 400/30 = 13,33 \text{ mm}}{e_a = l_0/600 = 9625/600 = 16,04 \text{ mm}}.$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{116,76}{400} = 0,29 > \delta_{e,\min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h} - 0,01 f_{cd} = 0,5 - 0,01 \frac{9625}{400} - 0,01 \cdot 12 = 0,14.$$

Kadangi sąlygos tenkinamos, tai priimame skaičiavimams $\delta_e = 0,29$.

Priimam, kad armavimo procentas $\rho_1 = 0,01$.

Skaičiuojamas koeficientas, išreiškiantis plieno ir betono tamprumo modulių santykį:

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{2 \cdot 10^5}{3 \cdot 10^4} = 6,67.$$

Betono skerspjūvio inercijos momentas elemento viso skerspjūvio centro atžvilgiu:

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{400 \cdot 400^3}{12} = 2,13 \cdot 10^9 \text{ mm}^4.$$

Armatūros skerspjūvio ploto inercijos momentas elemento viso skerspjūvio centro atžvilgiu:

$$I_s = \rho_1 \cdot b \cdot d \left(\frac{d - a_2}{2} \right)^2 = 0,01 \cdot 400 \cdot 360 \left(\frac{360 - 40}{2} \right)^2 = 3,69 \cdot 10^7 \text{ mm}^4;$$

Sąlyginė kritinė jėga tuomet apskaičiuojama:

$$\begin{aligned} N_{\text{crit}} &= \frac{6,4 \cdot E_{cm}}{l_0^2} \left[\frac{I_c}{\varphi_\ell} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e I_s \right] = \\ &= \frac{6,4 \cdot 3 \cdot 10^4}{9625^2} \left[\frac{2,13 \cdot 10^9}{1,36} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,29} + 0,1 \right) + 6,67 \cdot 3,69 \cdot 10^7 \right] = 1750,21 \cdot 10^3 \text{ N} = 1750,21 \text{ kN}. \end{aligned}$$

Apskaičiuojamas koeficientas η iš (5.19) [21]:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{\text{crit}}}} = \frac{1}{1 - \frac{349,43}{1750,21}} = 1,25.$$

Tuomet skaičiuotinis ekscentricitetas e_e apskaičiuojamas:

$$e_e = e_0 \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 116,76 \cdot 1,25 + \frac{360 - 40}{2} = 305,95 \text{ mm}.$$

Reikalingas armavimas apskaičiuojamas pagal 84 p. [21].

Apskaičiuojamos armavimo koeficientų reikšmės:

$$\alpha_n = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d} = \frac{349,43 \cdot 10^3}{12 \cdot 400 \cdot 360} = 0,202;$$

$$\alpha_m = \frac{N_{Ed} \cdot e_e}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{349,43 \cdot 10^3 \cdot 305,95}{12 \cdot 400 \cdot 360^2} = 0,172.$$

Randama betono gniuždomosios zonos charakteristika:

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 12 = 0,754.$$

Apskaičiuojamas gniuždomosios zonos aukštis:

$$x_{\text{eff}} = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot b} = \frac{349,43 \cdot 10^3}{12 \cdot 400} = 72,8 \text{ mm}$$

Tuomet gniuždomosios zonos santykinis aukštis apskaičiuojamas:

$$\xi_{\text{eff}} = \frac{x_{\text{eff}}}{d} = \frac{72,8}{360} = 0,202$$

Apskaičiuojamas ribinis santykinis gniuždomosios zonos aukštis:

$$\xi_{\text{lim}} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,\text{lim}}}{\sigma_{sc,\text{lim}}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,754}{1 + \frac{360}{500} \left(1 - \frac{0,754}{1,1}\right)} = 0,615.$$

$\xi_{\text{eff}} = 0,202 < \xi_{\text{lim}} = 0,615$, sąlyga tenkinama.

Armatūros plotai $A_{s1} = A_{s2}$. Skaičiuojama armatūra su minimaliu armavimu:

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{0,01 \cdot b \cdot d}{2} = \frac{0,01 \cdot 40 \cdot 36}{2} = 7,2 \text{ cm}^2.$$

Iš asortimento parenkami 2 $\emptyset 22$ S400, kurio $A_{s1} = A_{s2} = 7,6 \text{ cm}^2$ vienoje skerspjūvio pusėje.

Kolono skersinė armatūra parenkama konstruktyviai. Skersinės armatūros skermuo turi būti ne mažesnis už $\frac{1}{3} \cdot 22 = 7,33 \text{ cm}$ (išilginės armatūros). Iš asortimento parenkama $\emptyset 10$ S240 armatūra. Maksimalūs atstumai tarp skersinių strypų $s = 20 \cdot d = 20 \cdot 22 = 440 \text{ mm}$, todėl imama $s = 40 \text{ cm}$ (ne daugiau už dvigubą elemento plotį). Ties kolonos galais armatūra suretinama kas 100 mm, kad atlaikytų vietinį glemžimą nuo rygelio ir į pamatą.

Gembės armavimas parenkamas pagal tipinius brėžinius. Ji armuojama plieninėmis sijelėmis, kurių juostos iš armatūros strypų, o sienelė iš lakštinio plieno.

Juostos parenkamos pagal išilginę kolonos armatūrą: 2 $\emptyset 22$ S400 $A_f = 7,6 \text{ cm}^2$.

Apskaičiuojamas atstumas tarp juostų centrų, kai gembės aukštis 0,15 m, o apsauginis betono sluoksnis iki armatūros- 0,035 m:

$$z = 0,15 - 2 \cdot 0,035 = 0,08 \text{ m}.$$

Sijelės sienelės aukštis:

$$h_w = z - d = 0,08 - 0,022 = 0,058 \text{ m}.$$

Sienelė iš lakštinio plieno S235, o jos storis $t_w = 12 \text{ mm}$.

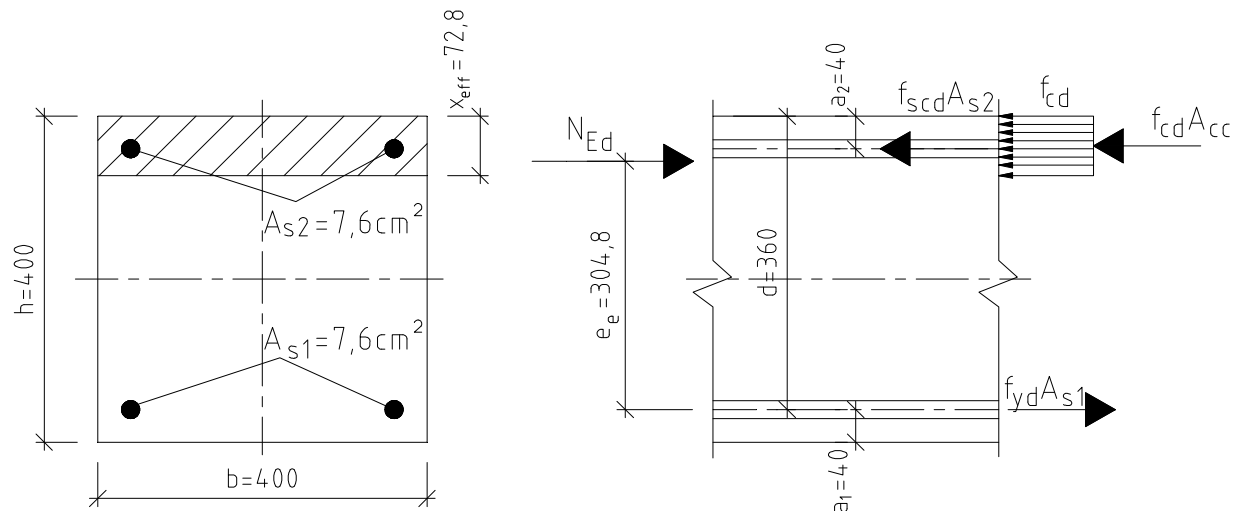
Išvada: iš asortimento parinkta išilginė kolonos armatūra 2 $\emptyset 22$ S400, kurios $A_{s1} = A_{s2} = 7,6 \text{ cm}^2$ vienoje skerspjūvio pusėje, skersinė armatūra $\emptyset 10$ S240 kas 0,4 m, o ties kolonos galais kas 0,1 m. Gembė armuojama plieninėmis sijelėmis, kurių juostos iš armatūros strypų 2 $\emptyset 22$ S400, o sienelės iš lakštinio plieno S235, $t_w = 12 \text{ mm}$, $h_w = 0,058 \text{ m}$.

Laikomosios galios tikrinimas

Kolono statmenojų pjūvio stiprumo skaičiuotinė schema pateikiama 2.2. pav.

Kolono laikomoji galia tikrinama pagal formulę:

$$N_{\text{Ed}} \cdot e_e \leq f_{\text{cd}} \cdot b \cdot x_{\text{eff}} (d - 0,5 \cdot x_{\text{eff}}) + f_{\text{sc,d}} \cdot A_{s2} (d - a_2). \quad (2.6)$$



2.2. pav. Ekscentriškai gniuždomos gelžbetoninės kolonos statmenojio pjūvio stiprumo skaičiuotinė schema

Kadangi apskaičiuotas reikalingas armatūros kiekis, skaičiavimo tikslumui, perskaičiuojamos kai kurios reikšmės.

$$I_s = (A_{s1} + A_{s2}) \left(\frac{d - a_2}{2} \right)^2 = (760 + 760) \left(\frac{360 - 40}{2} \right)^2 = 3,89 \cdot 10^7 \text{ mm}^4.$$

Tuomet kritinės jėgos reikšmė bus:

$$N_{\text{crit}} = \frac{6,4 \cdot E_{\text{cm}}}{l_0^2} \left[\frac{I_c}{\varphi_\ell} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e I_s \right] =$$

$$= \frac{6,4 \cdot 3 \cdot 10^4}{9625^2} \left[\frac{2,13 \cdot 10^9}{1,36} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,29} + 0,1 \right) + 6,67 \cdot 3,89 \cdot 10^7 \right] = 1777,86 \cdot 10^3 \text{ N} = 1777,86 \text{ kN}.$$

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{\text{Ed}}}{N_{\text{crit}}}} = \frac{1}{1 - \frac{349,43}{1777,86}} = 1,24.$$

Tuomet skaičiuotinis ekscentricitetas e_e apskaičiuojamas:

$$e_e = e_0 \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 116,76 \cdot 1,24 + \frac{360 - 40}{2} = 304,8 \text{ mm}.$$

Tikrinama (2.6) sąlyga:

$$N_{\text{Ed}} \cdot e_e \leq f_{\text{cd}} \cdot b \cdot x_{\text{eff}} (d - 0,5 x_{\text{eff}}) + f_{\text{sc,d}} \cdot A_{s2} (d - a_2);$$

$$349,43 \cdot 10^3 \cdot 304,8 < 12 \cdot 400 \cdot 72,8 (360 - 0,5 \cdot 72,8) + 365 \cdot 760 (360 - 40);$$

$$106,51 \text{ kN} \cdot \text{m} < 201,85 \text{ kN} \cdot \text{m}.$$

Sąlyga tenkinama, kolonos laikomoji galia pakankama.

Tikrinama sąlyga, ar kolonos liaunis neviršija ribinio liaunio.

$\lambda_{\text{lim}} = 120$, pagal [21] 226.2 punktą kolonoms kaip pastatų elementams.

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{l_0}{0,269 \cdot h} = \frac{9625}{0,269 \cdot 400} = 89,45 < \lambda_{\text{lim}} = 120.$$

Čia: i – stačiakampio skerspjūvio inercijos spindulys, mm.

Išvada: kolono laikomoji galia pakankama, liaunis neviršija ribinio.

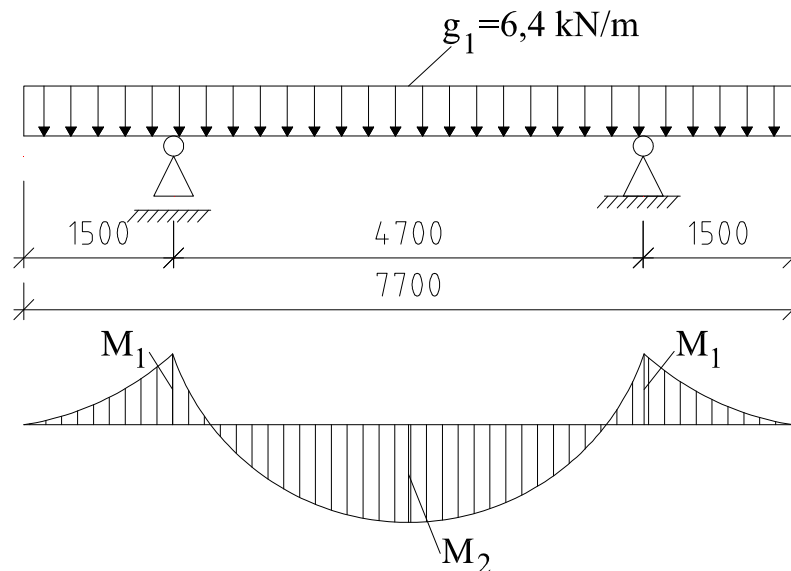
Kolonos stiprumas iki eksploatavimo

Kolona gaminama ir transportuojama horizontalioje padėtyje. Kėlimo kilpos- 1,5 m atstumu nuo galų (žr. 2.3. pav.). Šioje stadijoje kolona bus dvitramė sija su gembėmis ir apkrauta tolygiai paskirstyta savojo svorio apkrova, kuri dauginama iš dinaminio koeficiento $\varphi_1 = 1,6$.

Kolonos ilgis $l = 7,7 \text{ m}$.

Savojo svorio apkrova:

$$g_1 = b \cdot h \cdot \rho_c \cdot \varphi_1 = 0,4 \cdot 0,4 \cdot 2500 \cdot 10^{-2} \cdot 1,6 = 6,4 \text{ kN/m}.$$



2.3. pav. Skaičiuojamoji schema koloną transportuojant

$$l_1 = 1,5 \text{ m}, l_2 = 4,7 \text{ m}.$$

Skaičiuojami lenkimo momentai:

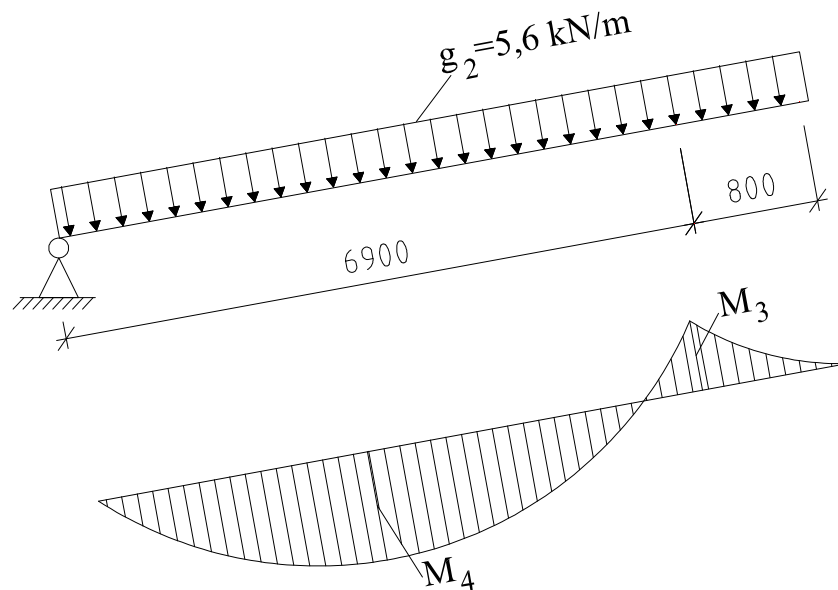
$$M_1 = \frac{g_1 \cdot l_1^2}{2} = \frac{6,4 \cdot 1,5^2}{2} = 7,2 \text{ kN} \cdot \text{m}.$$

$$M_2 = \frac{g_1 \cdot l_2^2}{8} - M_1 = \frac{6,4 \cdot 4,7^2}{8} - 7,2 = 10,47 \text{ kN} \cdot \text{m}.$$

Kadangi koloną reikės iš horizontalios padėties pakelti į vertikalią, 0,8 m nuo jos viršaus įbetonuojamas 40 mm skersens vamzdelis. Šioje stadijoje kolona bus dvitramė sija su viena gembe ir apkrauta išskirstyta savojo svorio apkrova (žr. 2.4. pav), kuri dauginama iš dinaminio koeficiento $\varphi_2 = 1,4$.

Savojo svorio apkrova:

$$g_2 = b \cdot h \cdot \rho_c \cdot \varphi_2 = 0,4 \cdot 0,4 \cdot 2500 \cdot 10^{-2} \cdot 1,4 = 5,6 \text{ kN/m}.$$



2.4. pav. Skaičiuojamoji schema koloną keliant

$$l_3 = 0,8 \text{ m}, l_2 = 6,9 \text{ m}.$$

Skaičiuojami lenkimo momentai:

$$M_3 = \frac{g_2 \cdot l_3^2}{2} = \frac{5,6 \cdot 0,8^2}{2} = 1,79 \text{ kN} \cdot \text{m}.$$

$$M_4 = \frac{g_2 \cdot l_4^2}{8} - \frac{M_3}{2} = \frac{5,6 \cdot 6,9^2}{8} - \frac{1,79}{2} = 32,43 \text{ kN} \cdot \text{m}.$$

Anksčiau apskaičiuotas sperspjūvio naudingasis aukštis

$$d = 360 \text{ mm}.$$

Kolonos skerspjūvis, armuotas 4 $\emptyset$ 22 S400, kurio ($A_{s1} = A_{s2} = 7,6 \text{ cm}^2$), atlaikys tokį lenkimo momentą:

$$M_u = f_{yd} \cdot A_{s1} (d - a_2) = 365 \cdot 10^3 \cdot 7,6 \cdot 10^{-4} (0,36 - 0,04) = 88,77 \text{ kN} \cdot \text{m}.$$

$$M_u = 88,77 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_1 = 7,2 \text{ kN} \cdot \text{m}, M_2 = 10,47 \text{ kN} \cdot \text{m}, M_3 = 1,79 \text{ kN} \cdot \text{m}, M_4 = 32,43 \text{ kN} \cdot \text{m}.$$

Išvada: sąlyga tenkinama, montuojamos ir transportuojamos kolonos stiprumas pakankamas.

Kolonos darbo brėžiniai pateikiami S.23.07.KD.

2.3. Metalinės sijos SI-12 skaičiavimas

Kadangi laikantis profiliuotas paklotas naudojamas tik daliai pastato, skaičiuojamos kitokios stogo konstrukcijos apkrovos, tenkančios sijos 1 m^2 (2.3 lentelė).

Sniego apkrovos, paskaičiuotos anksčiau, paimamos iš (2.1 lentelės):

charakteristinė apkrova $s_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$;

skaičiuotinė apkrova $s = 1,56 \text{ kN/m}^2$.

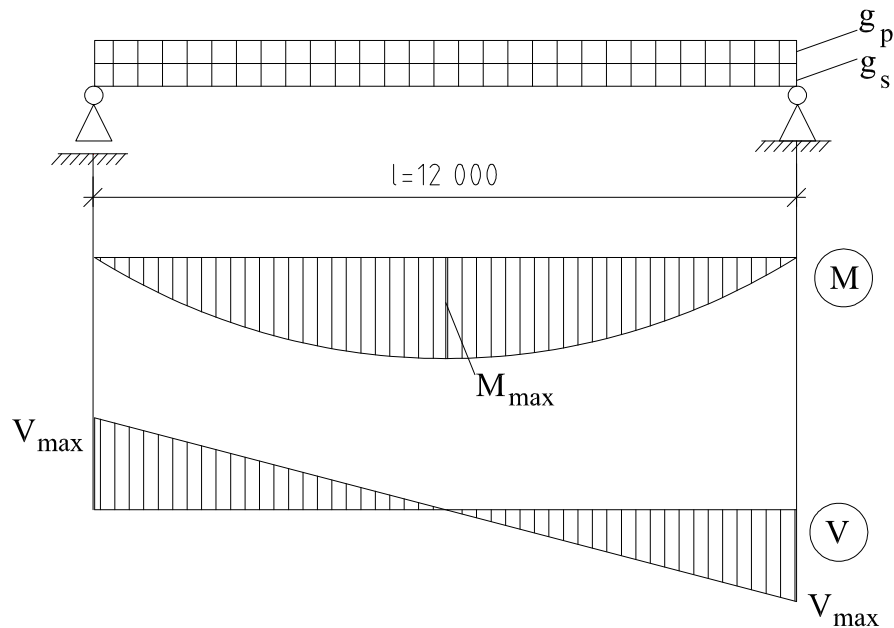
2.3 lentelė. Apkrovos, tenkančios sijos 1 m^2

Eil. nr.	Apkrovos pavadinimas	Tankis, kg/m^3	Storis, mm	Svoris, kg/m^2	Charakteristinė apkrova, kN/m^2	Daliniai koef. γ_G ir γ_Q	Skaičiuojamoji apkrova, kN/m^2
1.	Prilydomoji stogo danga 2sl.: - viršutinis „MIDA TECHNOELAST“ PV S4b ($5,2 \text{ kg/m}^2$); - apatinis „MIDA TECHNOELAST“ PV S4s (5 kg/m^2)	-	-	10,2	0,102	1,35	0,138
2.	Mineralinės vatos plokštė „PAROC“ ROB 60, 20 mm	180	20	3,6	0,036	1,35	0,049
3.	Mineralinės vatos plokštė „PAROC“ ROS 30	120	160	19,2	0,192	1,35	0,259
4.	Mineralinės vatos plokštė „PAROC“ ROB 60, 20 mm	180	20	3,6	0,036	1,35	0,049
5.	Garo izoliacija 0,3mm PE plėvelė	-	-	0,3	0,003	1,35	0,004
6.	Laikantis profiliuotas paklotas „Ruukki“ T153-40L-840	-	-	18	0,180	1,35	0,243
7.	Pakabinamos lubos	-	-	20	0,200	1,35	0,270
Suminė apkrova:					$g_k = 0,757$	-	$g = 1,012$

Sijos SI-12 skaičiuojamoji schema pateikta 2.5. pav.

Parenkama dvitėjinio profilio sija HEB 320 (EN-19-57), dėl mažesnio sijos aukščio norint sulyginti skirtingų stogų konstrukcijų aukščius.

Sijos savasis svoris: $g_s = 127 \text{ kg/m} = 1,27 \text{ kN/m}$.



2.5. pav. Sijos skaičiuojamoji schema

Skaičiuojamos apkrovos, tenkančias sijos tiesiniam metrui.

Charakteristinė apkrova:

$$p_k = g_s + g_k \cdot a + s_k \cdot a; \quad (2.7)$$

čia: a - atstumas tarp sijų, m.

$$p_k = 1,27 + 0,757 \cdot 6 + 1,2 \cdot 6 = 13,01 \text{ kN} / \text{m}.$$

Skaičiuotinė apkrova:

$$p_d = \gamma_G \cdot g_s + g \cdot a + s \cdot a; \quad (2.8)$$

$$p_d = 1,1 \cdot 1,27 + 1,012 \cdot 6 + 1,56 \cdot 6 = 16,3 \text{ kN} / \text{m}.$$

Lenkimo momentų ir skersinių jėgų skaičiavimas

Skaičiuojame didžiausią lenkimo momentą, veikiantį ties sijos viduriu:

$$M_{\max} = \frac{p \cdot l^2}{8}; \quad (2.9)$$

$$M_{\max, 1k} = \frac{13,01 \cdot 12^2}{8} = 234,18 \text{ kN} \cdot \text{m};$$

$$M_{\max, 1} = \frac{16,3 \cdot 12^2}{8} = 293,4 \text{ kN} \cdot \text{m}.$$

Skaičiuojame skersines jėgas:

$$V_{\max} = \frac{p \cdot l}{2}; \quad (2.10)$$

$$V_{\max, 1k} = \frac{13,01 \cdot 12}{2} = 78,02 \text{ kN};$$

$$V_{\max,1} = \frac{16,3 \cdot 12}{2} = 97,8 \text{ kN.}$$

Sijos SI-12 skerspjuvio parinkimas ir tikrinimas

Siją veikia tokios didžiausios įrašos:

$$M_{ED} = M_{\max,1} = 293,4 \text{ kN} \cdot \text{m};$$

$$V_{ED} = V_{\max,1} = 97,8 \text{ kN.}$$

Saugos ribinis būvis

Lenkiant vienoje iš svarbiausių plokštumų, kai $\tau \leq 0,9 f_{s,d}$, stiprumas tikrinamas:

$$\frac{M_{ED}}{M_{pL,Rd}} \leq 1 \quad (2.11)$$

čia: M_{ED} – maksimali skaičiuotinė lenkiamojo momento reikšmė;

$M_{pL,Rd}$ – skerspjuvio lenkiamasis atsparis pagal takumo ribą.

$$M_{pL,Rd} = C_{pl,1} \cdot W_{net, min} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c; \quad (2.12)$$

čia: $C_{pl,1}$ – koeficientas, įvertinantis plastinį darbą ([22] 7.5 lentelė);

$W_{net, min}$ – minimalus skerspjuvio atsparumo momentas;

$f_{y,d}$ – plieno skaičiuojamasis lenkiamasis stipris;

γ_c – darbo sąlygų koeficientas ([22] 7.1 lentelė).

Pasirenkamas S275 plienas pagal LST EN 10025–2; plieno charakteristinis stipris pagal takumo ribą $f_y = 275 \text{ MPa}$ ([22] 6.5 lentelė).

$$f_{y,d} = f_y / \gamma_m = 275 / 1,1 = 250 \text{ MPa};$$

čia: γ_m – medžiagos patikimumo koeficientas.

Plieno skaičiuojamasis šlyties stipris:

$$f_{s,d} = \frac{0,58 \cdot f_y}{\gamma_m} = \frac{0,58 \cdot 275}{1,1} = 145 \text{ MPa} \text{ ([22] 6.3 lentelė).}$$

HEB 320

$h = 320 \text{ mm};$

$b = 300 \text{ mm};$

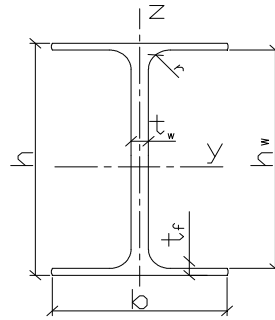
$t_w = 11,5 \text{ mm};$

$t_f = 20,5 \text{ mm};$

$A = 161,3 \text{ cm}^2;$

$I_y = 30820 \text{ cm}^4;$

$W_y = 1926 \text{ cm}^3.$



2.6. pav. Skerspjūvio matmenys

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{t_f \cdot b}{t_w \cdot h_w} = \frac{20,5 \cdot 300}{11,5 \cdot (320 - 2 \cdot 20,5)} = 1,92.$$

$C_{pl,1} = 1,05$ ([22] 7.5 lentelė).

Tuomet tangentiniai įtempiai bus:

$$\tau = \frac{V_{E,d}}{t_w \cdot h} = \frac{97,8 \cdot 10^3}{11,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,32} = 26,58 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 26,58 \text{ MPa} < 0,9 \cdot 145 = 130,5 \text{ MPa}.$$

Pagal (2.12) formulę skaičiuojame skerspjūvio lenkiamąjį atsparį:

$$M_{pL,Rd} = 1,05 \cdot 1926 \cdot 10^{-6} \cdot 250 \cdot 10^6 \cdot 1,0 = 505,31 \text{ kN} \cdot \text{m};$$

Tikrinama, ar (2.11) formulės sąlyga tenkinama:

$$\frac{293,4}{505,31} = 0,58 < 1.$$

Skaičiuojama atsarga:

$$\frac{505,31 - 293,4}{505,31} \cdot 100\% = 41,94\%.$$

Gaunama gana didelė stiprumo atsarga, tačiau mažesnio skerspjūvio sijos parinkti negalima, nes netenkinamas tinkamumo ribinis būvis, įlinkiai viršija ribinius. Kito skerspjūvio sijos parinkimas negalimas, nes dėl aukšto profilio (tinkamas tik IPE450) padidėja stogo dalies aukštingumas, kinta viso pastato parapetų aukščiai. Todėl projektuojamam pastatui priimama sija HEB 320.

Išvada: sąlyga tenkinama, skerspjūvio stiprumas yra pakankamas.

Tinkamumo ribinis būvis

Tikrinamas sijos įlinkis nuo charakteristinių apkrovų.

$$d = \frac{5}{384} \cdot \frac{p_k \cdot l^4}{E \cdot I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{13,01 \cdot 10^3 \cdot 12^4}{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 30820 \cdot 10^{-8}} = 0,055 \text{ m} = 5,5 \text{ cm}.$$

Tikrinama sąlyga $d < d_{lim}$:

$$0,055 \text{ m} < d_{lim} = 12/200 = 0,06 \text{ m}.$$

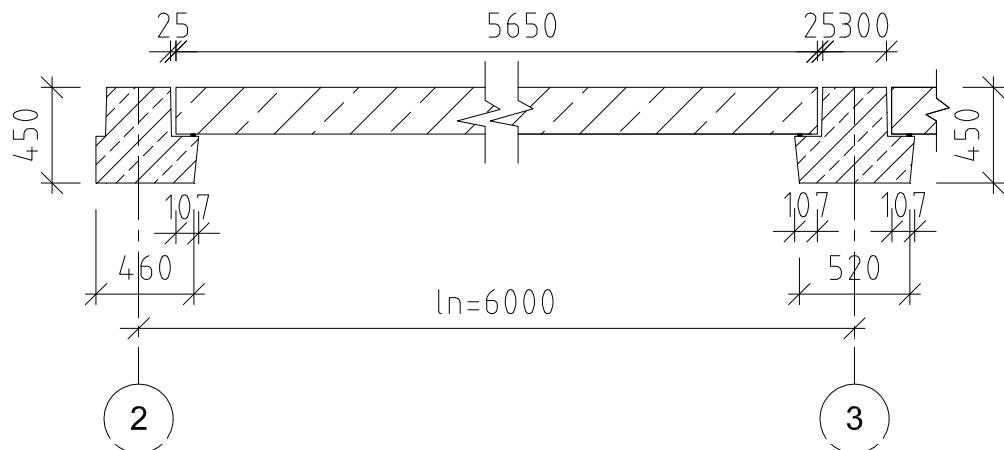
Išvada: sąlyga tenkinama, sijos standumas pakankamas, įlinkis neviršija ribinio įlinkio.

Brėžiniai pateikiami S.23.07.KD.

2.4. Perdangos plokštės PK 56.12-12AtIVCT projektavimas

Pradiniai duomenys

Atstumai tarp rygelių (rėmsių) ašių $L=l_n=6$ m, $t=0,025$ m, plokštės atrėmimo ilgis $a_1=a_2=0,107$ m, plokštės konstrukcinis ilgis $l_k=5,65$ m, rygelio plotis $b=0,30$ m (2.7. pav.). Kiaurymėtosios perdangų plokštės nominalusis plotis $b_n=1,2$ m.



2.7. pav. Perdangos fragmentas skersiniame pjūvyje

Pastato plotų panaudojimo kategorija – C1 (10.1 lent.[20]) (plotai, kuriuose renkasi žmonės, mokyklose, kt. įstaigose su stalais). Charakteristinė (norminė) naudojimo apkrova ant perdangų $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$, koncentruota apkrova $Q_k=4 \text{ kN}$ (10.2 lent. [20]), o taip pat pertvarų tolygiai išskirstyta apkrova $q_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$ (141.10.1 p. [20]).

Pastato atsparumo ugniai laipsnis – I, o perdangų atsparumas ugniai REI 60 (2 lent. [1]). Pastato aplinkos sąlygų klasė- kai nėra korozijos ar agresijos rizikos- X0 (1 lent. [21]), o patalpų santykinis oro drėgnis $RH = 50\%$.

Plokštės medžiagos, pleišetumo reikalavimai ir gamyba

Kiaurymėtoji įtemptojo gelžbetonio perdangų plokštė gaminama iš normaliojo C25/30 klasės betono (betono stipriai ir deformacijos pateikti 5 lent [21]). Išilginė tempiamoji A800 klasės armatūra (parenkama iš [21] priedo 3 lent.) įtempiama elektroterminiu būdu į atsparas (plieninių klojinių galus). Gaminys apdorojamas termiškai natūralaus slėgio garų kameroje. Betono stipris apspaudimo metu $f_{cp} = 0,8 f_{ck} = 0,8 \times 25 = 20 \text{ MPa}$.

Plokštei leidžiami betono plyšiai, kurių ribinės pločių atsivėrimo reikšmės: trumpalaikio atsivėrimo $w_{lim1}=0,30 \text{ mm}$, ilgalaikio atsivėrimo $w_{lim2}=0,20 \text{ mm}$ (24 lent. [21]). Plokštės viršutinė lentyna armuojama S500 klasės armatūrinės vielos suvirintu tinklu. Pakėlimo kilpos daromos iš S240 klasės armatūros.

Plokštės naudojimo situacijos saugos ribinio būvio skaičiavimas

Apkrovų skaičiavimas

Apskaičiuojamos nuolatinės skaičiuotinės situacijos apkrovos, kai perdangų plokštę veikia nuolatinės ir kintamosios apkrovos.

Nuolatinė apkrova apskaičiuojama pagal 2.8. pav. duomenis, o kintamosios (laikinosios) apkrovos – imamos iš literatūros [20].

Konstrukcinio i -tojo elemento savojo svorio apkrova g_i apskaičiuojama: $g_i = \gamma_i t_i$. Medžiagų vienetiniai svoriai pateikti reglamento [19] 11 priede.

Plokštės apkrovos ir poveikiai apskaičiuojami 2.4 lentelėje. Kadangi plokštė šioje dalyje yra projektuojama, tai apkrovos paskaičiuojamos atskirai, o 2.1 lentelėje naudojama jau tiksliai paskaičiuota g/b perdangos apkrova. Atsižvelgiant į 141.10 p. [20], kilnojamųjų pertvarų apkrova sumuojama su naudojimo apkrova. Tuomet į perdangos plokštę veikia viena kintamoji apkrova $q_k = 3,0 + 0,5 = 3,5 \text{ kN/m}^2$.

Apkrovų poveikių patikimumo koeficientų γ reikšmės parinktos pagal lentelę „Poveikių skaičiuotinės reikšmės (STR/GEO – B grupė)“ (3 lentelė, 10 priedas [20]):

$$\gamma_{G,sup} = 1,35;$$

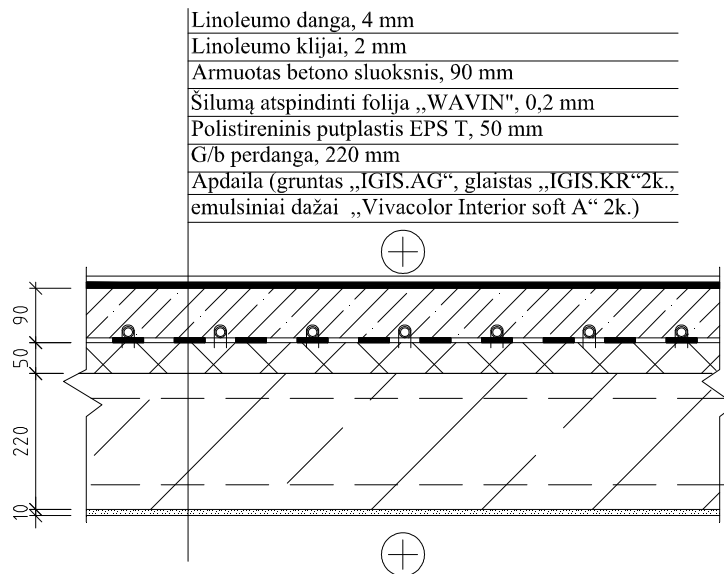
$$\gamma_{G,inf} = 1,0;$$

$$\gamma_{Q,1} = 1,30 \text{ (poveikis nepalankus);}$$

$$\gamma_{Q,1} = 1,0 \text{ (poveikis palankus).}$$

2.4. lentelė. Apkrovos ir poveikiai

Charakteristinės apkrovos, kN/m^2	Poveikio patikimumo koeficientai (γ)		Skaičiuotinės poveikių reikšmės, kN/m^2	
	Tinkamumo ribiniams būviams	Saugos ribiniams būviams	Tinkamumo ribiniams būviams	Saugos ribiniams būviams
Nuolatinės (G):				
1. Linoleumas $0,004 \cdot 12 = 0,048$	$\gamma_{G,1} = 1,0$	$\gamma_{G,1} = 1,35$	0,048	0,065
2. Linoleumo kilijai $0,002 \cdot 13 = 0,026$	$\gamma_{G,2} = 1,0$	$\gamma_{G,2} = 1,35$	0,026	0,035
3. Armuotas betono sluoksnis $0,09 \cdot 28 = 2,52$	$\gamma_{G,3} = 1,0$	$\gamma_{G,3} = 1,35$	2,52	3,402
4. Polistireninis putplastis $0,1 \cdot 6,4 = 0,64$	$\gamma_{G,4} = 1,0$	$\gamma_{G,4} = 1,35$	0,64	0,864
5. Gelžbetoninė plokštė 2,60	$\gamma_{G,6} = 1,0$	$\gamma_{G,6} = 1,35$	2,60	3,51
Suminė skaičiuotinė apkrova g_{d2} , kN/m^2	-	-	$g_{d2} = 5,834$	$g_{d2} = 7,876$
Kintamoji (Q) naudojimo apkrova ir kilnojamų pertvarų $q_k = 3,0 + 0,5 = 3,5$	$\gamma_Q = 1,0$	$\gamma_Q = 1,30$	$q_{d2} = 3,5$	$q_{d2} = 4,55$



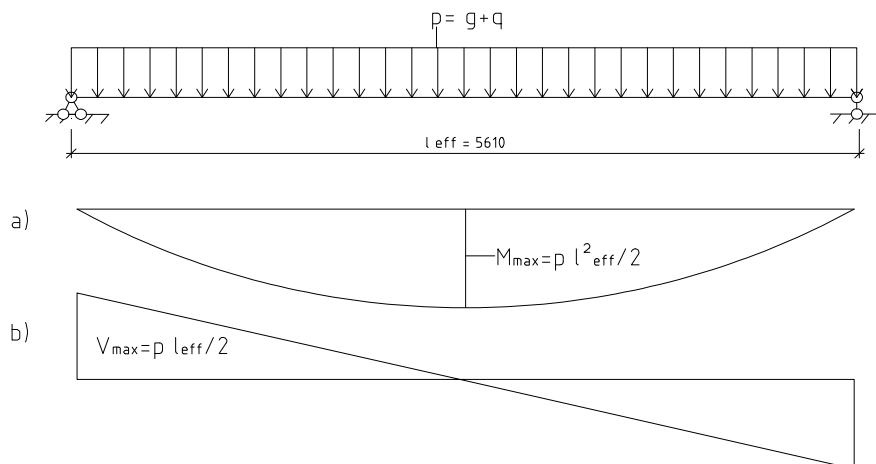
2.8. pav. Grindų konstrukcija

Plokštės skaičiuotinė schema ir poveikių efektai (įrašos)

Atsižvelgiant į 2.7. pav. duomenis, plokštės tarpatramio skaičiuotinis (efektyvusis) ilgis (2.9. pav.) apskaičiuojamas:

$$l_{\text{eff}} = l_n - 0,20 + a_1/3 - b/2 - t - (1/2)a_2 = 6,0 - 0,20 + 0,107/3 - 0,30/2 - 0,025 - (1/2) 0,107 \approx 5,61 \text{ m};$$

čia: $a_1 = a_2 = 0,107 \text{ m}$, $l_n = 6,0 \text{ m}$, $b = 0,30 \text{ m}$, $t = 0,025 \text{ m}$, $l_k = 5,65 \text{ m}$).



2.9. pav. Plokštės skaičiuotinė schema ir jos lenkimo momentų (a) bei skersinių jėgų (b) diagramos

Skaičiuotinės poveikių reikšmės 1 m plokštės ilgio, kai jos nominalusis plotis $b_n = 1,2 \text{ m}$:

– nuolatinių apkrovų, įskaitant plokštės savąjį svorį:

$$g_d = g_{d2} \cdot b_n = 7,876 \cdot 1,2 = 9,45 \text{ kN/m};$$

– plokštės savojo svorio:

$$g_{ds} = g_{ks} \cdot b_n = 2,60 \cdot 1,35 \cdot 1,2 = 4,21 \text{ kN/m};$$

– kintamųjų apkrovų:

$$q_d = q_{d2} \cdot b_n = 4,55 \cdot 1,2 = 5,46 \text{ kN/m};$$

– suminis apkrovų poveikis:

$$p_d = g_d + q_d = 9,45 + 5,4 = 14,91 \text{ kN/m.}$$

Poveikių efektai (įrašos). Skaičiuotinai poveikių efektai nuolatinei situacijai:

– lenkimo momentas plokštės tarpatramyje nuo suminio poveikio:

$$M_{Ed} = p_d \cdot l_{eff}^2 / 8 = 14,91 \cdot 5,61^2 / 8 = 58,66 \text{ kN} \cdot \text{m};$$

– didžiausia skersinė jėga :

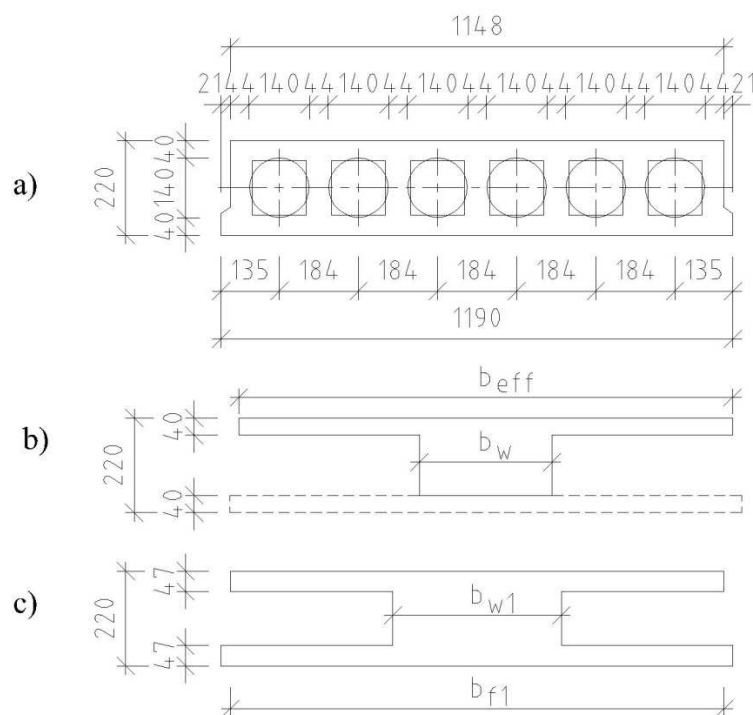
$$V_{Ed} = p_d \cdot l_{eff} / 2 = 14,91 \cdot 5,61 / 2 = 41,82 \text{ kN.}$$

Plokštės geometriniai skerspjūvio matmenys

Įtemptojo gelžbetonio kiaurymėtosios perdangų plokštės skerspjūvio aukštis $h = l_{eff} / 30 = 5,61 / 30 = 0,187 \text{ m}$; imamas $h = 0,22 \text{ m}$.

Skerspjūvio naudingasis aukštis $d = h - a_1 = 0,22 - 0,045 = 0,175 \text{ m}$, $a_1 = 0,045 \text{ m}$, įvertinant 230.2 p. [21] nurodymus (2.10 pav.).

Kiti skerspjūvio matmenys, imant 6 kiaurymes, kurių skersmuo $\phi_h = 0,140 \text{ m}$: viršutinės ir apatinės lentynų storis $(0,220 - 0,140) / 2 = 0,04 \text{ m}$; briaunų plotis: $(1148 - 6 \cdot 140) / 7 = 44 \text{ mm} = 0,044 \text{ m}$.



2.10. pav. Plokštės skerspjūviai:

a – tikrasis; b – skaičiuotinis saugos; c – skaičiuotinis tinkamumo ribiniams būviams.

Atsižvelgiant į rekomendacijų reikalavimus, plokštės normalinio pjūvio stipriui apskaičiuoti imamas tėjinis skerspjūvis (2.10. pav. b), kurio $h = 0,22 \text{ m}$, $h_{eff} = 0,04 \text{ m}$, $b_{eff} = 1,148 \text{ m}$,

$$b_w = b_{eff} - n_k \cdot \phi_h = 1,148 - 6 \cdot 0,140 = 0,308 \text{ m.}$$

Tikrinant plokštės atitikimą tinkamumo ribinių būvių sąlygoms, kiaurymės keičiamos stačiakampėmis taip, kad jų plotas ir inercijos momentas liktų nepasikeitę. Stačiakampės kiaurymės

aukštis $h_1 = 12I / A$, plotis $b_1 = A/h_1$ (čia A ir I – ovalo ir kitokios skerspjūvio formos kiaurymių atitinkamai plotas ir inercijos momentas). Apskritos kiaurymės, kurių skersmuo $\varnothing h$, pakeičiamos kvadratinėmis su kraštine $h_1 = 0,9 \varnothing h$ ($h_1 = 0,9 \cdot 0,14 = 0,126$).

Plokštės su apskritomis kiaurymėmis atitikimas tinkamumo ribinių būvių sąlygoms skaičiuojamas imant tokius ekvivalentiško skerspjūvio matmenis:

$$h = 0,22 \text{ m},$$

$$h_{eff1} = h_{f1} = (h - 0,9 \varnothing h) / 2 = (0,22 - 0,9 \cdot 0,140) / 2 = 0,047 \text{ m},$$

$$b_{eff} = 1,148 \text{ m}, b_{f1} = 1,190 \text{ m},$$

$$b_{w1} = b_{eff} - n k \cdot 0,9 \varnothing h = 1,148 - 6 \cdot 0,9 \cdot 0,140 = 0,392 \text{ m}.$$

Betono ir armatūros savybių rodikliai

Normaliojo C25/30 stiprio gniuždant klasės betono mechaninių savybių rodikliai (žr. VII skyrių, 1 skirsn. [21]): $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$, $f_{ctk,0,05} = 1,8 \text{ MPa}$, $E_{cm} = 31 \cdot 10^3 \text{ MPa}$. Betono apspaudimo stipris $f_{cp} = 0,8 \cdot 25 = 20 \text{ MPa}$. Skaičiuotiniai betono stipriai saugos ribiniams būviams: gniuždant – $f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 25 / 1,5 = 15 \text{ MPa}$, tempiant – $f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0,05} / \gamma_c = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,8 / 1,5 = 1,08 \text{ MPa}$. Skaičiuotiniai stipriai tinkamumo ribiniams būviams: gniuždant – $f_{cd} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 25 / 1,0 = 22,5 \text{ MPa}$, tempiant – $f_{ctd} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,8 / 1,0 = 1,62 \text{ MPa}$.

Iš anksto įtemptoji armatūra – A800 klasės strypai (3 lent. [21] 3 priedas), kurios mechaninių savybių rodikliai: charakteristinis stipris $f_{yk} = 785 \text{ MPa}$, skaičiuotinis tempiamasis stipris $f_{yd} = 714 \text{ MPa}$, gniuždomasis stipris $f_{pdc} = 400 \text{ MPa}$, tamprumo modulis $E_{sm} = 2,05 \cdot 10^3 \text{ MPa}$.

Viršutinės plokštės lentyna armuojama konstruktyviai suvirintu S500 klasės vielos tinklu. Plokštės briaunų ruožai atstumu $l_{eff} / 4 = 5,61 / 4 = 1,4 \text{ m}$ nuo atramų armuojami plokščiais strypynais, suvirintais iš A400 klasės armatūros, kurios mechaninių savybių rodikliai: $f_{yd} = 355 \text{ MPa}$, $f_{ywd} = f_{yd} \cdot \gamma_{s1} \cdot \gamma_{s2} = 355 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 256 \text{ MPa}$ (skaičiuojant skersinę armatūrą – ((2.17) formulė [21] 3 priede). Plokštės pakėlimo kilpų armatūra A240 klasės, kurios $f_{yd} = 214 \text{ MPa}$.

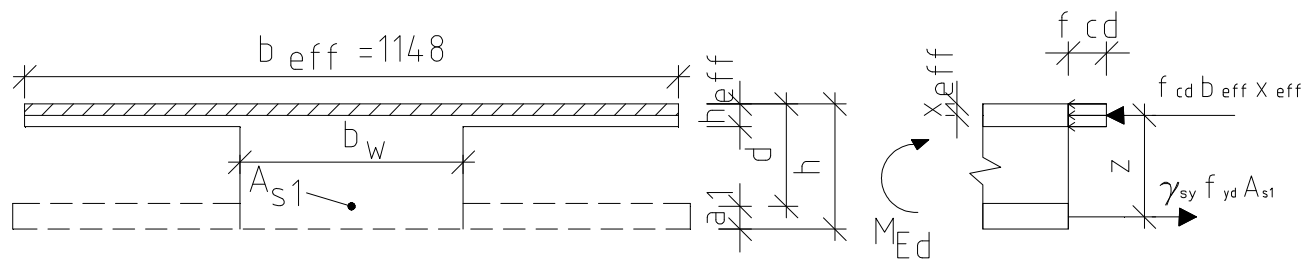
Preliminarinis iš anksto įtemptosios armatūros skaičiavimas

Iš anksto įtemptoji armatūra apskaičiuojama pagal 2.11. pav. pateiktą schemą. Ekvivalentiško skerspjūvio matmenys:

$$h = 0,22 \text{ m}; \quad h_{eff} = 0,040 \text{ m};$$

$$d = 0,175 \text{ m}; \quad b_w = 0,392 \text{ m}.$$

Santykis $h_{eff} / h = 0,040 / 0,22 = 0,182 > 0,1$, todėl skaičiuotinis tęjinio skerspjūvio gniuždomosios lentynos plotis $b_{eff} = 1,148 \text{ m}$.



2.11. pav. Plokštės normalinio pjūvio stiprumo skaičiuotinė schema

Atsižvelgiant į reglamento [21] 139 p., pradiniai išankstiniai armatūros įtempiai imami:

$$\sigma_p = 0,7 \cdot f_{yk} = 0,7 \cdot 785 = 550 \text{ MPa.}$$

Tikrinama (12.2) sąlyga [21]: elektroterminio armatūros įtempimo atveju įtempių nuokrypis:

$$p = 30 + 360 / l = 30 + 360 / (1,05 \cdot 5,61) = 91 \text{ MPa;}$$

$$\sigma_p + p = 550 + 91 = 641 < f_{pk} = 785 \text{ MPa – sąlyga įvykdyta.}$$

Skaičiavimuose armatūros pradinio išankstinio įtempio reikšmės dauginamos iš armatūros įtempimo tikslumo koeficiento (žr. 143 p. [21]).

$$\gamma_{sp} = 1 \pm \Delta\gamma_{sp};$$

čia: $\Delta\gamma_{sp}$ – dydis, kuris armatūrą įtempiant elektroterminiu būdu nustatomas pagal (12.6) formulę, imant įtempiamų strypų skaičių $n_p = 5$,

$$\Delta\gamma_{sp} = 0,5 \cdot \frac{p}{\sigma_p} \cdot \left(1 + \frac{1}{\sqrt{n_p}} \right) \geq 0,1 = 0,5 \cdot \frac{91}{641} \cdot \left(1 + \frac{1}{\sqrt{5}} \right) = 0,103 > 0,1, \text{ tai imama } \Delta\gamma_{sp} = 0,1.$$

Esant nepalankiai išankstinio įtempimo įtakai – $\gamma_{sp} = 1 + \Delta\gamma_{sp} = 1 + 0,1 = 1,1$;

esant palankiai išankstinio įtempimo įtakai – $\gamma_{sp} = 1 - \Delta\gamma_{sp} = 1 - 0,1 = 0,90$ (pvz., skaičiuojant stiprumą armatūros, esančios zonoje, kuri yra gniuždoma veikiant apkrovai, taip pat skaičiuojant gamybos stadijoje).

Įvertinus įtempimo tikslumą, armatūros išankstiniai įtempiai $\sigma_p = 0,90 \cdot 550 = 495 \text{ MPa}$.

Iš anksto įtemptosios armatūros kiekis apskaičiuojamas iš plokštės normalinio pjūvio, kuriame veikia didžiausias lenkimo momentas, stiprumo sąlygos; čia $M_{Ed} = 58,66 \text{ kNm}$.

Lenkiamo elemento gniuždomosios zonos ribinis santykinis aukštis apskaičiuojamas pagal reglamento [21] (8.14 ir 8.15) formules:

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1} \right)} = \frac{0,73}{1 + \frac{459}{500} \left(1 - \frac{0,73}{1,1} \right)} = 0,56;$$

čia ω – betono gniuždomosios zonos charakteristika.

Ši charakteristika apskaičiuojama pagal formulę:

$$\omega = \alpha - 0,008 f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,730.$$

Kadangi $f_{pk} = 785 > 400 \text{ MPa}$, tai įtempiai bus lygūs:

$$\sigma_{s,lim} = f_{yd} + 400 - \sigma_p - \Delta\sigma_p = 714 + 400 - 550 - 160 = 459 \text{ MPa;}$$

$\Delta\sigma_p = 1500 \cdot \sigma_p / f_{yd} - 1200 = 1500 \cdot 550 / 714 - 1200 = 160 \text{ MPa} > 0$, nes A800 klasės strypų $f_{pk} = 785 > 600 \text{ MPa}$ ir įtempiami elektroterminiu būdu (1 priedas [21]);

$\sigma_{sc,lim} = 500 \text{ MPa}$, kadangi betonas normalusis.

Laikant, kad neutralioji ašis yra tėjinio skerspjūvio lentynoje, t.y. $x_{eff} \leq h_{eff}$, koeficientas μ_{Ed} gaunamas iš $\Sigma M = 0$:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot d^2} = \frac{0,05866}{15 \cdot 1,148 \cdot 0,175^2} = 0,111.$$

Pagal 3 priedo [21] (4.11) formulę santykinis gniuždomosios zonos aukštis:

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Ed}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,111} = 0,118 < \xi_{lim} = 0,560;$$

Kadangi $x_{eff} = \xi_{eff} \cdot d = 0,118 \cdot 0,175 = 0,021 \text{ m} < h_{eff} = 0,040 \text{ m}$, neutralioji ašis yra tėjinio profilio lentynoje, prielaida buvo teisinga.

Apskaičiuojant gelžbetonio plokštę, armuotą stipriąja armatūra ($f_{yk} = 785 > 550 \text{ MPa}$), kai $\xi_{eff} < \xi_{lim}$, skaičiuotinis armatūros stipris f_{yd} dauginamas iš koeficiento γ_{sy} ((8.16) formulė [21]):

$$\gamma_{sy} = \eta - (\eta - 1) \left(2 \frac{\xi_{eff}}{\xi_{lim}} - 1 \right) = 1,2 - (1,2 - 1) \left(2 \frac{0,118}{0,560} - 1 \right) = 1,32 > 1,15.$$

Priimame, kad $\gamma_{sy} = \eta = 1,15$; čia $\eta = 1,15$, nes $f_{yk} = 785 > 750 \text{ MPa}$.

Armatūros skerspjūvio plotas nustatomas iš projekcijų lygties ($\Sigma N = 0$), kai $A_{s2} = 0$, $b = b_{eff}$:

$$A_{s1} = \xi_{eff} \cdot b_{eff} \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd} \cdot \gamma_{sy}} = 0,118 \cdot 1,148 \cdot 0,175 \cdot \frac{15}{714 \cdot 1,15} = 0,000433 \text{ m}^2 = 4,33 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 4,33 \text{ cm}^2.$$

Iš sortimento lentelės imama 5 Ø 12 A800, kurių $A_{s1} = 5,65 \text{ cm}^2 = 5,65 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$.

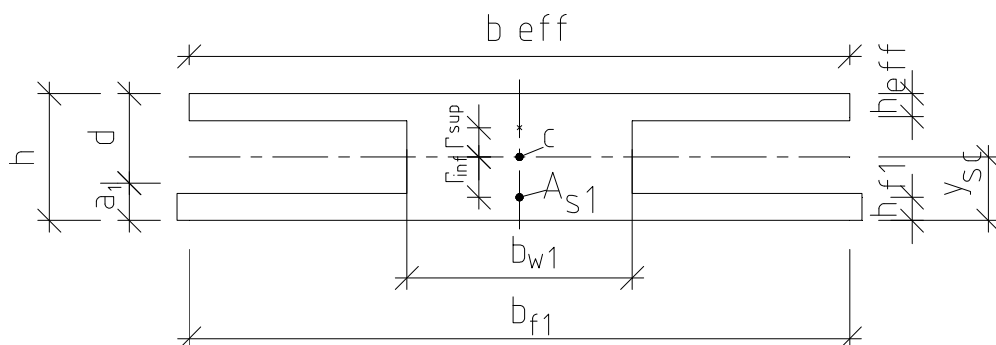
$$\Delta A = \frac{5,65 - 4,33}{5,65} \cdot 100\% = 23,4\%.$$

Priimama aukštesnės klasės armatūra, priimant atsargą.

Išvada: išilginei įtemptajai armatūrai parinkti 5 Ø12 A800, $A_{s1} = 5,65 \text{ cm}^2$.

Plokštės ekvivalentiško skerspjūvio geometriniai rodikliai

Plokštės ekvivalentiško skerspjūvio geometriniai rodikliai apskaičiuojami pagal schemą 2.12. pav. ir 2.10. pav. c skerspjūvis.



2.12. pav. Ekvivalentiškas plokštės skerspjūvis

Skerspjūvio plotas:

$$A_{eff} = b_{w1} \cdot h + (b_{eff} - b_{w1}) \cdot h_{eff} + (b_{f1} - b_{w1}) \cdot h_{f1} + \alpha_e A_{s1} = 0,392 \cdot 0,22 + (1,148 - 0,392) \cdot 0,047 + (1,19 - 0,392) \cdot 0,047 + 6,61 \cdot 5,65 \cdot 10^{-4} = 0,08624 + 0,035532 + 0,037506 + 0,00373465 = 0,163m^2.$$

Čia: α_e – armatūros ir betono tamprumo modulių santykis.

$$\alpha_e = \frac{E_{sm}}{E_{cm}} = \frac{205 \cdot 10^3}{31 \cdot 10^3} = 6,61.$$

Skerspjūvio statinis momentas plokštės apatinio sluoksnio atžvilgiu:

$$S_{eff} = 0,5 \cdot b_{w1} \cdot h^2 + (b_{eff} - b_{w1}) \cdot h_{eff} \cdot (h - 0,5 \cdot h_{eff}) + 0,5 \cdot (b_{f1} - b_{w1}) \cdot h_{f1}^2 + \alpha_e A_{s1} a_1 = 0,5 \cdot 0,392 \cdot 0,22^2 + (1,148 - 0,392) \cdot 0,047 \cdot (0,22 - 0,5 \cdot 0,047) + 0,5 \cdot (1,19 - 0,392) \cdot 0,047^2 + 6,61 \cdot 5,65 \cdot 10^{-4} \cdot 0,045 = 0,01752m^3.$$

Ekvivalentiško skerspjūvio svorio centro atstumas nuo plokštės apatinio sluoksnio:

$$y_{sc} = \frac{S_{eff}}{A_{eff}} = \frac{0,01752}{0,163} = 0,107m.$$

Ekvivalentiško skerspjūvio inercijos momentas centrinės ašies (0-0) atžvilgiu:

$$I_{eff} = \frac{b_{w1} \cdot h^3}{12} + b_{w1} \cdot h \cdot (0,5 \cdot h - y_{sc})^2 + \frac{(b_{eff} - b_{w1}) \cdot h_{eff}^3}{12} + (b_{eff} - b_{w1}) \cdot h_{eff} \cdot (h - y_{sc} - 0,5 \cdot h_{eff})^2 + \frac{(b_{f1} - b_{w1}) \cdot h_{f1}^3}{12} + (b_{f1} - b_{w1}) \cdot h_{f1} \cdot (y_{sc} - 0,5 \cdot h_{f1})^2 + \alpha_e \cdot A_{s1} \cdot (y_{sc} - a_1)^2 \downarrow$$

$$I_{eff} = \frac{0,392 \cdot 0,22^3}{12} + 0,392 \cdot 0,22 \cdot (0,5 \cdot 0,22 - 0,107)^2 + \frac{(1,148 - 0,392) \cdot 0,047^3}{12} + (1,148 - 0,392) \cdot 0,047 \cdot (0,22 - 0,107 - 0,5 \cdot 0,047)^2 + \frac{(1,19 - 0,392) \cdot 0,047^3}{12} + (1,19 - 0,392) \cdot 0,047 \cdot (0,107 - 0,5 \cdot 0,047)^2 + 6,61 \cdot 5,65 \cdot 10^{-4} \cdot (0,107 - 0,045)^2 = 0,000923m^4.$$

Skerspjūvio atsparumo momentas plokštės apatinio sluoksnio atžvilgiu:

$$W_{eff1} = \frac{I_{eff}}{y_{sc}} = \frac{0,000923}{0,107} = 0,00863m^3.$$

Skerspjūvio atsparumo momentas plokštės viršutinio sluoksnio atžvilgiu:

$$W_{eff2} = \frac{I_{eff}}{h - y_{sc}} = \frac{0,000923}{0,22 - 0,107} = 0,00817m^3.$$

Skerspjūvio atsparumo momentas, įvertinant betono plastinės deformacijos, apatinio plokštės sluoksnio atžvilgiu:

$$W_{pl1} = \gamma \cdot W_{eff1};$$

čia: γ – koeficientas įvertinantis betono plastinį darbą.

$$\gamma = 1,5, \text{ kadangi } b_{eff} / b_w = 1,148 / 0,392 = 2,93 < 6.$$

$$W_{pl1} = 1,5 \cdot 0,00863 = 0,01295m^3.$$

Tas pats viršutinio plokštės sluoksnio atžvilgiu:

$$W_{pl2} = \gamma \cdot W_{eff2} = 1,5 \cdot 0,00817 = 0,01226 m^3.$$

Armatūros išankstinių įtempių nuostoliai

Išankstinių armatūros įtempių nuostolių dydžiai nustatomi pagal XII sk. [21] nuostatas. Įtempiant armatūrą į atsparas, būtina įvertinti: *pirmuosius nuostolius*, atsirandančius dėl inkarų deformacijos, temperatūrų skirtumo, klojinių deformavimosi (įtempiant į klojinius-atsparas), dėl greitai pasireiškiančio betono valkšnumo; *antruosius nuostolius* – dėl betono susitraukimo ir valkšnumo.

Pradiniai armatūros įtempiai, kai armatūros įtempimo koeficientas $\gamma_p=1$ lygūs:

$$\sigma_p = \gamma_p \cdot \sigma_{p0} = 1,0 \cdot 550 = 550 MPa.$$

Anksčiau nustatyti ekvivalentiško skerspjūvio parametrai:

$$A_{s1} = 5,65 cm^2 = 5,65 \cdot 10^{-4} m^2;$$

$$A_{eff} = 0,163 m^2;$$

$$y_{sc} = 0,107 m;$$

$$I_{eff} = 0,000923 m^4;$$

$$a_1 = 0,045 m.$$

Armatūros atstumas nuo ekvivalentiško skerspjūvio svorio centro:

$$y_{s1} = y_{sc} - a_1 = 0,107 - 0,045 = 0,062 m.$$

Pirmieji įtempių nuostoliai, apskaičiuojami pagal 9 lent. 1-6 pvz. [21] nurodymus:

– armatūros strypų $\emptyset$ 12A800 išankstinių įtempių nuostoliai dėl relaksacijos, įtempiant elektroterminiu būdu:

$$\Delta\sigma_{pr} = 0,03\sigma_p = 0,03 \cdot 550 = 16,5 MPa;$$

– įtempių nuostoliai dėl temperatūrų atramos ir betone skirtumo: įtempių nuostoliai dėl temperatūrų:

$$\Delta\sigma_T = 1,0 \Delta t = 1,25 \cdot 65 = 75 MPa;$$

– įtempių nuostoliai dėl inkarų deformacijų, kai armatūra įtempama elektroterminiu būdu:

$$\Delta\sigma_l = 0;$$

– įtempių nuostoliai dėl klojinių deformacijos $\Delta\sigma_f = 0$, nes armatūra įtempama elektroterminiu būdu.

Betono apspaudimo jėga atleidus armatūrą iš atsparų po pirmųjų armatūros įtempimų nuostolių:

$$P_{m,0} = A_{s1} (\sigma_p - \Delta\sigma_{pr} - \Delta\sigma_T - \Delta\sigma_l - \Delta\sigma_f) = 5,65 \cdot 10^{-4} (550 - 16,5 - 75 - 0 - 0) = 0,259 MN.$$

Laikant, kad jėgos $P_{m,0}$ pridėties taškas sutampa su armatūros A_{s1} svorio centru, jos ekscentricitetas:

$$e_p = (A_{s1} \cdot y_{s1}) / A_{s1} = 5,65 \cdot 10^{-4} \cdot 0,062 / 5,65 \cdot 10^{-4} = y_{s1} = 0,062 m.$$

Didžiausi gniuždymo įtempiai betone nuo jėgos $P_{m,0}$, nepaisant savojo plokštės svorio:

$$\sigma_{cp0} = \frac{P_{m,0}}{A_{eff}} + \frac{P_{m,0} \cdot e_p \cdot y_{sc}}{I_{eff}} = \frac{0,259}{0,163} + \frac{0,259 \cdot 0,062 \cdot 0,107}{0,000923} = 3,45 \text{ MPa} < 0,85 \cdot f_{cp} = 0,85 \cdot 20 = 17 \text{ MPa}.$$

Sąlyga patikrinama pagal [21] 22 lentelę.

Įtempių nuostoliai dėl greitai pasireiškiančio betono valkšnumo apskaičiuojami pagal 9 lent. 6 p. [21]. Dėl to reikia apskaičiuoti įtempius betone nuo apspaudimo jėgos ir plokštės savojo svorio sukkelto lenkimo momento:

$$M_{s,s} = g_{d,s} \cdot l_2 / 8 = 0,00421 \cdot 5,65^2 / 8 = 0,017 \text{ MN} \cdot \text{m};$$

čia: $l = 5,65 \text{ m}$ – atstumas sandėliuojant.

Įtempiai betone ties iš anksto įtemptąja armatūra, t.y. atstumu $y_{s1} = 0,062 \text{ m}$:

$$\sigma_{cp1} = \frac{P_{m,0}}{A_{eff}} + \frac{P_{m,0} \cdot e_p \cdot y_{s1}}{I_{eff}} - \frac{M_{s,s} \cdot y_{s1}}{I_{eff}} = \frac{0,259}{0,163} + \frac{0,259 \cdot 0,062 \cdot 0,062}{0,000923} - \frac{0,017 \cdot 0,062}{0,000923} = 1,53 \text{ MPa}.$$

Kadangi koeficientas $\alpha = 0,25 + 0,025 f_{cp} = 0,25 + 0,025 \cdot 20 = 0,75 > \sigma_{cp1} / f_{cp} = 1,53 / 20 = 0,077$, tai šie armatūros įtempių nuostoliai skaičiuojami pagal formulę:

$$\Delta \sigma_{pc,1} = 0,85 \cdot 40 \sigma_{cp,1} / f_{cp} = 0,85 \cdot 40 \cdot 1,53 / 20 = 2,6 \text{ MPa}.$$

Pirmieji išankstinių įtempių nuostoliai :

$$\Sigma \Delta \sigma_{p1} = \Delta \sigma_{pr} + \Delta \sigma_T + \Delta \sigma_l + \Delta \sigma_f + \Delta \sigma_{pc,1} = 16,5 + 75,0 + 0 + 0 + 2,6 = 94,1 \text{ MPa}.$$

Betono apspaudimo jėga, atmetus pirmuosius armatūros išankstinių įtempių nuostolius:

$$P_{m,1} = A_{s1}(\sigma_p - \Sigma \Delta \sigma_{p1}) = 5,65 \cdot 10^{-4} (550 - 94,1) = 0,258 \text{ MN}.$$

Antrieji įtempių nuostoliai apskaičiuojami pagal 9 lent. 8 ir 9 p. [21]. Nuostoliai dėl betono susitraukimo, kai gaminys šutinamas esant atmosferos slėgiui (C25/30 klasės betonas): $\Delta \sigma_{ps} = 40 \text{ MPa}$.

Apskaičiuojant armatūros įtempių nuostolius dėl betono valkšnumo, reikia žinoti betono įtempius ties A_{s1} armatūra, atmetus visus pirmuosius įtempių nuostolius, t.y. apskaičiuojamus pagal apspaudimo jėgą $P_{m,1} = 0,258 \text{ MN}$.

$$\sigma_{cp1} = \frac{P_{m,1}}{A_{eff}} + \frac{P_{m,1} \cdot e_p \cdot y_{s1}}{I_{eff}} - \frac{M_{s,s} \cdot y_{s1}}{I_{eff}} = \frac{0,258}{0,163} + \frac{0,258 \cdot 0,062 \cdot 0,062}{0,000923} - \frac{0,017 \cdot 0,062}{0,000923} = 1,52 \text{ MPa}.$$

Kadangi $\sigma_{cp1} / f_{cp} = 1,52 / 20 = 0,076 < 0,75$, tai armatūros išankstinių įtempių nuostoliai dėl betono valkšnumo (9 lent. 9 p. [21]):

$$\Delta \sigma_{pc,2} = 0,85 \cdot 150 \cdot 1,52 / 20 = 9,69 \text{ MPa}.$$

Tokiu būdu visi (suminiai) armatūros išankstinių įtempių nuostoliai:

$$\Delta \sigma_{p,com1} = \Delta \sigma_{pr} + \Delta \sigma_T + \Delta \sigma_l + \Delta \sigma_f + \Delta \sigma_{pc,1} + \Delta \sigma_{ps} + \Delta \sigma_{pc,2} = 16,5 + 75,0 + 0 + 0 + 2,6 + 40,0 + 9,69 = 143,79 \text{ MPa}, 143,79 \text{ MPa} > 100 \text{ MPa}.$$

Apspaudimo jėga, atmetus visus armatūros išankstinio įtempimo nuostolius:

$$P_{m\infty} = A_{s1}(\sigma_p - \Delta \sigma_{p,com1}) = 5,65 \cdot 10^{-4} (550 - 143,79) = 0,23 \text{ MN}.$$

Šios jėgos ekscentricitetas:

$$e_{pc} = A_{s1}(\sigma_p - \Delta\sigma_{p,com1}) y_s / P_m \approx 5,65 \cdot 10^{-4} (550 - 143,79) 0,062 / 0,23 = 0,062 \text{ m.}$$

Plokštės normalinio pjūvio stiprumo įvertinimas

Tikrinamas plokštės tarpatramio vidurio normalinio pjūvio stipris, atsižvelgiant į parinktą armatūrą $A_{s1} = 5,65 \text{ cm}^2 = 5,65 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ ir faktiškus armatūros išankstinius įtempius. Skaičiuotinė schema ta pati kaip ir 2.11. pav.

Ribinis gniuždomasis zonos santykinis aukštis:

$$\xi_{lim} = \omega / (1 + (\sigma_{s,lim} / \sigma_{sc,lim})) (1 + \omega / 1,1) = 0,730 / (1 + (459/500)) (1 + 0,730/1,1) = 0,229.$$

$$\sigma_{s,lim} = f_{yd} + 400 - (\sigma_p - \Delta\sigma_{p,com,1}) = 714 + 400 - (550 - 143,79) = 707,79 \text{ MPa.}$$

$$\Delta\sigma_p = 1500(\sigma_p - \Delta\sigma_{p,com,1}) / f_{yd} - 1200 = 1500(550 - 143,79) / 708 - 1200 = -339,4 < 0; \text{ imama } \Delta\sigma_p = 0.$$

Armatūros darbo sąlygų koeficientas γ_{sy} nepasikeičia, todėl imama $\gamma_{sy} = 1,15$. Gniuždomosios zonos aukštis iš $\Sigma N = 0$:

$$x_{eff} = \gamma_{sy} \cdot f_{yd} \cdot A_{p1} / b_{eff} \cdot f_{cd} = 1,15 \cdot 714 \cdot 5,65 \cdot 10^{-4} / 1,148 \cdot 15 = 0,0269 < h_{eff} = 0,047 \text{ m;}$$

$$\xi_{eff} = 0,0269 / 0,175 = 0,154 < \xi_{lim} = 0,229.$$

Tikrinama sąlyga $M_{Ed} \leq M_{Rd}$:

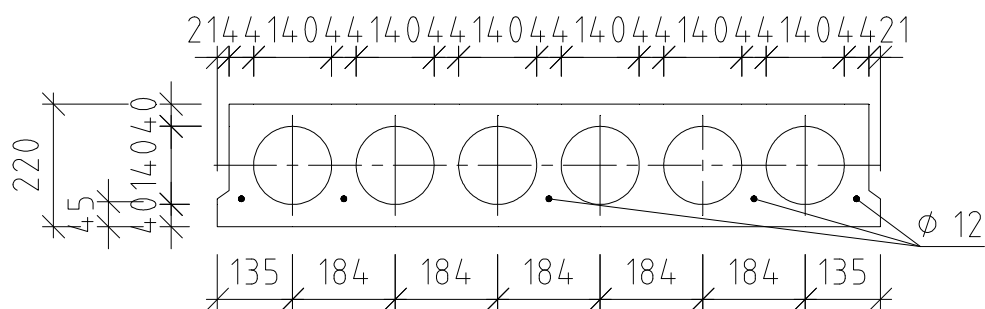
$$M_{Rd} = \gamma_{sy} \cdot f_{yd} \cdot A_{p1} (d - 0,5x_{eff}) = 1,15 \cdot 708 \cdot 5,65 \cdot 10^{-4} (0,175 - 0,5 \cdot 0,0269) = 0,0743 \text{ MN} \cdot \text{m.}$$

$$M_{Rd} = 0,0743 \text{ MN} \cdot \text{m} > M_{Ed} = 0,05866 \text{ MN} \cdot \text{m.}$$

Išvada: plokštės normalinio pjūvio stiprumas yra pakankamas.

Plokštės įstrižųjų pjūvių stiprumo skersinių jėgų atžvilgiu skaičiavimas

Kiaurymėtosios plokštės skaičiuotinis tarpatramis $l_{eff} = 5,61 \text{ m}$. Jos skerspjūvio fragmentas parodytas 2.13. pav.



2.13. pav. Plokštės skerspjūvio fragmentas įstrižųjų pjūvių stipriui apskaičiuoti

Betonas normalusis C25/30 klasės: $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$, $f_{cd} = 15 \text{ MPa}$, $f_{ctk,0,05} = 1,8 \text{ MPa}$, $f_{ctd} = 1,08 \text{ MPa}$. Kiekvieno išilginio armatūros strypo išankstinio įtempimo (apspaudimo) jėga, įvertinus visus įtempių nuostolius: $P_{m\infty} = 0,23/5 = 0,046 \text{ MN}$; jos ekscentricitetas $e_{pc} = 0,062 \text{ m}$.

Skaičiuojant imamas 184 mm pločio plokštės fragmentas, kurio charakteristikos:

$$A_{eff} = 0,0251 \text{ m}^2,$$

$$y_{sc} = 0,107 \text{ m},$$

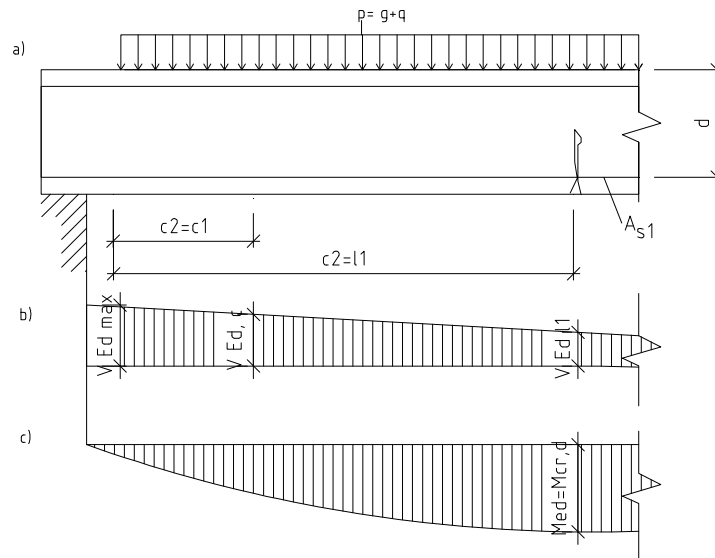
$$I_{eff} = 0,00012 \text{ m}^4.$$

2.14. pav. pateikiama apkrovimo schema ir skersinių jėgų ir lenkimo momentų diagramos

Skaičiuotinė nuolatinė apkrova- $g_{d2}=7,876 \text{ kN/m}^2$, skaičiuotinė laikinoji apkrova – $q_{d2}=4,55 \text{ kN/m}^2$. Skaičiavimams naudojamas [21] reglamentas, ir jo 3 priedas.

Skaičiavimas atliekamas plokštės skerspjūviui:

$$b_{eff} = 0,184 \text{ m}; \quad b_w = 0,044 \text{ m}; \quad d = 0,22 - 0,045 = 0,175 \text{ m}.$$



2.14. pav. Elemento be normalinių plyšių l_1 ruožo nuo atramos taško: a – apkrovimo schema ir skaičiuotiniai įstrižieji pjūviai; b – skersinių jėgų ir c – lenkimo momentų diagramos

Apkrovų poveikiai $b_{eff}=0,184 \text{ m}$ plokštės ruožui:

– nuo visų apkrovų:

$$p_d = (g_d + q_d) b_{eff} = (7,876 + 4,55) 0,184 = 2,29 \text{ kN/m};$$

– nuo nuolatinės ir ekvivalentiškos laikinosios apkrovos:

$$p_{effd} = (g_d + q_d/2) b_{eff} = (7,876 + 4,55/2) 0,184 = 1,87 \text{ kN/m}.$$

Didžiausia skersinė jėga prie atramos nuo visų apkrovų:

$$V_{Ed,max} = p_d \cdot l_{eff}/2 = 2,29 \cdot 5,61/2 = 6,42 \text{ kN}.$$

Tikrinama, ar plokštė atitinka elemento be skersinės armatūros stiprumo sąlygą ((6.4) 3 priedas [21]):

$2,5 \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d = 2,5 \cdot 1,08 \cdot 0,044 \cdot 0,175 = 20,75 \text{ kN} > V_{Ed,max} = 6,42 \text{ kN}$. Elementas (6.4) sąlygą atitinka.

Tikrinama reg. [21] (6.12) sąlyga. Pagal (6.23) formulę apskaičiuojami normaliniai betono įtempiai ties elemento skerspjūvio svorio centru:

$$\sigma_x = \sigma_c = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} = \frac{P_m^\infty}{A_{eff}} = \frac{0,046}{0,0251} = 1,83 \text{ MPa} < 0,5 f_{cd} = 0,5 \cdot 15 = 7,5 \text{ MPa}.$$

Apskaičiuojamos plokštės ruožo ilgis nuo atramos krašto l_1 , kuriame saugos būvyje neatsiranda normalinių plyšių, pagal (6.16) sąlygą.

$$M_{Ed} = 0,5((g_d + q_d)l_{eff}l_1 - (g_d + q_d)l_1^2) = M_{cr,d};$$

Skaičiavimui supaprastinti imama $W_{pl} = 1,5W_{eff}$ ir $\varphi = 0,9$, tuomet:

$$W_{eff} = \frac{I_{eff}}{y_{sc}} = \frac{0,00012}{0,107} = 0,00112m^3;$$

$$W_{pl} = 1,5 \cdot 0,00112 = 0,00168m^3.$$

Pagal reg. [21] (14.10) formulę:

$$r = \frac{W_{eff} \cdot \varphi}{A_{eff}} = \frac{0,00112 \cdot 0,9}{0,0251} = 0,04m;$$

$$e_p = y_{sc} - a_1 = 0,107 - 0,045 = 0,062m;$$

$$M_{cr,d} = f_{ctd}W_{pl} + P_m \infty (e_p + r) = 1,08 \cdot 0,00168 + 0,046(0,062 + 0,04) = 0,0065MNm..$$

Iš aukščiau pateiktos lygties apskaičiuojamas atstumas l_1 :

$$l_1 = \frac{l_{eff}}{2} - \sqrt{\left(\frac{l_{eff}}{2}\right)^2 - \frac{2M_{cr,d}}{g_d + q_d}} = \frac{5,61}{2} - \sqrt{\left(\frac{5,61}{2}\right)^2 - \frac{2 \cdot 0,0065}{2,29 \cdot 10^{-3}}} = 2,805 - 1,48 = 1,33;$$

$$l_1 = 1,33 > c_{max} = 2d = 2 \cdot 0,175 = 0,35m.$$

Normaliniai plyšiai neatsiranda gana ilgame elemento ruože, todėl reikia į tai atsižvelgti. Plokštės įstrižojo pjūvio stiprumas tikrinamas pagal (6.5) sąlygą, imant $c = l_1 = 1,33$ m, kai $c = 1,33 > c_{max} = 0,35$ m, taip pat c , apskaičiuotą pagal reglamento [21] 3 priedo (6.27) formulę.

Tuo tikslu apskaičiuojami dydžiai M_{c4} , $V_{Rd,min}$ ir V_{crd} pagal 3 priedą [21] (6.7), (6.8) ir (6.18) formules. Pagal (6.9) formulę, imant $N_{Ed} = P_m \infty$, koeficientas:

$$\varphi_n = \frac{0,1P_m \infty}{f_{ctd}b_w d} = \frac{0,1 \cdot 0,046}{1,08 \cdot 0,044 \cdot 0,175} = 0,55 > 0,5, \text{ todėl skaičiavimams taikoma } \varphi_n = 0,5, \varphi_{c4} = 1,5$$

ir $\varphi_{c3} = 0,6$.

Iš [21] reglamento 3 priedo (6.7) sąlygos:

$$M_{c4} = \varphi_{c4}(1 + \varphi_n)f_{ctd}b_w d^2 = 1,5(1 + 0,5)1,08 \cdot 0,044 \cdot 0,175^2 = 0,0023MNm;$$

$$V_{Rd,c,min} = \varphi_{c3}(1 + \varphi_n)f_{ctd}b_w d = 0,6(1 + 0,5)1,08 \cdot 0,044 \cdot 0,175 = 0,0075MN.$$

Ekvivalentiško skerspjūvio dalies, esančios virš neutraliosios ašies, statinis momentas apie šią ašį:

$$S_{eff} = 0,5b_{eff}(h - y_{sc})^2 - \frac{\sigma_h^3}{12} = 0,5 \cdot 0,184(0,22 - 0,107)^2 - \frac{0,140^3}{12} = 0,00095m^3;$$

čia: σ_h - kiauřmės skersmuo.

Dydis $V_{cr,d}$ apskaičiuojamas pagal reglamento 3 priedo [21] (6.18) formulę, nepaisant svarbiausių gniuždymo įtempių σ_y .

Laikant, kad svarbiausieji gniuždymo įtempiai σ_y neturi įtakos betono tempiamajam stipriui, pagal (6.19a) formulę kerpamasis stipris:

$$\tau_{xy,Rd} = f_{ctd} \sqrt{1 + \frac{\sigma_x}{f_{ctd}}} = 1,08 \sqrt{1 + \frac{1,83}{1,08}} = 1,77 \text{ MPa}.$$

Tikrinama, ar galima taikyti formulę:

$$\gamma_{mc,lim} = 1 - 0,2 - \alpha f_{ck,cube} = 1 - 0,2 - 0,01 \cdot 30 = 0,5;$$

čia $\alpha = 0,01$ - normaliajam betonui, o pagal (6.26) formulę - ribinė kerpamojo įtempio reikšmė:

$$\tau_{xy,lim} = f_{cd} \sqrt{\gamma_{mc,lim} \left(\gamma_{mc,lim} - \frac{\sigma_x}{f_{cd}} \right)} = 15 \sqrt{0,5 \left(0,5 - \frac{1,83}{15} \right)} = 6,52 > \tau_{xy,Rd} = 1,77 \text{ MPa}.$$

Vadinasi, įtempiai $\tau_{xy,Rd}$ pagal (6.19 a) formulę yra apskaičiuoti teisingai.

$$V_{cr,d} = b_w \left(\frac{I_{eff}}{S_{eff}} \right) \tau_{xy,Rd} = 0,044 \cdot \left(\frac{0,00012}{0,00095} \right) \cdot 1,77 = 0,0098 \text{ MN}.$$

Pagal [6] (6.27) formulę apskaičiuojamas įstrižojo pjūvio projekcijos ilgis:

$$c = \frac{M_{c4}}{V_{cr,d}} = \frac{0,0023}{0,0098} = 0,235 < c_{max} = 0,438 \text{ m};$$

čia: $c_{max} = (\varphi_{c4}/\varphi_{c3})/d = (1,5/0,6) \cdot 0,175 = 0,438 \text{ m}$ - pagal relamento[21] 3 priedo (6.6) formulę.

Be to, $c = 0,235 < l_1 = 1,33 \text{ m}$; todėl ruože $c = 0,235 \text{ m}$ normalinių plyšių neatsiras.

Tokiu būdu tikrinamos dvi minėtos įstrižųjų pjūvių stiprumo sąlygos pjūviui, kurio projekcijos ilgis $c = 0,235 \text{ m}$:

$V_{Ed} = V_{Ed,max} - c p_{eff,d} = 6,42 - 0,235 \cdot 1,87 = 5,98 < V_{cr,d} = 9,8 \text{ kN}$, ir ruožo be normalinių plyšių ilgio gale $l_1 = 1,33 \text{ m} > c_{max} = 0,438 \text{ m}$;

$$V_{Ed} = V_{Ed,max} - l_1 p_{eff,d} = 6,42 - 1,33 \cdot 1,87 = 3,93 < V_{Rd,c,min} = 7,5 \text{ kN}.$$

Abi sąlygos tenkinamos, todėl plokštės nereikia armuoti skersine armatūra.

Įsitikinama, ar reikia plokštę armuoti skersine armatūra, ignoruojant normalinių plyšių nebuvimą ruože prie atramų. Tikrinama sąlyga:

$$V_{Ed,max} \leq \sqrt{M_{c4} p_{eff,d}} = \sqrt{2,3 \cdot 1,87} = 2,07 \text{ kN} < V_{Rd,c,min} = 7,5 \text{ kN};$$

$$V_{Ed,max} = 6,42 < V_{Rd,c,min} = 7,5 \text{ kN}. \quad \Delta = \frac{7,5 - 6,42}{7,5} \cdot 100\% = 14,4\%.$$

Taigi, sąlyga $V_{Ed} \leq V_{Rd}$ yra tenkinama, todėl ir pagal šį skaičiavimą plokštės nereikia armuoti skersine armatūra.

Tačiau plokščių atraminiuose ruožuose $l_{eff}/4 = 5,61/4 \sim 1,4 \text{ m}$ ši armatūra parenkama konstruktyviai: kraštinėse briaunose ir dvejose vidurinėse briaunose dedami plokšti suvirinti strypynai, kurių vertikalieji strypai Ø6A400 (atstumas tarp jų $s_w = h/2 = 220/2 = 110 \text{ mm}$, imama $s_w = 0,1 \text{ m}$), vidurinėje plokštės dalyje $l_{eff}/2$ šios armatūros nėra. Šių strypynų horizontalieji strypai – Ø8A400.

Istrižųjų pjūvių stipris lenkimo momento atžvilgiu. Laisvai atremtos plokštės pavoingas įstrižasis pjūvis prasideda nuo atramos krašto. Kadangi atraminiuose plokštės ruožuose užtenka tik konstrukcinės skersinės armatūros, įtemptosios armatūros inkaravimosi (įtempių perdavimo) ilgyje l_{bpd} dedami ją gaubiantys suvirinti Ø3 – 4S500 vielos tinkleliai, ir įstrižojo pjūvio stipris momento atžvilgiu netikrinamas.

Išvada: perdangų plokštė atitinka naudojimo situacijos saugos ribinių būvių reikalavimus.

Plokštės gamybos, transportavimo ir montavimo situacijos ribinių būvių skaičiavimas

Tikrinami *trumpalaikės situacijos* plokštės saugos ir tinkamumo ribiniai būviai.

Plokštei pakelti (išimant iš klojinių, montuojant ir pan.) gamybos metu įdedamos pakėlimo kilpos, atstumu $l_c = 0,5$ m nuo jos galų.

Viršutinio krašto pleišėtumas apspaudžiant

Apskaičiuojamas plokštės savojo svorio sukeltas lenkimo momentas, armatūrą atleidžiant nuo atsparų (nepaisant dinamiškumo koeficiento):

$$M_{Egd} = g_{ds} l_k^2 / 8 = 2,60 \cdot 1,2 \cdot 5,65^2 / 8 = 12,4 \text{ kNm} = 0,0124 \text{ MNm};$$

Plokštės apspaudimo jėga, atmetus pirmuosius armatūros įtempių nuostolius, kai $\gamma_{sp} = 1,1$:

$$P_{d,sup} = \gamma_{sp} \cdot P_{m1} = 1,1 \cdot 0,258 = 0,284 \text{ MN}.$$

Skerspjuvio atsparumo momentai apatinio ir viršutinio krašto atžvilgiu:

$$W_{eff1} = 0,00863 \text{ m}^3.$$

$$W_{eff2} = 0,00817 \text{ m}^3.$$

Didžiausi betono gniuždymo įtemptai apspaudžiant plokštę:

$$\sigma_{c,max} = \frac{P_{d,sup}}{A_{eff}} + \frac{P_{d,sup} \cdot e_{p1} - M_{Egd}}{W_{eff,1}} = \frac{0,284}{0,163} + \frac{0,284 \cdot 0,062 - 0,0124}{0,00863} = 2,3 \text{ MPa}.$$

$$\phi = 1,6 - \sigma_{c,max} / f_{cp} = 1,6 - 2,3 / 20 = 1,5 > 1,0; \text{ imama } \phi = 1,0 > 0,7 \text{ (164 p. [21])}.$$

Atstumas nuo skerspjuvio branduolio centro iki jo viršūnės, labiausiai nutolusios nuo tempiamojo krašto:

$$r_{inf} = \phi \frac{W_{eff,2}}{A_{eff}} = 1 \frac{0,00817}{0,163} = 0,05 \text{ m}.$$

Iš 6 priedo arba 1 lent.[21], kai $b_{eff} / b_w = 1,148 / 0,392 = 2,93 < 6$, koeficientas $\gamma = 1,50$.

$$\text{Tada } W_{pl2} = \gamma \cdot W_{eff2} = 1,50 \cdot 0,00817 = 0,01226 \text{ m}^3.$$

Tikrinama [21] 3 priedo (2.26) sąlyga, imant $M_r = M_{Egd} = 0,0124 \text{ MNm}$, $P_{d,sup} = 0,284 \text{ MN}$:

$$P_{d,sup}(e_{p1} - r_{inf}) + M_{Egd} = 0,284(0,062 - 0,05) + 0,0124 = 0,016 < f_{ctk} \cdot W_{pl2} = 1,8 \cdot 0,01226 = 0,022 \text{ MN}.$$

$$\Delta = \frac{0,016 - 0,022}{0,016} \cdot 100\% = -37,5\%.$$

Išvada: stiprumas pakankamas, plyšiai neatsiras.

Pleišėtumas transportuojant ir montuojant

Skaičiavimai pagal 2.15. pav. Lenkimo momentas gembėje, t.y. atstumu $l_c=0,5$ m nuo plokštės galo (nepaisant dinamiškumo koeficiento).

$$M_{Egd} = g_{ds} \cdot l_c^2 / 2 = 2,6 \cdot 1,2 \cdot 0,5^2 / 2 = 0,4 \text{ kNm}.$$

Didžiausi betono gniuždymo įtempiai:

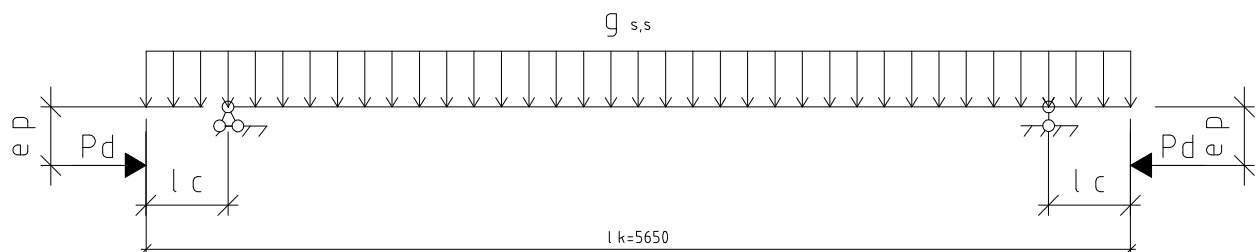
$$\sigma_{c,max} = \frac{P_{d,sup}}{A_{eff}} + \frac{P_{d,sup} \cdot e_{p1} - M_{Egd}}{W_{eff,1}} = \frac{0,284}{0,163} + \frac{0,284 \cdot 0,062 - 0,4 \cdot 10^{-3}}{0,00863} = 3,74 \text{ MPa}.$$

Koeficientas $\phi = 1,6 - \sigma_{c,max} / f_{cp} = 1,6 - 3,74 / 20 = 1,41 > 1,0$; imama $\phi = 1,0 > 0,7$; tai $r_{inf} = 0,05 \text{ m}$.

Tikrinama sąlyga, imant $M_r = M_{Egd} = 0,4 \text{ kNm}$:

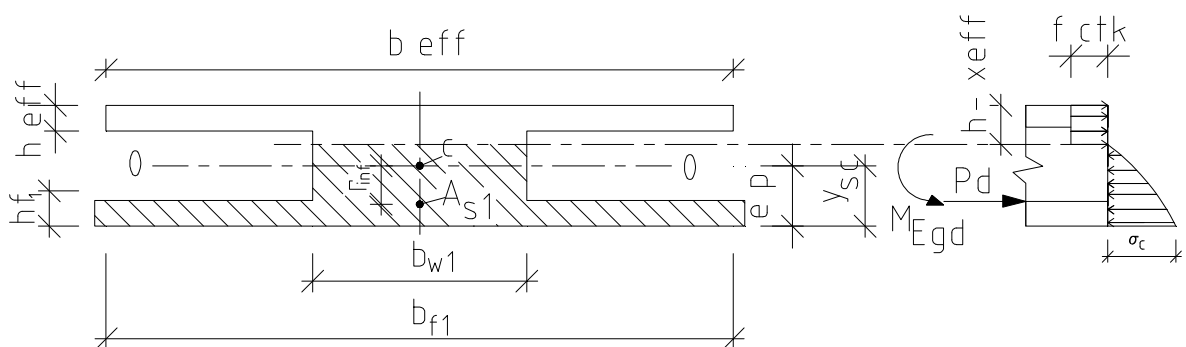
$$P_{d,sup}(e_{p1} - r_{inf}) + M_{Egd} = 0,284(0,062 - 0,05) + 0,4 \cdot 10^{-3} = 0,0038 < f_{ctk} \cdot W_{pl2} = 1,8 \cdot 0,01226 = 0,022 \text{ MN},$$

čia: $f_{cptk} = 0,8 f_{ctk} = 0,8 \times 2,5 = 2,0 \text{ MPa}$.



2.15. pav. Plokštės skaičiuotinė schema gamybos situacijose (transportuojant ir montuojant)

Išvada: plyšiai viršutinėje plokštės zonoje gamybos metu neatsiras.



2.16. pav. Įrašų schema ir įtempių diagrama elemento skerspjūvyje:

1 – branduolio viršūnė; 2 – ekvivalentiško skerspjūvio svorio centras.

Plokštės stiprumas gamybos situacijų metu

Plokštės normalinio pjūvio stiprumas skaičiuojamas kaip ekscentriškai gniuždomo elemento (2.16. pav.) Laikoma, kad skaičiuotinis plokštės savojo svorio poveikis bus didžiausias ją transportuojant, kai dinamiškumo koeficientas $\gamma_d = 1,6$ (I. II sk.[21] 3 priede):

$$g_{s.sd} = 3,12 \cdot 1,6 = 4,99 \text{ kN/m}.$$

Lenkimo momentas gembėje:

$$M_{Egd} = g_{ssd} l_c^2 / 2 = 4,99 \cdot 0,5^2 / 2 = 0,62 \text{ kNm}.$$

Apspaudimo jėga, veikianti plokštę kaip išorinis poveikis, irimo stadijoje iki naudojimo (gamybos situacijose), įvertinant $\sigma_{sc,lim} = 330 \text{ MPa}$ (72 p.[21]):

$$N_{con} = N_{Ed} = (\gamma_{sp}(\sigma_p - \Sigma \Delta \sigma_{p1}) - 330) A_{s1} = (1,1(550 - 94,1) - 330) 5,65 \cdot 10^{-4} = 0,097 \text{ MN}.$$

Jėgos N_{Ed} atstumas nuo viršutinės neįtemptosios armatūros A_{s2} skerspjūvio svorio centro

$$e_{s2} = d_2 - a_1 + M_{Egd} / N_{Ed} = 0,19 - 0,045 + 0,00062 / 0,097 = 0,151 \text{ m};$$

$$d_2 = h - a_2 = 0,22 - 0,03 = 0,19 \text{ m}.$$

Betono gniuždomasis stipris apspaudimo metu $f_{cp} = 20 \text{ MPa}$.

Skaičiuojant normalinio pjūvio stiprį, įvertinama tokia išilginė armatūra: iš anksto įtemptoji A_{s1} (5 Ø 12A800), neįtemptoji A_{s2} , kurią sudaro plokštės atraminių ruožų ($l_{eff} / 4$) strypynų horizontalieji armatūros strypai 4 Ø 8A400 ($A_s = 2,01 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$) ir viršutinės lentynos tinklo išilginė armatūra 7 Ø 3S500 ($A_s = 0,49 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$). Nepaisant minėto tinklo išilginės armatūros, lieka $A_{s2} = 2,01 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$.

Gniuždomosios zonos aukštis x_{eff} nustatomas iš skaičiuotiname skerspjūvyje veikiančių įrašų pusiausvyros lygties $\Sigma N_x = 0$:

$$N_{Ed} + f_{yd} \cdot A_{s2} - f_{cpd} \cdot x_{eff} \cdot b_{f1} - \sigma_{sc} \cdot A_{p1} = 0;$$

čia: $f_{cpd} = 0,8 \cdot f_{cd} = 0,8 \cdot 15 = 12 > 11 \text{ MPa}$ (37 p.[21]);

$$\sigma_{sc} = \sigma_{sc,lim} - \gamma_{sp}(\sigma_p - \Sigma \Delta \sigma_{p1}) = 500 - 1,1(550 - 94,1) \cong 0;$$

Laikant, kad $x_{eff} \leq h_{f1}$, turima:

$$x_{eff} = (N_{Ed} + f_{yd} \cdot A_{s2} - \sigma_{sc} \cdot A_{p1}) / f_{cpd} \cdot b_{f1} = (0,097 + 355 \cdot 2,01 \cdot 10^{-4} - 5,65 \cdot 10^{-4}) / 12 \cdot 1,19 = 0,012 \text{ m}$$

$$x_{eff} = 0,012 \text{ m} < h_{f1} = 0,035 \text{ m}.$$

Vadinasi, prielaida teisinga.

Apskaičiuojamas ribinis santykinis gniuždomosios zonos aukštis, imant $\sigma_{sc,lim} = 330 \text{ MPa}$ (72 p.[21]):

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,754}{1 + \frac{355}{300} \left(1 - \frac{0,754}{1,1}\right)} = 0,55,$$

$$\omega = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cpd} = 0,85 - 0,008 \cdot 12 = 0,754; \sigma_{s,lim} = f_{yd} = 355 \text{ MPa}.$$

Tikrinama stiprumo sąlyga:

$$M_{Ed} = N_{Ed} \cdot e_{s2} \leq M_{Rd} = f_{cpd} \cdot b_{f1} \cdot x_{eff} \cdot (d_2 - 0,5 \cdot x_{eff}) + \sigma_{sc} \cdot A_{p1} \cdot (d_2 - a_1).$$

$$M_{Ed} = 0,097 \cdot 0,151 = 0,015 \text{ MN} \cdot \text{m};$$

$$M_{Rd} = 12 \cdot 1,19 \cdot 0,012(0,19 - 0,5 \cdot 0,012) + 0 \cdot 5,65 \cdot 10^{-4}(0,19 - 0,045) = 0,032 \text{ MN} \cdot \text{m}.$$

$$M_{Ed} = 0,015 \text{ MN} \cdot \text{m} < M_{Rd} = 0,032 \text{ MN} \cdot \text{m}.$$

Išvados:

1. Plokštės stiprumas transportuojant (ir montuojant, nes $\gamma_d = 1,4 < 1,6$) yra pakankamas;
2. Perdangos plokštė atitinka trumpalaikės situacijos saugos ir tinkamumo ribinių būvių reikalavimus.

Plokštės naudojimo situacijos tinkamumo ribinių būvių skaičiavimas**Normalinių plyšių atsiradimas**

Plokštę veikiančių apkrovų poveikių charakteristinės ir skaičiuotinės (tinkamumo ribiniam būviui) reikšmės nustatomos pagal skaičiuotinę schemą, pateiktą 2.9. pav.:

– plokštės savojo svorio charakteristinės apkrovos poveikis:

$$g_{d1} = g_{k1} = 2,60 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 3,12 \text{ kN/m};$$

– nuolatinės apkrovos (su grindų konstrukcijos svoriu):

$$g_d = g_k = (2,60 + 3,23) 1,0 \cdot 1,2 = 7 \text{ kN/m};$$

– naudojimo apkrovos poveikis:

$$q_d = q_k = 3,5 \cdot 1,2 = 4,2 \text{ kN/m};$$

– naudojimo apkrovos tariamai nuolatinės dalies poveikis:

$$q_{d,lt} = q_{k,lt} = \Psi_2 \cdot 3,5 \cdot 1,2 = 0,6 \cdot 3,5 \cdot 1,2 = 2,52 \text{ kN/m};$$

čia: $\Psi_2 = 0,6$ (10 priedo 1 lent.[20]).

Visos apkrovos poveikis:

$$p_d = p_k = g_k + q_k = 7 + 4,2 = 11,2 \text{ kN/m}.$$

Nuolatinės ir tariamai nuolatinės apkrovų poveikiai

$$p_{gd} = p_{gk} = g_k + q_{k,lt} = 7 + 2,52 = 9,52 \text{ kN/m}.$$

Plokštės įrąžos (poveikių efektai):

– lenkimo momentai:

$$M_{Ed} = p_d \cdot l_{eff}^2 / 8 = 11,2 \cdot 5,61^2 / 8 = 44,06 \text{ kNm};$$

$$M_{Egd} = p_{gd} \cdot l_{eff}^2 / 8 = 9,52 \cdot 5,61^2 / 8 = 37,45 \text{ kNm};$$

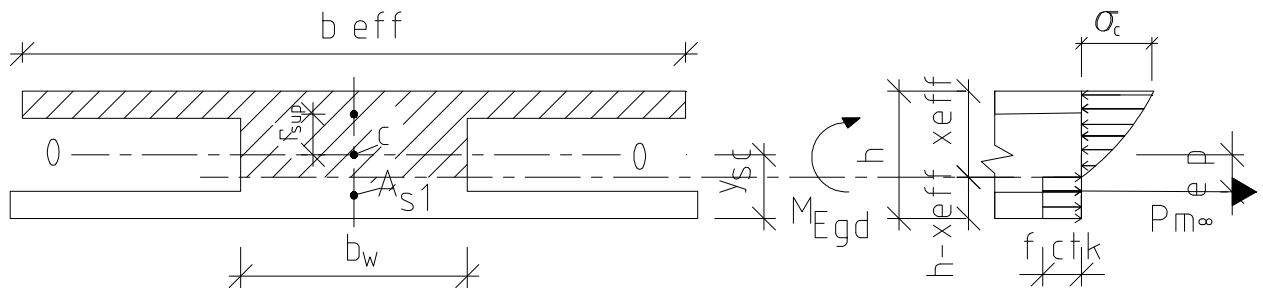
$$M_{Egkd} = g_{d1} \cdot l_{eff}^2 / 8 = 3,12 \cdot 5,61^2 / 8 = 12,27 \text{ kNm};$$

– skersinės jėgos:

$$V_{Ed} = p_d \cdot l_{eff} / 2 = 11,2 \cdot 5,61 / 2 = 32,26 \text{ kN};$$

$$V_{Egd} = p_{gd} \cdot l_{eff} / 2 = 9,52 \cdot 5,61 / 2 = 26,7 \text{ kN}.$$

Įtempių būvis normalinių plyšių susidarymo momentu parodytas 1.12 pav.



2.17. pav. Įtempimų būvis skaičiuojant plokštę normalinių plyšių atsiradimui naudojimo metu:

1 – ekvivalentiško skerspjūvio svorio centras; 2 – skerspjūvio branduolio taškas.

Skaičiavimuose nustatyta, kad plokštės viršuje gamybos metu plyšių neatsiras. Todėl koeficientas $\lambda = 0$ (164 p. (14.14) formulė [21]).

Anksčiau nustatyti armatūros išankstiniai įtempiai, įvertinus visus jų nuostolius,

$$\sigma_{pm} = \sigma_p - \Delta\sigma_{pc,om} = 550 - 143,79 = 406,21 \text{ MPa.}$$

Apspaudimo jėga, atmetus visus armatūros išankstinio įtempimo nuostolius:

$$P_{m\infty} = A_{s1} \cdot \sigma_{pm} = 5,65 \cdot 10^{-4} \cdot 406,21 = 0,23 \text{ MN.}$$

Betono apspaudimo jėga tinkamumo ribiniam būviui:

$$P_{d,sup} = \gamma_{sp} \cdot P_{m\infty} = 1,1 \cdot 0,23 = 0,253 \text{ MN;}$$

$$P_{d,inf} = \gamma_{sp} \cdot P_{m\infty} = 0,9 \cdot 0,23 = 0,207 \text{ MN.}$$

Didžiausi gniuždomojo betono įtempiai dėl bendro išorinės apkrovos ir išankstinio apspaudimo poveikio:

$$\sigma_{c,max} = P_{d,inf} / A_{eff} - P_{d,inf} e_p (h - y_{sc}) / I_{eff} + M_{Ed} (h - y_{sc}) / I_{eff} = 0,207 / 0,163 - 0,207 \cdot 0,062 (0,22 - 0,107) / 0,000923 + 44,06 \cdot 10^{-3} (0,22 - 0,107) / 0,000923 = 5,09 \text{ MPa.}$$

$$A_{eff} = 0,163 \text{ m}^2;$$

$$y_{sc} = 0,107 \text{ m;}$$

$$I_{eff} = 0,000923 \text{ m}^4;$$

$$e_p = 0,062 \text{ m.}$$

Koeficientas $\phi = 1,6 - \sigma_{c,max} / f_{ck} = 1,6 - 5,09 / 25 = 1,4 > 1$; imama $\phi = 1 > 0,7$ (164 p.[21]).

Atstumas nuo ekvivalentiško skerspjūvio svorio centro iki branduolio viršūnės, labiausiai nutolusios nuo tempiamosios zonos krašto:

$$r_{sup} = \phi \cdot W_{eff1} / A_{eff} = 1 \cdot 0,00863 / 0,163 = 0,053 \text{ m.}$$

Normalinių plyšių atsiradimo momentas plokštės naudojimo metu pagal [21] (14.4) formulę:

$$M_{cr} = f_{ctk} W_{pl1} + P_{d,inf} (e_p + r_{sup}) = 1,8 \cdot 0,012945 + 0,207 (0,062 + 0,053) = 0,047 > M_{Ed} = 0,044 \text{ MNm.}$$

$$\Delta M = \frac{M_{cr} - M_{Ed}}{M_{cr}} \cdot 100\% = \frac{0,047 - 0,044}{0,047} \cdot 100\% = 6,4\%.$$

Išvada: naudojimo situacijos metu kiauřymėtoje plokštėje normalinių plyšių neatsiras.

Plokštės ilinkis

Kadangi plokštėje naudojimo metu neatsiras normalinių plyšių ($M_{Ed} < M_{cr}$), tai jos suminis kreivis apskaičiuojamas pagal reglamento [21] 182 p. (14.33) formulę:

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4;$$

čia: $\left(\frac{1}{r}\right)_1$ – kreivis nuo kintamųjų poveikių (trumpalaikės dalies), apskaičiuojamas pagal kintamąją apkrovą, padaugintą iš 0,3;

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 \text{ – kreivis nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių pagal reglamento [19] 90.3 p.}$$

6.10b derinį, neįvertinant išankstinio apspaudimo poveikio P_{m0} ;

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 \text{ – kreivis dėl elemento išlinkio nuo išankstinio apspaudimo poveikio } P_{m0} \text{ esant}$$

trumpalaikiai skaičiuotinė) situacijai;

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 \text{ – kreivis dėl elemento išlinkio, kurį sukelia betono susitraukimas ir valkšnumas nuo iš}$$

išankstinio apspaudimo poveikio P_{m0} .

Apkrovų poveikių efektai (įrašos), reikalingi plokštės kreviams apskaičiuoti:

– lenkimo momentas nuo kintamojo poveikio (trumpalaikės dalies):

$$M_{Egd} = 0,3 q_d l_{eff}^2 / 8 = 0,3 \cdot 4,2 \cdot 5,61^2 / 8 = 4,96 \text{ kN} \cdot \text{m};$$

– lenkimo momentas nuo nuolatinio ir tariamai nuolatinio poveikio:

$$M_{Egd} = 37,45 \text{ kN} \cdot \text{m} = 0,037 \text{ MN} \cdot \text{m};$$

– išankstinio apspaudimo poveikis $P_{m,0} = 0,259 \text{ MN}$.

Plokštės kreiviai apskaičiuojami pagal reglamento [21] (14.34) formulę:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M}{\phi_{c1} E_{cm} I_{eff}} = \frac{0,00496}{0,85 \cdot 31 \cdot 10^3 \cdot 0,000923} = 2,04 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1};$$

čia $\phi_{c1} = 0,85$ – normaliajam betonui;

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{M \phi_{c2}}{\phi_{c1} E_{cm} I_{eff}} = \frac{0,037 \cdot 2,0}{0,85 \cdot 31 \cdot 10^3 \cdot 0,000923} = 30,43 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1};$$

čia: $\phi_{c2} = 2,0$ – iš 25 lent.[21], kai betonas normalusis, aplinkos drėgmė 50%.

Plokštės kreivis dėl elemento išlinkio nuo $P_{m,0}$ poveikio (14.35):

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{P_{m,0} \cdot e_p}{\phi_{c1} E_{cm} I_{eff}} = \frac{0,259 \cdot 0,062}{0,85 \cdot 31 \cdot 10^3 \cdot 0,000923} = 6,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}.$$

Plokštės kreivis dėl išlinkio, kurį sukelia betono susitraukimas ir valkšnumas veikiant poveikiui $P_{m,0}$:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_{c1} - \varepsilon_{c2}}{d};$$

čia: ε_{c1} ir ε_{c2} – betono santykinės deformacijos, sukeltos apspaudimo jėgos P_m (dėl betono susitraukimo ir valkšnumo) ir apskaičiuojamos atitinkamai tempiamosios armatūros svorio centro lygyje ir kraštiniame gniuždomosios betono zonos sluoksnyje.

$$\varepsilon_{c1} = \sigma_{c1}/E_s = (\Delta\sigma_{pc1,1} + \Delta\sigma_{pc2,1} + \Delta\sigma_{ps})/E_s = (2,6 + 9,69 + 40)/205 \cdot 10^3 = 2,55 \cdot 10^{-4};$$

čia: $\Delta\sigma_{pc1,1} = 2,6$ MPa – armatūros išankstinių įtempių nuostoliai dėl greitai pasireiškiančio betono valkšnumo;

$\Delta\sigma_{pc2,1} = 9,69$ MPa – tas pats, dėl ilgalaikio betono valkšnumo;

$\Delta\sigma_{ps} = 40$ MPa – tas pats, dėl betono susitraukimo.

$$\varepsilon_{c2} = \sigma_{c2}/E_s = (\Delta\sigma_{pc1,2} + \Delta\sigma_{pc2,2} + \Delta\sigma_{ps})/E_s = (3,7 + 0 + 40)/205 \cdot 10^3 = 2,13 \cdot 10^{-4};$$

čia: $\Delta\sigma_{pc1,2}$ – tariamai esamos gniuždomosios zonos armatūros įtempių nuostoliai dėl greitai pasireiškiančio betono valkšnumo, apskaičiuojami taip:

$$\Delta\sigma_{pc1,2} = 0,85 \cdot 40(\sigma_{cp2}/f_{cp}) = 0,85 \cdot 40(2,16/20) = 3,7 \text{ MPa, kadangi } \sigma_{cp2}/f_{cp} = 2,16/20 = 0,108 < \alpha = 0,8;$$

čia: σ_{cp2} – betono įtempiai kraštiniame gniuždomosios zonos sluoksnyje:

$$\sigma_{cp2} = P_{m0}/A_{eff} - P_{m0} \cdot e_p(h - y_{sc})/I_{eff} + M_{s,s}(h - y_{sc})/I_{eff} = 0,259/0,163 - 0,259 \cdot 0,062(0,22 - 0,107)/0,000923 + 0,017 \cdot (0,22 - 0,107)/0,000923 = 2,16 \text{ MPa};$$

$\Delta\sigma_{pc2,2}$ – tariamai esamos gniuždomos armatūros įtempių nuostoliai dėl betono valkšnumo, kai betono įtempiai kraštiniame gniuždomosios zonos sluoksnyje:

$$\sigma_{cp2} = P_{m1}/A_{eff} - P_{m1} \cdot e_p(h - y_{sc})/I_{eff} = 0,258/0,163 - 0,258 \cdot 0,062(0,22 - 0,107)/0,000923 = -2,3, \text{ tai } -2,3 < 0; \text{ todėl } \Delta\sigma_{pc2,2} = 0.$$

Tuomet plokštės išlinkis bus:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_{c1} - \varepsilon_{c2}}{d} = \frac{(2,55 - 2,13) \cdot 10^{-4}}{0,175} = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}.$$

$$\text{Kadangi } \left(\frac{1}{r}\right)_3 + \left(\frac{1}{r}\right)_4 = (6,6 + 2,4) \cdot 10^{-4} = 9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1} < P_d \cdot e_p \cdot \phi_{c2}/\phi_{c1} \cdot E_c \cdot I_{eff} =$$

$$= 0,258 \cdot 0,062 \cdot 2,0/0,85 \cdot 31 \cdot 10^3 \cdot 0,000923 = 12,75 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}, \text{ todėl imama:}$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 + \left(\frac{1}{r}\right)_4 = 12,75 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}.$$

Suminis plokštės kreivis:

$$\frac{1}{r} = (2,04 + 30,43 - 12,75) \cdot 10^{-4} = 19,72 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}.$$

Kiaurymėtosios perdangos plokštės įlinkis:

$$d = \frac{1}{r} \cdot \frac{5}{48} \cdot l_{eff}^2 = 19,72 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{5}{48} \cdot 5,61^2 = 0,0065m = 6,5mm.$$

Plokštės ribinis įlinkis, kai $l_{eff} = 5610$ mm, $d_{lim} = l_{eff}/200 = 5610/200 = 28$ mm (žr. 17.1 lent. [19]). Apskaičiuotasis plokštės įlinkis neviršija ribinio įlinkio: $d = 6,5$ mm $< d_{lim} = 28$ mm.

Kadangi $l_{eff}/h = 5,61/0,22 = 25,5 > 10$, įlinkio padidėjimo dėl šlyties deformacijų nepaisoma.

$$\Delta = \frac{0,028 - 0,0065}{0,028} \cdot 100\% = 76,8\%.$$

Išvada: plokštės įlinkis neviršija ribinės reikšmės. Nepertraukiamo formavimo kiaurymėtoji gelžbetoninė plokštė atitinka tinkamumo ribinių būvių reikalavimus.

Perdangu plokštės konstravimas

Laikant, kad perdangos plokštė gali būti keliama už dviejų pakėlimo kilpų, jos savasis svoris su dinamiškumo koeficientu $\gamma_d = 1,4$, tenkantis vienai pakėlimo kilpai:

$$G_{s,s,d} = 0,5 \cdot l_k \cdot g_{d1} \cdot \gamma_f \cdot \gamma_d = 0,5 \cdot 5,65 \cdot 3,12 \cdot 1,0 \cdot 1,4 = 12,34kN ;$$

čia: l_k – konstrukcinis plokštės ilgis pagal duomenis 2.7. pav.

Kilpos armatūros skerspjūvio plotas:

$$A_s = \frac{G_{s,s,d}}{f_{y,d}} = \frac{12,34 \cdot 10^{-3}}{214} = 0,577 \cdot 10^{-4} m^2.$$

Iš asortimento lentelės parenkamos pakėlimo kilpos $\phi 12A240$, kurių $A_s = 1,313 \times 10^{-4} m^2$.

Iš anksto įtemptosios armatūros, įtempiamos į atsparas, inkaravimosi (įtempių perdavimo) ilgio ruože l_{bpd} numatomi suvirinti $\phi 3-4$ S500 vielos armatūros tinkleliai, gaubiantys ją iš apačios.

Skaičiuotinis armatūros inkaravimosi ilgis nustatomas pagal 241 p. [21] taip:

$$l_{bpd} = 1,2 \cdot l_{pt2} + \alpha_2 \cdot \phi \cdot (\sigma_{pd} - \sigma_{p\infty}) \cdot f_{bpd};$$

čia: σ_{pd} – armatūros įtempiai, kuriuos sukelia lenkimo momentas;

$$\sigma_{pd} = M_{Ed} / A_{p1} (d - 0,5h \cdot x_{eff}) = 0,059 / 5,65 \cdot 10^{-4} \cdot (0,175 - 0,5 \cdot 0,22 \cdot 0,012) = 601,25 \text{ MPa};$$

$\sigma_{p\infty}$ – išankstiniai armatūros įtempiai, įvertinus visus jų nuostolius,

$$\sigma_{p\infty} = \sigma_p - \Delta \sigma_{p,com1} = 550 - 143,79 = 406,21 \text{ MPa};$$

l_{pt2} – įtempių perdavimo zonos bazinis ilgis:

$$l_{pt2} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \phi \cdot \sigma_p / f_{bpt} = 1,25 \cdot 0,25 \cdot 0,0012 \cdot 455,9 / 2,33 = 0,07 \text{ m};$$

čia: $\alpha_1 = 1,25$; $\alpha_2 = 0,25$; $\sigma_{p1} = \sigma_p - \Sigma \Delta \sigma_{p1} = 55 - 94,1 = 455,9 \text{ MPa}$;

f_{bpt} – armatūros ir betono sankibos įtempiai:

$$f_{bpt} = \eta_{p1} \cdot \eta_1 \cdot f_{ctd(t)} = 2,7 \cdot 1,0 \cdot 0,86 = 2,33 \text{ MPa, kai}$$

$$f_{ctd(t)} = \alpha \cdot \alpha_{ct} \cdot 0,8 \cdot f_{ctk} \cdot 0,05 / \gamma = 0,9 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1,8 / 1,5 = 0,86 \text{ MPa};$$

f_{bpd} – armatūros ir betono sankabos ribiniai įtempiai:

$f_{bpd} = \eta_{p2} \cdot \eta_1 \cdot 0,8 \cdot f_{ctd} = 1,4 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,08 = 1,21 \text{ MPa}$ ($\eta_{p1} = 2,7$ - didelio stiprio vielinei armatūrai ir rumbuotajai strypinei armatūrai, $\eta_1 = 1$ pagal [21] 237 p., $\eta_{p2} = 1,4$ – didelio stiprio vielai ir rumbuotajai strypinei armatūrai).

Tokiu būdu skaičiuotinis iš anksto įtemptosios armatūros inkaravimosi ilgis:

$$l_{bpd} = 1,2 \cdot 0,07 + 0,25 \cdot 0,0012(601,25 - 406,21) \cdot 1,21 = 0,15 \text{ m.}$$

Imama $l_{bpd} = 0,17 \text{ m.}$

Inkaravimosi ilgis sąlygiškai nedidelis $l_{bpd} = 0,15 \text{ m}$, nes armatūros įtempiai $\sigma_{pd} = 601,25 \text{ MPa}$.

Plokštės viršutinė lentyna, kaip ir iš anksto įtemptosios armatūros inkaravimosi ilgio zonos, armuojamos suvirintais aukščiau minėtos vielinės armatūros tinklais.

Perdangos plokštės darbo brėžiniai pateikiami S.23.06.KD brėžinyje.

3. TECHNOLOGINĖ IR EKONOMINĖ DALIS

3.1. Žemės darbai

Kadangi gręžtinių pamatų statyba yra vienas pirmųjų darbų, todėl prie technologinės dalies įtraukiamas žemės darbų įvertinimas.

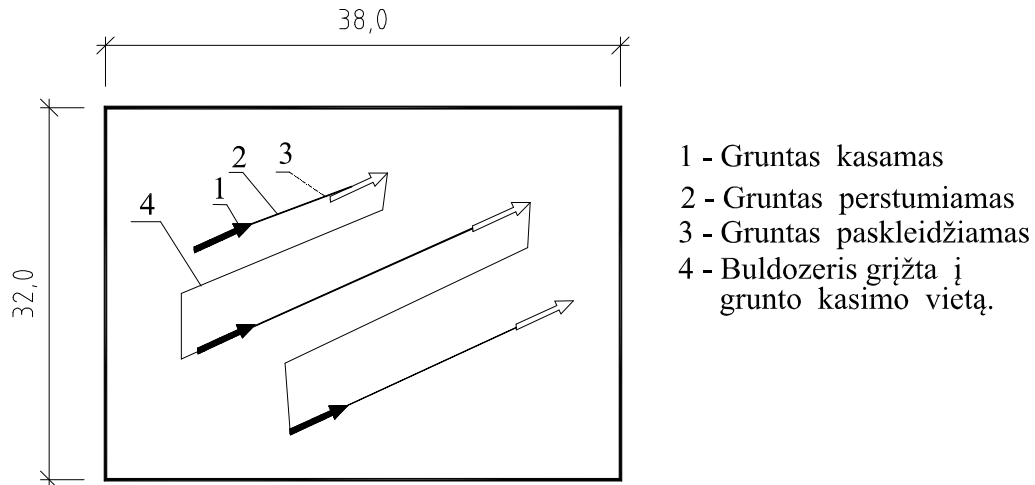
Projektuojamo pastato pamatų įgilinimas skirtingas: GP-1, GP-2 -3,110 m, GP-3 -2,610 m, GP-4 -2,310 m. Pastato matmenys tarp ašių: 36x30 m, todėl gruntas nukasamas visu pastato perimetru 1 m plačiau. Nulinė altitudė $\pm 0,000=110,05$ m.

Dirvožemis bus naudojamas statybvietės aplinkos tvarkymo darbams, todėl jo negalima maišyti su gruntu. 30 cm storio dirvožemio sluoksnis sustumiamas buldozeriu į pylimus (kavaljerus) statybvietės plane numatytose vietose (žr. S.23.08.TD).

Mechanizuotas grunto nukasimas:

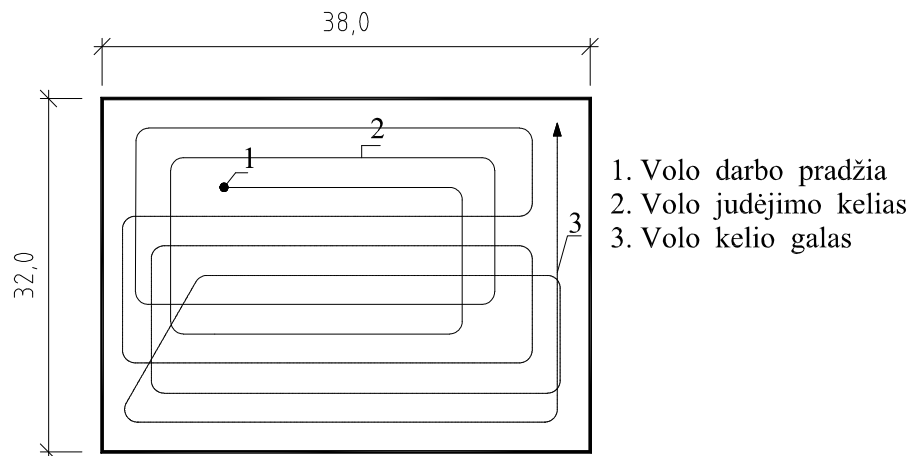
$$V=38 \cdot 32 \cdot 0,3=364,8 \text{ m}^3.$$

Parenkami mechanizmai: buldozeris, volas. Buldozeriais gruntas kasamas pagal klotinę-tranšėjinę darbo schema (žr. 3.1. pav.). Kiekvienas klotas iškasamas lygiagrečiomis juostomis, tarp jų paliekant iki 1m pločio skiriamąsias sienes. Buldozerio verstuvu gruntas kasamas vienodu storio sluoksniu.



3.1.pav. Buldozerio principinė darbo schema

Gręžtiniams pamatams turi būti išlyginama aikštelė ir sutankintas gruntas. Grunto tankinimui parenkamas volas DT-D-219 (principinė darbo schema 3.2. pav.). Išlygintoje teritorijoje gruntas pradedamas tankinti nuo krašto. Grunto pakrovimui ir transportavimui parenkamas ekskavatorius E-505A ir savivartis MAZ-205. Nereikalingas gruntas pakraunamas ir išvežamas. Reikalinga dalis augalinio grunto paliekama statybvietėje baigiamiesiems statybos apželdinimo darbams.



3.2. pav. Volo principinė darbo schema

Mechanizmai

Žemės darbams reikalingi ne tik mechanizmai, tačiau ir įvairūs matavimo prietaisai ir įtaisai.

Atsižvelgiant į aikštelės matmenis bei grunto perstūmimo vidutinį nuotolį (35m) parenkamas mechanizmų 1-as komplektas.

1-as komplektas: buldozeris DT-20G, volas DT-D-219.

Transporto priemonės augaliniam gruntui išvežti parenkamas 2-as komplektas.

2-as komplektas: ekskavatorius E-505A, savivartė MAZ-205.

Ekskavatoriaus kaušo talpa 0,5m.

Savivarčio MAZ -205 keliamoji galia- 6,0t.

3.1 lentelė. Mechanizmų ir įrangos poreikis

Įranga, įrankiai, įtaisai	Kiekis, vnt.
Teodolitas	1
Nivelyras	1
Nivelyro liniuotė	1
Kūjis	1
Plaktukas	1
Geodezinė liniuotė	1
Kastuvas	2
Semtukas	1
Mechanizmai	Kiekis, vnt.
Buldozeris TD-20G	1
Volas DT-D-219	1
Ekskavatorius E-505A	1
Savivartis MAZ-205	1

3.2. Gręžtinių pamatų įrengimo technologinė kortelė

Reikalingi mechanizmai

Gręžtinių pamatų įrengimui parenkama reikalinga įranga pateikiama 3.2 lentelėje.

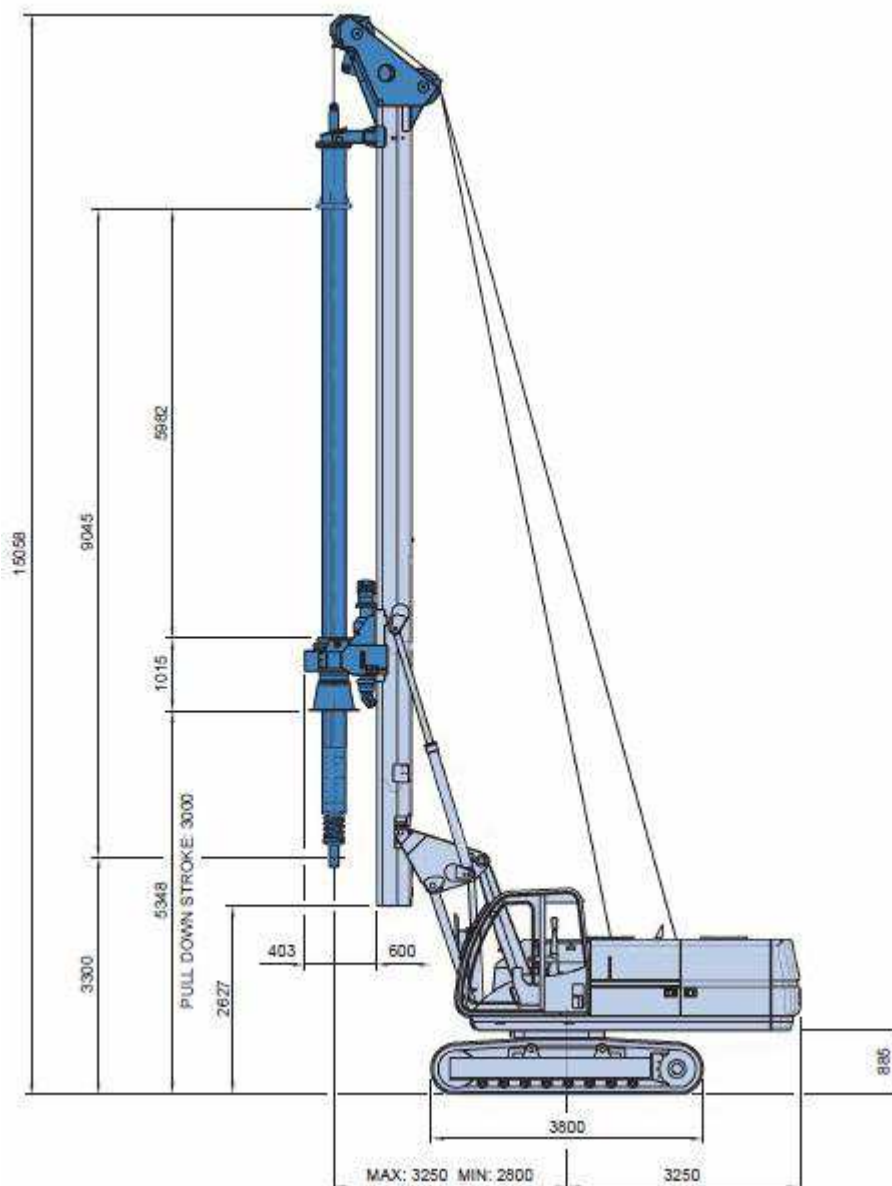
3.2 lentelė. Gręžtinių pamatų įrengimui reikalinga įranga

Įranga, įrankiai, įtaisai	Kiekis, vnt.
Nivelyras	1
Nivelyro liniuotė	1
Kūjis	1
Plaktukas	1
Laužtuvas	1
Metalo žirkklės	1
Metras	1
Kastuvas	5
Semtuvai	5
Mechanizmai	Kiekis, vnt.
Grąžtas SOILMEC SR-20	1
Autobetonvežis su siurbliu TRUCKMIXER TRM 10A	1
Ekskavatorius E-505A	1
Savivartis MAZ-205	1

Gręžtinių pamatų įrengimui parenkamas grąžtas SOILMEC SR-20, jo techniniai parametrai pateikiami 3.3 lentelėje, o matmenys 3.3. pav. Kadangi gręžiant pamatus atsiras grunto, jo kasimui ir išvežimui parenkami ekskavatorius E-505 A ir savivartis MAZ-205. Ekskavatoriaus kaušo talpa 0,5 m. Savivarčio MAZ -205 keliamoji galia - 6,0 t.

3.3 lentelė. Grąžto SOILMEC SR-20 techniniai parametrai

Maximalus poliaus diametras	1200	mm
Maximalus poliaus gylis	40	m
Slėgis į žemę	0,07	MPa
Maximalus darbinis slėgis	30	MPa
Pagrindinės gervės 1-o sluoksnio nominalus greitis	78	m/min
Pirmo sluoksnio linijinis tempimas	103	kN
Variklio galingumas	127	kW



3.3. pav. Grąžto SOILMEC SR-20 išmatavimai

Darbininkų poreikis

Prenkama 9 darbininkų brigada, atliksianti gręžtinių pamatų įrengimo darbus, pateikiama 3.4 lentelėje.

3.4 lentelė. Darbininkų gręžtiniam pamatams įrengti poreikis

Brigados sudėtis	Žmonių skaičius
Statybos darbų meistras	1
Autobetonvežio vairuotojas	1
Ekskavatoriaus vairuotojas	1
Savivarčio vairuotojas	1
Grąžto vairuotojas	1
Pagalbiniai darbininkai	4

Betonas

Gręžtiniai pamatai bus betonuojami C16/20 stiprumo klasės betonu. Šis betonas bus atvežamas į statybos aikštelę automobiline betono maišykle iš betono mazgo. Reikalingas betono kiekis gręžtiniams pamatams $75,69 \text{ m}^3$ (žr. S.23.04.KD).

Betonas turi tenkinti pagrindinius reikalavimus:

1. Visos medžiagos, naudojamos betono gamybai (cementas, smėlis, stambūs užpildai, priedai, vanduo) turi atitikti valstybės standartų reikalavimus.
2. Kai betonuojama sausame gręžinyje ir betonas tankinamas, naudojamas 2-6 cm slankumo betonas (ne mažesnis kaip S3.). Cemento kiekis turi būti didesnis kaip 325 kg/m^3 .
3. Naudojami ne didesni kaip 50 mm stambūs užpildai ir ne mažesni kaip 32 mm arba 0,25 mažiausio atstumo tarp išilginių armatūros strypų.
4. Naudojamas cementas, kurio rišimosi pradžia nuo 2h.
5. Vandens ir cemento santykis ne didesnis kaip 0,6.

Armatūra

Gręžtinių pamatų armatūros karkasams bus naudojama S400 ir S240 armatūra. Reikalingi armatūros kiekiai pateikti 3.5 lentelėje (detalūs armatūros žiniaraščiai atskiriems pamatų karkasams pateikiami S.23.04.KD). Iš viso reikalinga 2358,93 kg armatūros visiems gręžtiniams pamatams 3.5 lentelė. Armatūros kiekiai, reikalingi pamatų karkasams

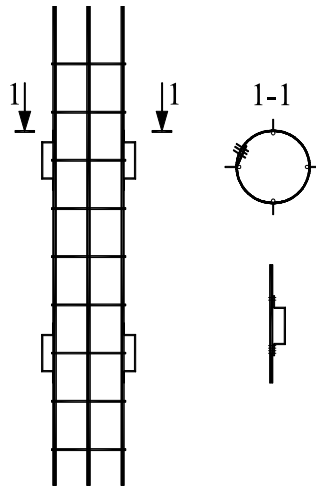
Armatūros dirbiniai, kg			
S400			S240
Ø 14	Ø 10	Ø 6	Ø 8
723,2	738,76	67,2	829,77

Armatūra turi tenkinti šiuos reikalavimus:

1. Armatūros strypynai į gręžinius įleidžiami prieš betonavimą jos nepažeidžiant.
2. Įleidus armatūrą jos viršaus padėties nuokrypis nuo projektinės negali būti didesnis kaip 0,15 m. Armatūros strypynus virinant reikia užtikrinti, kad jie išliktų nepakitusios formos ir standumo iki tol kol bus įleisti į gręžinį ir užbetonuoti.
3. Gaminant armatūros strypynus armatūros negalima lenkti esant žemesnei kaip 5°C .
4. Prieš lenkimą armatūra šildoma, ne daugiau kaip 100°C .
5. Mažiausias išilginės armatūros kiekis polio skerspjūvyje yra keturi 10 mm skersmens strypai.
6. Mažiausias skersinės armatūros skersmuo ne mažesnis kaip 6 mm, suvirinant ne mažesni kaip 5 mm.
7. Armatūros apsauginis sluoksnis turi būti ne mažesni kaip 50 mm, kai polių $D \leq 0,6 \text{ m}$.

8. Norint užtikrinti centrišką armatūros padėtį gręžinyje ir reikalingą betono apsauginį sluoksnį naudojami fiksatoriai (žr. 3.4. pav. ir S.23.04.KD pamatų karkaso brėžinius).

9. Kreipikliai apie strypyną išdėstomi simetriškai (4 viename lygyje), turi būti užtikrintas pakankamas laisvumas iki gręžinio sienos, kad būtų galima saugiai įleisti armatūrą ir išvengti gręžinio sienų ardymo.



3.4. pav. Fiksatoriai, naudojami gręžtinio polio armatūrai

Darbu vykdymas

Gręžtinių pamatų įrengimo schema pateikiama S.23.08.TD brėžinyje. Darbai suskirstomi į aikštelės paruošimą, gręžimą, betonavimą.

Aikštelės paruošimas

1. Statybos aikštelė įrengiama pagal projektą.
2. Nukasus augalinį sluoksnį, aikštelė išlyginama, pažymimos gręžinių vietos. Ašių nuokrypos nuo projektinės padėties negali viršyti $\pm 5\text{mm}$.
3. Statybos aikštelės paviršius išlyginamas 10-15 cm žemiau grindų lygio, kad iš gręžinių išimta gruntą būtų galima panaudoti pogrindžiui.

Gręžimas

1. Gręžinį reikia įrengti taip, kad gruntas nebyrėtų nuo sienelių iki betonavimo ar betonavimo metu (tam naudojami palaikantieji skiediniai- bentonitinio molio suspensija, polimeriniai skiediniai ir kt.).
2. Gręžinys turi būti apsaugotas nuo paviršinio vandens.
3. Prieš pradedant gręžimo darbus, patikrinama ar grąžtas pastatytas tiksliai ties būsimos duobės centru. Grąžto ašis privalo būti vertikali.
4. Pamatų duobės gręžiamos pagal pamatų planą eiliškumo tvarka. Gręžiama iki sluoksnio, į kurį turi būti įbetonuotas pagrindas (iki puskiečio moreninio priemolio).

5. Gręžinio dugne turi būti projekte nurodyto tipo gruntas ir gręžinys į jį turi būti įgilintas ne mažiau kaip 100 mm.

6. Tais atvejais, kai pagrindo laikančiųjų sluoksnių paviršius yra su nuolydžiu, turi būti gręžiama giliau, kad polis būtų atremtas visu skersmens plotu.

7. Įrengus gręžinį, dugne likęs suardytas gruntas turi būti sutankintas.

8. Apsaugoti gręžinį nuo paviršinio vandens, aplink jį suplūkiamas grunto volelis ir jis uždengiamas skydu.

9. Kai atstumas tarp gręžinių centrų mažesnis nei 2d, antras gręžinys gręžiamas kai pirmajame betonas yra pasiekęs 25% projekcinio stiprumo.

Gręžtinių polių, kurie įrengiami naudojant palaikančiuosius skiedinius, įrengimo reikalavimai:

1. Naudojamo skiedinio tankis gręžimo metu turi būti ne didesnis kaip 1100 kg/m^3 , o prieš betonavimą ne didesnis kaip 1150 kg/m^3 , taip pat prieš betonavimą leidžiamas ne didesnis kaip 4 % smėlio kiekis skiedinyje.

2. Gręžiant palaikančiojo skiedinio lygis turi būti palaikomas gręžinyje arba įvadiniame vamzdyje ne mažiau kaip 1,5 m aukščiau gruntinio vandens lygio.

Betonavimas

1. Įsitikinus, kad gręžinio dugnas švarus, išvalytas, nesisunkia vanduo ar nėra kitų pašalinių efektų, į gręžinį įstatomas armatūros strypynas ir fiksuojamas.

2. Betonuojama iš apačios į viršų taip, kad būtų išvengta sluoksniavimosi, o betonas nekristų ant armatūros ir gręžinio sienučių.

3. Kai gręžinio gylis mažesnis kaip 5 m, tai betonuoti galima neįleidžiant piltuvo ir vamzdžio į gręžinį. Pamatas betonuojamas be pertraukų. Pertraukos galimos tik betonuojant pamato stiebą. Pertraukai viršijant 1h siūlės vietoje turi būti įbetonuojami ne mažiau kaip 6 armatūros strypai (600-900mm, $\geq \varnothing 12$).

4. Betontiekio vamzdžio galas betone turėtų būti įgilintas apie 0,8-1,0 m.

5. Papildomas betono tankinimas jo viduje draudžiamas.

6. Kolonos lizdas ir pamato viršus betonuojami tankinant vibratoriumi.

Darbu sauga

Atliekant gręžtinių pamatų statybos darbus būtina laikytis šių reikalavimų:

1. Darbas pradedamas tik pravedus instruktažą apie saugų darbą ir bendrus nurodymus statybvietėje. Statant gręžtinius pamatus laikomasi statybos taisyklių ir saugaus darbo reikalavimų.

2. Prieš pradedant gręžti būtina žinoti požeminių komunikacijų (elektros, ryšių kabelių, dujotiekio, vandentiekio ir kanalizacijos vamzdynai, kt.) vietas. Esamų požeminių komunikacijų

zonoje žemės kasimo darbus galima vykdyti tik gavus organizacijų, kurioms priklauso šios komunikacijos, raštišką leidimą. Atkasti elektros, telefono kabelius ir dujų linijas leidžiama tik kastuvais, atsargiai juos smeigiant.

3. Iškasos žmonių ir transporto eismo zonose turi būti aptvertos, pastatyti įspėjamieji ženklai, užrašai, nakčiai – signaliniai žibintai. Statyti mašinas, sandėliuoti statybai reikalingas medžiagas, konstrukcijas galima tik nurodytose statybvietės plane vietose.

4. Gręžti naudojama tik techniškai tvarkinga gręžimo mašina.

5. Su grąžtu gali dirbti tik specialiai apmokyti asmenys, kurie yra atsakingi už saugų darbą juo.

6. Grąžtas gali judėti, kai bokštas nuleistas ir pritvirtintas.

7. Neleidžiama su grąžtu dirbti po aukštos įtampos linija, jei tarpas nuo laidų iki aukščiausio agregato taško mažesnis kaip 2 m.

8. Perkūnijos metu ir pučiant stipresniam nei 5 balų vėjui, dirbti su grąžtu draudžiama.

9. Pakeliant ir nuleidžiant grąžto bokštą, darbininkai turi būti už bokšto kritimo zonos, kuri ribojama pusantro bokšto aukščio spinduliu.

10. Gręžiant po grąžto ratais turi būti padėti pospyriai ir įjungtas automobilio rankinis stabdys.

11. Draudžiama gręžti, jei grąžto mentėse arba suvirinimo siūlėse yra įtrūkimų ir techniškai netvarkingi arba susidevėję sujungimai tarp grąžto dalių.

12. Grąžtą galima įjungti tik tada, kai jis liečia gruntą.

13. Grąžtą draudžiama valyti, kai jis nuleidžiamas, pakeliamas arba sukasi.

14. Į užbaigtą gręžinį įstatomas apsauginis įdėklas ir gręžinys uždengiamas apsauginiu skydu.

15. Jei būtina lipti į gręžinio vidų, tai į jį turi būti įleistas apsauginis įdėklas. Be apsauginio įdėklo galima lipti, jei jis ne gilesnis kaip 1,5 m.

16. Neleidžiama ekskavatoriui važiuoti su pilnu kaušu. Visos savaeigės mašinos turi turėti garsinį signalą ir būti techniškai tvarkingos.

17. Jei reikia dirbti arčiau elektros tiekimo linijų, turi dirbti tik su vyr. inžinieriaus leidimu.

18. Darbininkams leidžiama dirbti ne arčiau kaip 5 m nuo ekskavatoriaus kasimo spindulio. Važiuojančio vienakaušio ekskavatoriaus strėlė turi būti nukreipta tiksliai važiavimo kryptimi, o kaušas nuleistas 0,5-0,7 m iki žemės paviršiaus.

19. Ekskavatoriui neleidžiama važiuoti su pilnu kaušu grunto. Be to, neleidžiama kelti ekskavatoriaus kaušu negabaritinių grunto gabalų, rąstų, sijų, lentų ryšulių, ir pan. Į transporto priemonę, gruntas išpilamas tik iš kėbulo šono arba galo. Pilant gruntą į transporto priemonę, darbininkams draudžiama stovėti kaušo judėjimo zonoje.

20. Draudžiama lipti ir dirbti iškasose, iš kurių nepašalintas vanduo.

21. Vykdam darbus gilesnėse nei 2 m iškasose darbininkai ir darbų vadovai turi būti atestuoti darbų saugos klausimais nustatyta tvarka.

22. Visos savaeigės mašinos turi turėti garsinį signalą.
23. Darbams vadovauja darbų vykdytojas.
24. Pirmosios pagalbos vaistinėle paruošta statybų vadovo vagonėlyje.

Individualios darbų saugos priemonės

1. Apsauginiai šalmai. Darbuotojai turi būti aprūpinti apsauginiais šalmais, atitinkančiais Lietuvos standarto LST EN 397 reikalavimus.
2. Pirštinės. Tinka pirštinės, skirtos apsaugai nuo mechaninių sužalojimų. Šių pirštinių piktogramoje yra keturi skaičiai, iš eilės nurodantys pirštinių atsparumo mechaniniam poveikiui lygius. Tinkamiausios pirštinės, kurių piktogramoje pirmas skaičius iš keturių yra 4 (jis rodo, kad pirštinės yra labiausiai atsparios dilimui).
3. Apsauginiai akiniai. Jie privalo būti naudojami vykdant žemės darbus, kai darbininkai dirba tranšėjose, pamato duobėse, kad išvengti akių sužeidimų.
4. Apsauginiai darbo drabužiai. Visi darbininkai aprūpinami darbo drabužiais, apsaugančiais nuo mechaninio poveikio ir gamybinio užterštumo. Jiems tinka: puskombinezonai, kombinezonai, švarkai su kelnėmis. Be to, rudenį ir pavasarį – striukės, o žiemą – šilti rūbai.
5. Profesinė avalynė. Visi darbininkai aprūpinami apsaugine profesine avalyne, atitinkančia Lietuvos standarto LST EN 346 reikalavimus.

Leistinieji nuokrypiai ir kokybės kontrolė

Leistinieji nuokrypiai gręžtiniams pamatams pateikti 3.6 lentelėje. Nustatant polių įrengimo nuokrypius, polio centru laikomas išilginės armatūros centras. 3.7 lentelėje pateikiama reikalinga kokybės kontrolė gręžtinių pamatų įrengimui. Būtina vykdyti tiekiamų medžiagų kontrolę- armatūra, betonai atvežami į statybos aikštelę priimami tik su atitiktis dokumentais.

3.6 lentelė. Gręžtinių pamatų įrengimo leistinieji nuokrypiai

Eil. nr.	Gręžtinių ir gręžtinių polinių polių elementai	Leistinieji nuokrypiai
1.	Gręžinio skersmuo	-30 mm +50 mm
2.	Gręžinio gylis	±100 mm
3.	Erdvinio armatūros strypyno apsauginis armatūros sluoksnis	-5 mm
4.	Gelžbetoninės kolonos polio viršus	-10 mm
5.	Polio viršaus plokštumos nuolydis	< 0,001 (1,0 mm viename ilgio metre)
6.	Vertikalių ir pasvirusių polių padėties plane nuokrypiai (e) kai: - $D \leq 1,0$ m - $1,0$ m < $D \leq 1,5$ m	0,02
7.	Vertikalių ir ne mažiau kaip 86° nuo horizontalės	0,04
8.	Pasvirusių nuo horizontalės ne mažiau kaip 76° , bet ne daugiau kaip 86° polių nuokrypis (i)	$\leq 0,1D$

Čia: D – gręžtinio polio skerspjūvis.

3.7 lentelė. Gręžtinių pamatų įrengimo kokybės kontrolė

Eil. nr.	Objektas	Kontrolė	Tikslas	Dažnumas
Nužymėjimo stebėjimas				
1.	Pagrindinės ašys	Matavimai	Polių nužymėjimas	Pradedant darbus
2.	Darbinės aikštelės paviršius	Tikrinimas apžiūrint, matavimai	Altitudė, horizontalumas, dydis, pastovumas	Kiekvienoje statybos zonoje
3.	Polio vieta, polio pasvirimas	Matavimai: svambalu, juosta, gulsčiuku	Nuokrypų patikrinimas	Kiekvienas polis (prieš ir po
Polių gręžimo				
4.	Įrankių, apvalkalų būklė ir matmenys	Tikrinimas apžiūrint, matavimas	Atitiktis	Prieš ir po naudojimo
5.	Įrankių naudojimas	Kasimo eiga, efektyvumas, per gilus įgręžimas	Priežiūra, atpažinimas kintančių gruntinių sąlygų	Nuolat
6.	Vandens lygis	Matavimas	Polio gręžinio stabilumas	Nuolat
7.	Polio gylis	Gylio, nuolydžio matavimai	Nurodyto gylio pasiekimas	Kiekvienas polis
8.	Dugno valymas	Tikrinimas apžiūrint	Švarus sąlytis	Kiekvienas polis
9.	Vandens sanakaupa apačioje	Juosta, tikrinimas apžiūrint	Betono sluoksniavimosi ir užteršimo išvengimas	Kiekvienas polis
Armatūros stebėjimas				
10.	Strypynų gamyba	Matmenys, išilginių strypų išdėstymas	Atitiktis	Kiekvienas strypynas
11.	Kreipikliai	Medžiaga, dydis, kiekis, išdėstymas	Atitiktis, įrengimo nukrypimai	Kiekvienas strypynas
12.	Strypynų įrengimas	Apžiūrėjimas, matavimas	Įrengimo nukrypimų nustatymas	Kiekvienas strypynas
Šviežio betono stebėjimas				
13.	Nepertraukiamas tiekimas	Tikrinimas	Nepertraukiamas klojimas	Prieš klojimą
14.	Konsistencija	Slankumo, sklaid. rodikliai	Atitiktis, klojumas	Nuolat
15.	Aplinkos ir betono temperatūra	Termometras	Naujai betonuojamų polių apsauga atitiktis, klojumas	Kai reikia pagal LST 1330
Betono klojimo sausoje aplinkoje ir panardinus stebėjimas				
16.	Betonavimo vamzdis, betontiečio vamzdis	Tikrinimas apžiūrint	Švarumas, nepralaidumas vandeniui, vidaus lygumas	Kiekvienas vamzdis prieš ir po įrengimo
17.	Vidinis skersmuo, išorinis skersmuo	Tikrinimas ir matavimas	Užpildo matmenų tinkamumas, laisvas įdėjimas armatūros viduje	Kiekvienas vamzdžių komplektas, visų
18.	Įrengimo gylis	Matavimas	Sluoksniavimosi išvengimas	Kiekvienas polis
19.	Betontiečio vamzdžio panardinimas betonuojant ir ištraukiant	Betono gylio tikrinimas betontiečio ilgio atžvilgiu	Panardinimo gylio palaikymas, sluoksniavimosi	Nuolat
20.	Betono tūris	Sunaudojimo lyginimas su teoriniu gręžinio tūriu	Per didelių išėmų ar susiaurėjimų aptikimas	Kiekvienas polis (kur įmanoma)
21.	Betonavimo lygis	Gylio matavimas	Pakankamas aukštis virš nukirtimo lygio	Kiekvienas polis

3.3. Darbų kiekių skaičiavimas

Darbų kiekiai skaičiuojami pagal darbo brėžinius, laikomasi gamybinių normatyvų ir skaičiavimo taisyklių.

3.8 lentelė. Gręžtiniai pamatai

Elemento žymuo	Skerspjūvis, m	Aukštis, m	Kiekis, vnt.	Tūris, m ³	
				Vnt.	Visų
GP-1	1,0	2,5	26	1,96	50,96
GP-2	1,0	2,8	6	2,2	13,2
GP-3	0,4	2,0	26	0,25	6,5
GP-4	0,4	2,0	47	0,25	11,75
Iš viso:					82,41

3.9 lentelė. Pamatinės sijos

Elemento žymuo	Aukštis, m	Plotis, m	Ilgis, m	Tūris, m ³
PS-1	0,5	0,2	159,36	15,94
PS-2	0,3	0,25	105,76	7,93
Iš viso:				23,87

3.10 lentelė. Pamatinėms sijoms reikalingų medžiagų kiekiai

Medžiagos pavadinimas	Storis, m	Plotas, m ²	Tūris, m ³
Hidroizoliacija	0,01	122,7	1,23
Polistireninis putplastis XPS	0,1 ir 0,05	-	54,23

3.11 lentelė. Išorės ir vidaus sienos

Medžiagos pavadinimas	Aukštis, m	Plotis, m	Ilgis, m	Tūris, m ³
Išorinės sienos				
„FIBO“ blokeliai	0,185	0,2	0,49	119,7
Vidaus sienos				
Silikatinės plytos	0,088	0,12	0,25	113,51
Vidinės pertvaros				
- 2x12,5 mm gipso kartonas	-	0,15	-	47,97
- 100 mm mineralinė vata				
- 2x12,5 mm gipso kartonas				
- 2x12,5 mm gipso kartonas				

Gelžbetoninio karkaso darbų kiekių skaičiavimai pateikti 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16 lentelėse.

3.12 lentelė. Kolonos

Elemento žymuo	Skerspjūvis, m	Ilgis, m	Kiekis, vnt.	Tūris, m ³	
				Vnt.	Visų
K-1	0,4x0,4	8,0	22	1,28	33,28
K-2	0,4x0,4	7,7	5	1,23	6,15
K-3	0,4x0x4	6,33	4	1,01	4,04
K-3	0,4x0x4	4,33	2	0,69	1,38
Iš viso:					44,85

3.13 lentelė. Rygeliai

Elemento žymuo	Skerspjūvis, m	Ilgis, m	Kiekis, vnt.	Tūris, m ³	
				Vnt.	Visų
ROP4.56 1	0,46x0,45	5,56	26	1,15	32,2
ROP4.56 2	0,52x0,45	5,65	20	1,32	29,04
Iš viso:					61,24

3.14 lentelė. Kiaurymėtosios perdangos plokštės

Elemento žymuo	Skerspjūvis, m	Ilgis, m	Kiekis, vnt.	Tūris, m ³	
				Vnt.	Visų
PK 56.12-12AtIVCT-4	1,2x0,22	5,56	22	1,47	38,22
PK 56.15-12AtIVCT	1,5x0,22	5,56	72	1,83	142,74
PK 56.12-12AtIVCT	1,2x0,22	5,56	23	1,47	41,16
PK 56.15-12AtIVCT-3	1,5x0,22	5,56	19	1,83	36,6
Iš viso:					258,72

3.15 lentelė. Monolitiniai laiptai

Medžiagos pavadinimas	Aukštis, m	Plotis, m	Ilgis, m	Kiekis, vnt.	Plotas, m ²	Tūris, m ³
Betonas C20/25	0,1685	0,3	1,2	20	7,2	1,21
Betonas C20/25	0,135	1,2	2,5	1	3,0	0,41
Betonas C20/25	0,135	1,4	2,5	1	3,5	0,47
Iš viso:					13,7	2,09
UPN 200	0,2	0,075	3,4	4	-	-
UPN 200	0,2	0,075	1,4	2	-	-
UPN 200	0,2	0,075	2,5	1	-	-

Reikalingas UPN 200 bendras ilgis: 18,9 m.

3.16 lentelė. Metalų sijos

Medžiagos pavadinimas	Aukštis, m	Plotis, m	Ilgis, m	Kiekis, vnt.	Svoris, kg	Iš viso, kg
HEB sijos, 12m,	0,32	0,3	12,0	2	3048	3,048
SHS 120x60x6, l=8115mm	0,12	0,06	8,115	2	243,45	955,2
SHS 100x50x5, l=6000mm	0,1	0,05	6,0	1	180,0	
SHS 100x50x5, l=5725mm	0,1	0,05	5,725	1	171,75	
SHS 180x80x6, l=12000mm	0,18	0,08	12,0	1	360,0	

3.17 lentelė. Grindų darbų kiekiai

Sluoksnis	Storis, m	Plotas, m ²	Tūris, m ³
Sutankintas smėlingas gruntas, k=0,95	0,2	682,51	136,5
Smėlis	0,05	646,51	32,33
Hidroizoliacija, PE plėvelė	0,0002	711,17	-
Polistireninis putplastis EPS 100	0,1	646,51	64,65
Armuotas betono sluoksnis C16/20	0,1	646,4	64,65
Keraminės plytelės 300x300 mm	0,01	282,37	-
Polistireninis putplastis EPS T	0,05	630,0	31,5
Armuotas betono sluoksnis C16/20	0,09	638,0	57,42
Šilumą atspindinti folija	0,0002	701,8	-
Linoleumo danga	0,004	129,52	-
Parketo danga	0,016	130,0	-

3.18 lentelė. Stogo darbų kiekiai

Sluoksnis	Storis, m	Plotas, m ²	Tūris, m ³	Kiekis, vnt.
Bituminė danga PV S4b	0,004	986,5	-	-
Bituminė danga PV S4s	0,004	986,5	-	-
Mineralinė vata „PAROC“ ROB 60	0,02	666,78	13,36	-
Mineralinės vata „PAROC“ ROS 30	0,2	666,78	13,36	-
Garų izoliacija PE plėvelė	0,0002	799,304	-	-
Išlyginamasis C12/15 betono sluoksnis	0,04	679,36	27,17	-
Keramzitas	0,1	-	67,94	-
Parapeto danga- cinkuota skarda	0,0005	222,78	-	-
Mineralinė vata „PAROC“ ROB 60 (parapeto apšiltinimui)	0,04 ir 0,08	87,23	19,34	
Ventiliacijos kaminėliai, d=110mm	-	-	-	9
Lietaus nuvedimo vamzdžiai, PVC, d=100mm	-	-	-	10
Laikantis profiliuotas paklotas „Ruukki“ T153-40L-840	-	153,76	-	-

3.19 lentelė. Reikalingų langų ir durų kiekiai

Elemento žymuo	Plotis, m	Aukštis, m	Kiekis, vnt	Plotas, m ²	Bendras plotas, m ²
Dury					
D1	0,9	2,0	22	1,8	39,6
D2	0,9	2,0	22	1,8	39,6
D3	1,8	2,0	1	3,6	3,6
Iš viso:					82,8
LD-1	1,0	2,2	4	2,2	8,8
LD-2	1,8	2,2	2	3,96	7,92
LD-3	0,9	2,2	1	1,98	1,98
Iš viso:					18,7
Langai					
L1	1,2	1,7	93	2,04	189,72
L2	0,95	1,7	2	1,62	3,24
Iš viso:					192,6

Skaičiuojant sąmatą, plastikinės palangės įtrauktos prie langų skaičiavimo.

Atskirai įvertinami apdailos darbai, jų skaičiavimas pateikiamas 3.20, 3.21, 3.22, 3.23, 3.24 lentelėse.

Sienų armavimas apskaičiuojamas įvertinant papildomą armavimą (dvigubas tinklis iki 1,8 m), koeficientas užlaidoms -1,1.

3.20 lentelė. Sienų apšiltinimo ir išorės apdailos darbų kiekių skaičiavimas

Sluoksnis	Storis, m	Plotas, m ²
Išorinės sienos		
Mineralinis dekoratyvus tinkas ir armavimo mišinys („Knauf Klebspachtel M“ ir „Knauf Dekorputz“)	0,01	1205,4
Mineralinė vata „PAROC“ FAS 3	0,17	1205,4
Klijavimo armavimo mišinys	0,01	1205,4
Armavimo tinklis 4x4 mm	-	1650,0
Cokolis		
Cokolių tinkas „Knauf Sockelputz“	0,05	88,4
Armavimo mišinys „Knauf Klebspachtel M“	0,05	88,4
Armavimo tinklis 4x4 mm	-	97,24

3.20 lentelėje pateikiami darbų kiekiai, neatmetus angų.

Reikalingas mineralinės vatos „PAROC“ FAS 3 kiekis išorės sienų šiltinimui: 204,92 m³.

3.21 lentelė. Vidaus sienų ir pertvarų apdaila

Sluoksnis	Perimetras, m	Aukštis, m	Plotas, m ²
Vidaus sienų apdaila			
Gruntas „IGIS.AG“	812,35	3,0	2754,3
Tinkas „Knauf Rotband“	812,35	3,0	2754,3
Keraminės sienų plytelės 200x200 mm	410,0	3,0	1230,0
Emulsiniai dažai „Vivacolor Interior soft A“ 2k.	804,7	3,0	2414,1
Pertvaros			
Keraminės sienų plytelės 200x200 mm	176,68	3,0	530,04
Glaistas „IGIS.KR“ 2k.	1049,76	3,0	3149,28
Gruntas „IGIS.AG“	524,88	3,0	1574,64
Siūlių armavimas	524,88	3,0	1574,64
Emulsiniai dažai „Vivacolor Interior soft A“ 2k	696,4	3,0	2089,2

3.22 lentelė. Lubų apdaila

Sluoksnis	Plotas, m ²
Gruntas „IGIS.AG“	1220,2
Glaistas „IGIS.KR“ 2k.	2440,4
Emulsiniai dažai „Vivacolor Interior soft A“ 2k.	2440,4

3.23 lentelė. Grindjuostės

Pavadinimas	Bendras ilgis, m
Ažuolo balinto faneruota grindjuostė „Pedross“ 2500x58x20 mm	1200,25

3.24 lentelė. Sklypo dangos

Sluoksnis	Plotas, m ²
Trinkelų danga	410,05
Asfalto danga	269,92
Šaligatvio bortai	55,51

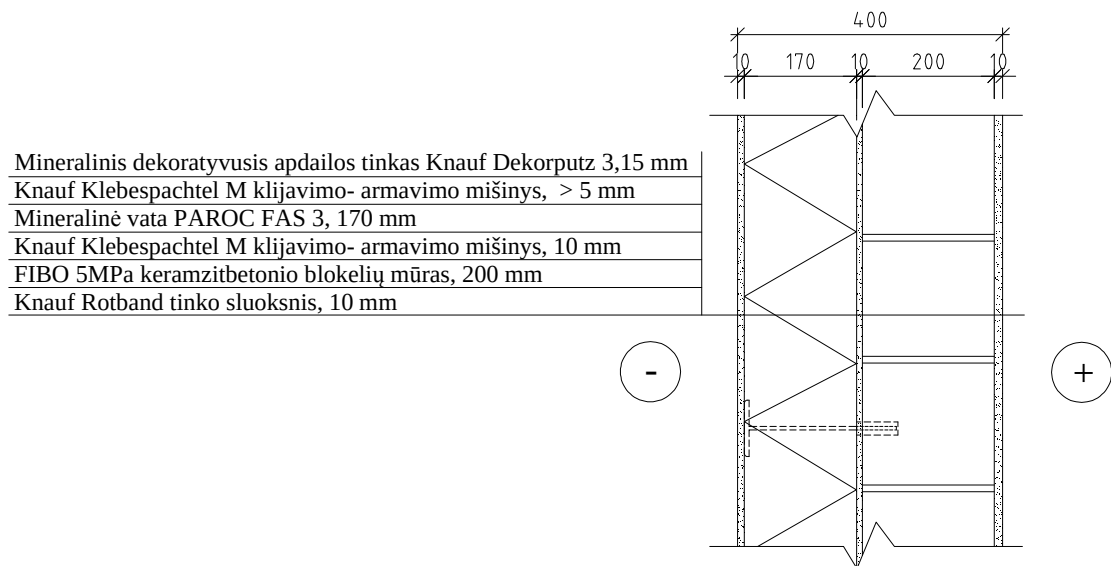
Paskaičiavus darbų kiekius, sudaryta lokalinė sąmata. Lokalinė sąmata, darbo užmokesčio žiniaraštis, medžiagų ir mechanizmų poreikių žiniaraščiai pateikti 3 priede. Pagal darbo užmokesčio žiniaraštį sudarytas kalendorinis darbų grafikas (žr.S.23.08.TD).

4. ŠILDYMO SISTEMOS DALIS

4.1. Atitvarų šiluminių varžų skaičiavimas

Išorinės sienos šiluminės varžos skaičiavimas

Skaičiuojamos išorinės sienos konstrukcija pateikta 4.1. paveiksle.



4.1. pav. Sienos konstrukcija

Atitvarų visuminė šiluminė varža.

Atitvarų visuminė šiluminė varža, $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$, apskaičiuojama pagal šią formulę:

$$R_t = R_{si} + R_s + R_{se}; \quad (4.1)$$

čia: R_{si} – atitvaros vidinio paviršiaus šiluminė varža, $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$;

R_s – atitvaros sluoksnių suminė šiluminė varža, $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$;

R_{se} – atitvaros išorinio paviršiaus šiluminė varža, $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Paviršių šiluminių varžų R_{si} ir R_{se} vertės parinktos pagal [17] 1 priedo 1.1 lentelę.

Sienos konstrukcijos paviršiaus šiluminė varža (kai šilumos srauto kryptis horizontali) $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Vidinio paviršiaus šiluminė varža $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Atitvarų iš termiškai vienalyčių sluoksnių suminė šiluminė varža R_s , $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$, apskaičiuojama pagal formulę:

$$R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_n; \quad (4.2)$$

čia: $R_1, R_2, \dots R_n$ – atskirų atitvaros sluoksnių šiluminės varžos, $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Skaičiuojame atskirų sluoksnių varžas. Tai atliksime pagal (4.3) formulę:

$$R = \frac{d}{\lambda_{ds}}; \quad (4.3)$$

čia: d – sluoksnio storis, m;

λ_{ds} – medžiagos projektinis šilumos laidumo koeficientas, W/(m·K).

Pirmasis sluoksnis– armavimo mišinys Knauf Klebepachtel M ir dekoratyvinis apdailos tinkas Knauf Dekorputz tinkas, kurio $\lambda_{ds}=0,80\text{ W/(m·K)}$, $d_1=0,01\text{ m}$. Jo šiluminė varža apskaičiuojama:

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_{ds}} = \frac{0,01}{0,80} = 0,0125 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}.$$

Antrasis sluoksnis – 170 mm šilumos izoliacija iš akmens vatos PAROC FAS 3 ($d_2 = 0,17\text{ m}$), kurios $\lambda_{dec} = 0,037 \text{ W/(m·K)}$, oro laidumas $15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sPa}$. Šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo konstrukcijoje pagal [12] 2 lentelę nevėdinamai atitvarai $\Delta\lambda_o = 0,002 \text{ W/(m·K)}$. Iš STR 2.01.03:2009 5 lentelės parenkamas šilumos konvekcijos poveikio koeficientas K_{cv} . Jei mineralinė vata nevėdinamoje sienoje priklijuojama arba mechaniškai pritvirtinama prie izoliuojamo paviršiaus, tuomet $K_{cv}=0$. Pataisa dėl šilumos konvekcijos:

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,037 \cdot 0 = 0 \text{ W/(m·K)};$$

čia: λ_{dec} – deklaruojamoji šilumos laidumo koeficiento vertė, W/(m·K);

K_{cv} – šilumos konvekcijos poveikio koeficientas.

Projektinė šilumos laidumo koeficiento vertė:

$$\lambda_{ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_o + \Delta\lambda_{cv} = 0,037 + 0,002 + 0 = 0,039 \text{ W/(m·K)};$$

čia: $\Delta\lambda_o$ – pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo konstrukcijose, W/(m·K);

$\Delta\lambda_{cv}$ – pataisa dėl šiluminės konvekcijos poveikio, W/(m·K).

Antrojo sluoksnio mineralinės vatos šiluminė varža pagal (4.3) formulę bus:

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_{ds}} = \frac{0,17}{0,039} = 4,36 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W} ;$$

Trečias sluoksnis – Knauf Klebepachtel M klijavimo- armavimo mišinys, kurio $\lambda_{ds} = 0,80 \text{ W/(m·K)}$. Jų šiluminė varža apskaičiuojama:

$$R_3 = \frac{d_3}{\lambda_{ds}} = \frac{0,01}{0,80} = 0,0125 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W} .$$

Ketvirtasis sluoksnis– FIBO keramzitbetonio blokeliai, kurių $\lambda_{ds} = 0,18 \text{ W/(m·K)}$ Jų šiluminė varža apskaičiuojama:

$$R_4 = \frac{d_4}{\lambda_{ds}} = \frac{0,20}{0,18} = 1,11 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W} .$$

Penktasis sluoksnis – Knauf Rotband tinko sluoksnis, kurio $\lambda_{ds}=0,80 \text{ W/(m·K)}$, o $d_5 = 0,01 \text{ m}$. Jo šiluminė varža apskaičiuojama:

$$R_5 = \frac{d_5}{\lambda_{ds}} = \frac{0,01}{0,80} = 0,0125 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W} .$$

Sienos suminė šiluminė varža pagal (4.2) formulę apskaičiuojama:

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 = 0,0125 + 4,36 + 0,0125 + 1,111 + 0,0125 = 5,509 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}.$$

Sienos visuminė šiluminė varža apskaičiuojama pagal (4.1) formulę:

$$R_t = R_{si} + R_s + R_{se} = 0,13 + 5,509 + 0,04 = 5,679 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W};$$

Apskaičiuojamas šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{5,679} = 0,176 \approx 0,18 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)};$$

Sienos visuminė šiluminė varža $R_t = 5,679 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, šilumos perdavimo koeficientas $U = 0,18 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$.

Mineralinės vatos sluoksnis su mūru sujungtas metaliniais ryšiais. Šilumos perdavimo koeficiento pataisa dėl papildomo šilumos nutekėjimo per metalines jungtis:

$$\Delta U_{fn} = \frac{\alpha \cdot \lambda_{fn} \cdot n_{fn} \cdot A_{fn}}{d_{fn}} = \frac{0,5 \cdot 50 \cdot 6 \cdot 1,96 \cdot 10^{-5}}{0,17} = 0,0144 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)};$$

čia: λ_{fn} – metalinės jungties šilumos laidumo koeficientas, $\text{W/(m} \cdot \text{K)}$;

n_{fn} – jungčių skaičius viename kvadratiniam metre, $n_{fn} = 6$;

A_{fn} – vienos jungties skerspjūvio plotas apskaičiuotas matematiškai, $d = 5 \text{ mm}$, $A_{fn} = 1,96 \cdot 10^5, \text{ m}^2$;

d_{fn} – skaičiuojamasis jungties ilgis, prilygintas šiltinančio sluoksnio storiui $d_{fn} = 0,17 \text{ m}$;

α – struktūrinis daugiklis priimamas $\alpha = 0,5$ (pagal STR 2.05.01:2005 1.7 lentelę).

Apskaičiuojamas šilumos perdavimo koeficientas įvertinus pataisą dėl metalinių jungčių:

$$U = \frac{1}{R_t} + \Delta U_{fn} = \frac{1}{5,679} + 0,0144 = 0,19 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}.$$

Temperatūros pataisa apskaičiuojama pagal formulę:

$$k = \frac{20}{\theta_i - \theta_e}; \quad (4.4)$$

čia: θ_i – patalpų vidaus oro temperatūra, $^{\circ}\text{C}$ (pagal [2] 1 priedą), $\theta_i = 21^{\circ}\text{C}$;

θ_e – šildymo sezono vidutinė išorės oro temperatūra arba gretimos patalpos projektinė vidaus oro temperatūra, $^{\circ}\text{C}$.

Šiauliuose, kai vidutinė paros temperatūra žemesnė už 10°C , vidutinė temperatūra $0,6^{\circ}\text{C}$ (šildymo sezono trukmė 222 dienos). Tuomet temperatūros pataisa apskaičiuojama pagal (4.4) formulę:

$$k = \frac{20}{21 - 0,6} = 0,98 \approx 1.$$

Norminės šilumos perdavimo koeficiento vertė reikalinga Šiauliuose viešosios paskirties pastato išorinėms sienoms:

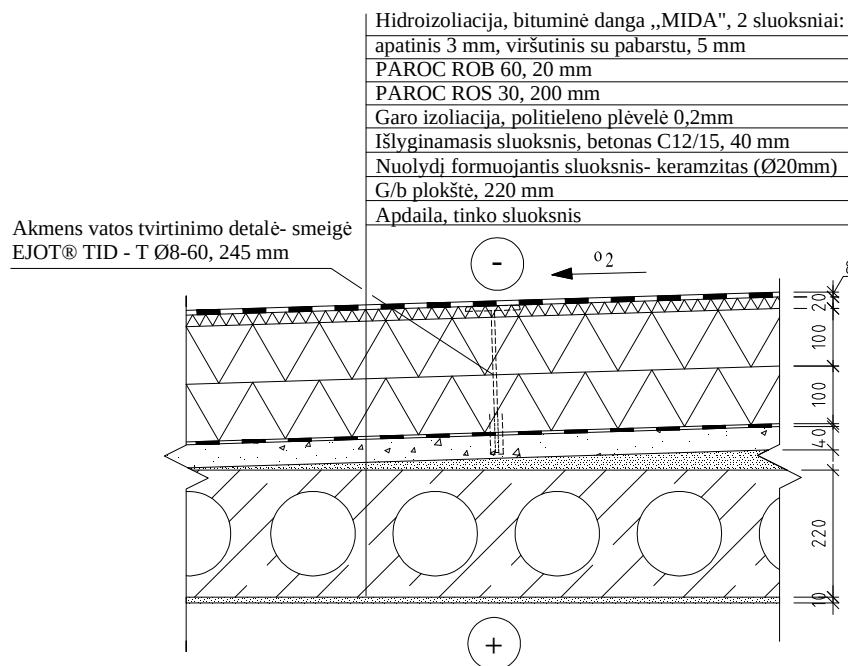
$$U_N = 0,25 \cdot k = 0,25 \cdot 1 = 0,25 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}.$$

Leistina šilumos perdavimo koeficiento vertė reikalinga Šiauliuose viešosios paskirties pastato išorinėms sienoms:

$$U_{MN} \leq 0,40 \cdot k = 0,40 \cdot 1 = 0,4 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}.$$

Išvada: projektuojama išorinė siena atitinka STR 2.05.01:2005 keliamus reikalavimus.

Stogo šiluminės varžos skaičiavimas



4.2. pav. Stogo konstrukcija

Pertvarų, skiriančių dvi patalpas su skirtingomis oro temperatūromis, suminė abiejų paviršių šiluminė varža ($R_{si} + R_{se}$) prilyginama $0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Horizontaliuoju vadinamas srautas, kurio kryptis vertikaliosios plokštumos atžvilgiu nesiskiria daugiau kaip $\pm 30^\circ$.

Stogo konstrukcijos paviršiaus šiluminė varža (kai šilumos srauto kryptis aukšty):

$$R_{si} = 0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}.$$

$$\text{Vidinio paviršiaus šiluminė varža } R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}.$$

Atitvarų iš termiškai vienalyčių sluoksnių suminė šiluminė varža R_s , $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$, apskaičiuojama pagal formulę:

$$R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_n + (R_g + R_q + R_u); \quad (4.5)$$

čia: $R_1, R_2, \dots, R_n$ – atskirų atitvaros sluoksnių šiluminės varžos, $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$;

R_g – oro tarpo šiluminė varža, $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$;

R_q – plono sluoksnio (plėvelės) šiluminė varža, $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$;

R_u – nešildomos pastogės šiluminė varža, $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Pirmasis sluoksnis – 2 sluoksniai ruloninės stogo dangos, kurios $\lambda_{ds} = 0,17 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ (STR 2.05.01:2005 8 priedas 8.1 lentelė), o storis $d_1 = 7 \text{ mm}$, tada:

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_{ds}} = \frac{0,007}{0,17} = 0,041 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}.$$

Antras sluoksnis – 20 mm šilumos izoliacija iš akmens vatos PAROC ROB 60, kurios $\lambda_{dec} = 0,039 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, oro laidumas $15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sPa}$. Šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo konstrukcijoje $\Delta\lambda_w$, $\text{W/(m}\cdot\text{K)}$, pagal STR 2.01.03:2003 4 lentelę vėdinamai atitvarai $\Delta\lambda_w = 0,001 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Šilumos konvekcijos poveikio koeficientas $K_{cv} = 0$ (pagal [2] 7 lentelę, kai termoizoliacinis sluoksnis vėdinamas, termoizoliacinio sluoksnio medžiagos grupė pagal oro pralaidumą $< 60 \text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{s}\cdot\text{Pa})$, termoizoliacinis sluoksnis priklijuotas arba mechaniškai pritvirtintas prie izoliuojamo paviršiaus, įrengto pagal to paties reglamento 8 lentelėje pateiktus reikalavimus, termoizoliacinio gaminio montavimo konstrukcijoje būdas atitinka 1 pastaboje pateiktą konstrukcijos pavyzdį, kai termoizoliacinė medžiaga prie izoliuojamo paviršiaus pritvirtinta taip, kad eksploatacijos metu negali judėti, nėra galimybių susidaryti plyšiams tarp gaminių. Pataisa dėl šilumos konvekcijos:

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,039 \cdot 0 = 0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}.$$

Projektinė šilumos laidumo koeficiento vertė:

$$\lambda_{ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_w + \Delta\lambda_{cv} = 0,039 + 0,001 + 0 = 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}.$$

Antrojo sluoksnio mineralinės vatos šiluminė varža:

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_{ds}} = \frac{0,02}{0,04} = 0,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}.$$

Trečias sluoksnis – 200 mm šilumos izoliacija PAROC ROS 30, kurios $\lambda_{dec} = 0,037 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, oro laidumas $30 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sPa}$. Šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo konstrukcijoje $\Delta\lambda_w$, $\text{W/(m}\cdot\text{K)}$, pagal STR 2.01.03:2003 4 lentelę nevėdinamai atitvarai $\Delta\lambda_w = 0,002 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Pataisa dėl šilumos konvekcijos:

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \cdot K_{cv} = 0,037 \cdot 0 = 0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)};$$

Projektinė šilumos laidumo koeficiento vertė:

$$\lambda_{ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_w + \Delta\lambda_{cv} = 0,037 + 0,002 + 0 = 0,039 \text{ W/(m}\cdot\text{K)};$$

Trečiojo sluoksnio mineralinės vatos šiluminė varža:

$$R_3 = \frac{d_3}{\lambda_{ds}} = \frac{0,20}{0,039} = 5,128 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W};$$

Ketvirtas sluoksnis – garo izoliacija, skaičiuojant priimama, kaip plonas sluoksnis tarp atitvaros sluoksnių – $R_{q,4} = 0,04 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$.

Plonų sluoksnių šiluminė varžos R_q vertės pateiktos [17] 1 priedo 1.6 lentelėje.

Penktas sluoksnis – vidutiniškai 100 mm (nuo 0 - 170 mm) keramzitas 10-20 mm frakcijos, kurio $\lambda_{ds} = 0,33 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

Penktojo sluoksnio šiluminė varža:

$$R_5 = \frac{d_5}{\lambda_{ds}} = \frac{0,10}{0,33} = 0,303 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}.$$

Šeštasis sluoksnis – 220 mm denginio plokštė, kurios $\lambda_{ds} = 1,3 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Šešto sluoksnio denginio plokštės šiluminė varža:

$$R_6 = \frac{d_6}{\lambda_{ds}} = \frac{0,22}{1,3} = 0,169 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}.$$

Septintasis sluoksnis – 10 mm apdailos tinko sluoksnis, kurio $\lambda_{ds} = 0,80 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, o $d_7 = 0,01 \text{ m}$.

$$R_7 = \frac{d_7}{\lambda_{ds}} = \frac{0,01}{0,80} = 0,0125 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

Stogo suminė šiluminė varža:

$$\begin{aligned} R_s &= R_1 + R_2 + R_3 + R_{q4} + R_5 + R_6 + R_7 = \\ &= 0,041 + 0,5 + 5,128 + 0,04 + 0,303 + 0,169 + 0,0125 = 6,194 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}. \end{aligned}$$

Stogo visuminė šiluminė varža:

$$R_t = R_{si} + R_s + R_{se} = 0,10 + 6,194 + 0,04 = 6,334 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}.$$

Apskaičiuojamas šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{6,334} = 0,158 \approx 0,16 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)};$$

Stogo visuminė šiluminė varža $R_t = 6,334 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$, šilumos perdavimo koeficientas $U = 0,16 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$.

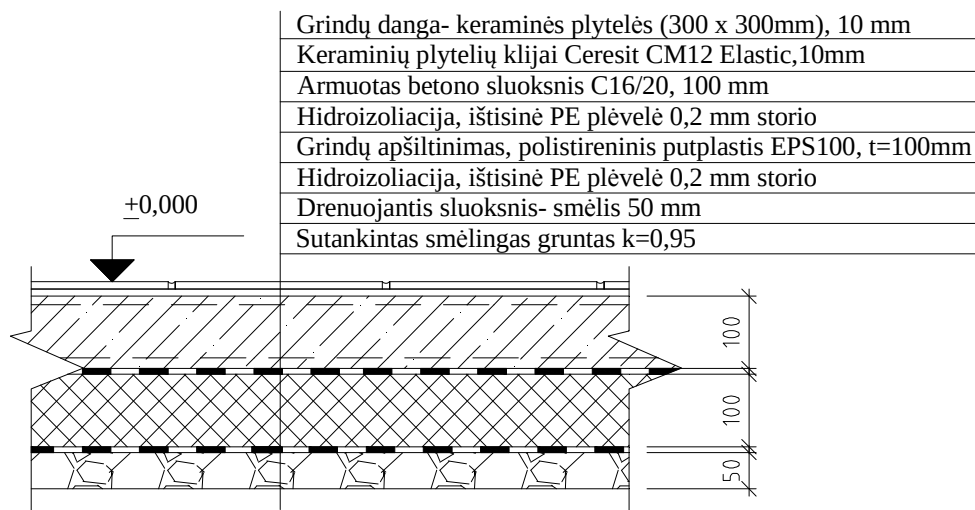
Palyginamos projektuojamo pastato projektinės šilumos koeficientų vertės su norminėmis ir leistinomis vertėmis. Norminės šilumos perdavimo koeficiento vertė reikalinga Šiauliuose viešosios paskirties pastato stogui:

$$U_N = 0,20 \cdot k = 0,20 \cdot 1 = 0,20 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}.$$

Leistina šilumos perdavimo koeficiento vertė reikalinga Šiauliuose viešosios paskirties pastato stogui:

$$U_{MN} \leq 0,25 \cdot k = 0,25 \cdot 1 = 0,25 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}.$$

Išvada: projektuojama stogo konstrukcija atitinka STR 2.05.01:2005 keliamus reikalavimus.

Grindų šiluminės varžos skaičiavimas

4.3 pav. Grindų konstrukcijos schema

Grindų konstrukcijos schema pateikiama 5.3 paveiksle.

Pirmasis sluoksnis – keraminės plytelės, kurių $\lambda_{ds} = 1,30 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_{ds}} = \frac{0,01}{1,30} = 0,008 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W} .$$

Antrasis sluoksnis – keraminių plytelių klijai, 10 mm, kurių $\lambda_{ds} = 0,80 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ Jų šiluminė varža apskaičiuojama:

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_{ds}} = \frac{0,01}{0,80} = 0,0125 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W} .$$

Trečias sluoksnis – armuotas išlyginamasis betono sluoksnis, kurio projektinė šilumos laidumo koeficiento vertė $\lambda_{ds} = 2,3 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ Šio sluoksnio šiluminė varža:

$$R_3 = \frac{d_3}{\lambda_{ds}} = \frac{0,1}{2,3} = 0,043 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W} .$$

Ketvirtas sluoksnis – PE plėvelė, kuri vertinama kaip plonas sluoksnis, kurių $R_4 = R_q = 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

Penktas sluoksnis – šilumos izoliacija, 100 mm storio ekstrudinio polistireninio putplasčio, kurio deklaruojamoji šilumos laidumo koeficiento vertė $\lambda_{dec} = 0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo grunte $\Delta\lambda_w = 0,003 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ (pagal [2] 5 lentelę). Projektinė ekstrudinio polistireno šilumos laidumo koeficiento vertė:

$$\lambda_{ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_w = 0,035 + 0,003 = 0,038 \text{ W/(m}\cdot\text{K)};$$

Šio sluoksnio šiluminė varža apskaičiuojama:

$$R_5 = \frac{d_5}{\lambda_{ds}} = \frac{0,10}{0,038} = 2,63 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W} .$$

Apskaičiuojama grindų konstrukcijos šiluminė varža:

$$R_f = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 = 0,02 + 0,0125 + 0,043 + 0,04 + 2,63 = 2,746 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}.$$

Kadangi grindys pakraščiuose neapšiltintos, tai $\Delta \Psi = 0$ ir šilumos perdavimo koeficientas $U = U_o$. Grindų plotas pagal vidinius grindų matmenis yra lygus - $A = 679,36 \text{ m}^2$. Grindų perimetras apskaičiuotas pagal vidinius grindų matmenis yra lygus - $P = 157,6 \text{ m}$.

Būdingasis grindų ant grunto matmuo apskaičiuojamas pagal formulę:

$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P} = \frac{679,36}{0,5 \cdot 157,6} = 8,62 \text{ m};$$

Atstojamasis grindų plokštės storis, išreikštas grunto sluoksnio storiu apskaičiuojamas pagal formulę:

$$d_t = w + \lambda_{gr} \cdot (R_{si} + R_f + R_{se}) = 0,2 + 2,0 \cdot (0,17 + 2,746 + 0,04) = 6,212 \text{ m}.$$

Čia: w – pamatų storis (šiuo atveju pamatinės sijos), $w = 0,2 \text{ m}$;

λ_{gr} – smėlio projektinis šilumos laidumo koeficientas $\lambda_{gr} = 2,0 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

Kadangi $d_t < B'$, tai grindų šilumos perdavimo koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$U = U_o = \frac{2 \cdot \lambda_{gr}}{\pi \cdot B' + d_t} \ln \left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1 \right) = \frac{2 \cdot 2,0}{3,14 \cdot 8,62 + 6,212} \ln \left(\frac{3,14 \cdot 8,62}{6,212} + 1 \right) = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}).$$

Norminės šilumos perdavimo koeficiento vertė reikalinga Šiauliuose viešosios paskirties pastato grindims (kai atitvaros ribojasi su gruntu):

$$U_N = 0,30 \cdot k = 0,30 \cdot 1 = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}).$$

Leistina šilumos perdavimo koeficiento vertė reikalinga Šiauliuose viešosios paskirties pastato išorinėms sienoms:

$$U_{MN} \leq 0,40 \cdot k = 0,40 \cdot 1 = 0,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}).$$

Išvada: projektuojama grindų ant grunto konstrukcija atitinka STR 2.05.01:2005 keliamus reikalavimus.

Langu ir durų šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas

Pastatui parenkami plastikiniai 5 kamerų langai Veka Perfectline. Stiklo paketas sudarytas iš dviejų skaidrių stiklų, dvejais energiją taupančiais selektyviniais stiklais, užpildytas argono dujomis, paketo storis- 41 mm, profilio gylis- 70 mm. Lango rėmo šilumos perdavimo koeficientas $U_{fr} = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, o įstiklintos dalies- $U_g = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Lango šilumos perdavimo koeficientas U_{wd} apskaičiuojamas:

$$U_{wd} = \frac{A_g \cdot U_g + A_{fr} \cdot U_{fr} + l_g \cdot \Psi_g}{A_g + A_{fr}}; \quad (4.6)$$

čia: U_g – įstiklintos dalies šilumos perdavimo koeficientas, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

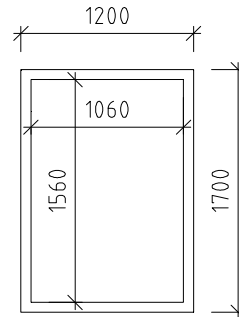
U_{fr} – rėmo šilumos perdavimo koeficientas, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

Ψ_g – ilginio šiluminio tiltelio šilumos perdavimo koeficientas dėl įstiklinimo, tarpiklių ir rėmo šiluminės sąveikos, $W/(m \cdot K)$;

A_g – įstiklintos dalies plotas, m^2 ;

A_{fr} – lango rėmo plotas, m^2 ;

l_g – įstiklinimo perimetro ilgis, m.



4.5. pav. Lango L_1 schema

Lango įstiklintos dalies plotas:

$$A_g = 1,06 \cdot 1,56 = 1,654 \, m^2.$$

Lango plotas:

$$A_{wd} = 1,20 \cdot 1,70 = 2,04 \, m^2.$$

Lango rėmo plotas:

$$A_{fr} = 2,04 \cdot 1,654 = 0,386 \, m^2.$$

Įstiklinimo plotas:

$$l_g = (1,56 + 1,06) \cdot 2 = 5,24 \, m.$$

Lango šilumos perdavimo koeficientas U_{wd} apskaičiuojamas pagal (4.6) formulę:

$$U_{wd} = \frac{A_g \cdot U_g + A_{fr} \cdot U_{fr} + l_g \cdot \Psi_g}{A_g + A_{fr}} = \frac{1,654 \cdot 1,1 + 0,386 \cdot 1,3 + 5,24 \cdot 0,06}{1,654 + 0,386} = 1,292 \, W/(m^2 \cdot K).$$

Kadangi skaičiuojamoje pastato dalyje yra vieno tipo langai, tai gautus rezultatus pateikiame 4.1 lentelėje.

4.1 lentelė. Lango skaičiavimo rezultatai

Langas	Įstiklintos dalies plotas A_g , m^2	Plotas A_{wd} , m^2	Rėmo plotas, A_{fr} , m^2	Įstiklinimo perimetras, m	Lango šilumos perdavimo koeficientas U_{wd} , $W/(m^2 \cdot K)$
L_1	1,654	2,04	0,386	5,24	1,292

Taip pat parenkamos lauko durys „Diplomat 41“, kurių gamintojo deklaruojama šilumos perdavimo koeficiento reikšmė $U=1,1 \, W/(m^2 \cdot K)$,

Išvada: projektuojami langai ir durys atitinka STR 2.05.01:2005 keliamus reikalavimus.

Atlikus skaičiavimus, gauti projektiniai, norminiai, leistini šilumos perdavimo koeficientai atitinkamoms atitvaroms surašomi į 4.2 lentelę.

4.2 lentelė. Šilumos perdavimo koeficientai

Atitvara	Projektinis šilumos perdavimo koeficientas U , W/ (m ² · K)	Norminis šilumos perdavimo koeficientas U_N , W/ (m ² · K)	Leistinas šilumos perdavimo koeficientas U_{MN} , W/ (m ² · K)
Stogas	0,16	0,20	0,25
Grindys	0,20	0,30	0,40
Sienos	0,19	0,25	0,40
Durys	1,10	1,60	1,90
Langai	1,30	1,60	1,90

4.2. Šilumos nuostolių skaičiavimas

Pastato savitieji šilumos nuostoliai

Apskaičiuojami pastato atitvarų projektiniai savitieji šilumos nuostoliai H_{TD} pagal formulę:

$$H_{TD} = (A_r \cdot U_{D,r}) + (A_{fg} \cdot U_{D,fg}) + (A_w \cdot U_{D,w}) + (A_{wd} \cdot U_{D,wd}) + (A_d \cdot U_{D,d}) + (\Psi_{D,t} \cdot l_t). \quad (4.7)$$

Rezultatai pateikiami 4.3 lentelėje.

4.3 lentelė. Projektiniai šilumos nuostoliai

Konstruktyvas	Atitvarų plotai ar šiluminių tiltelių ilgiai	Projektinis šilumos perdavimo koeficientas	Pastato atitvarų projektiniai savitieji šilumos nuostoliai	Norminis šilumos perdavimo koeficientas	Pastato atitvarų Norminiai savitieji šilumos nuostoliai
Stogas	153,76	0,16	24,60	0,20	30,75
Grindys	153,76	0,20	30,75	0,30	46,13
Sienos	274,37	0,19	52,13	0,25	68,59
Durys	1,89	1,10	2,08	1,60	3,02
Langai	42,84	1,30	45,08	1,60	55,49
Sienos kampas	36,80	-0,10	-3,74	0,20	7,36
Langų ir durų sandūros	127,90	0,15	19,19	0,20	25,58
		Iš viso:	157,30	Iš viso:	236,92

Išvada: Gaunama, kad pastato atitvarų projektiniai savitieji šilumos nuostoliai yra mažesni už norminius, $H_{TD} = 157,30 \text{ W/K} < H_{TN} = 236,92 \text{ W/K}$. Daroma išvada, kad projektuojamas pastatas tenkina reglamento reikalavimus.

Pastato šilumos nuostoliai per atitvaras

Šilumos nuostoliai skaičiuojami pagal (4.8) ir (4.9) formules. Rezultatai pateikiami 4.4 lentelėje.

Šilumos nuostoliai susideda iš:

$$\Phi = \Sigma \Phi_{at} + \Sigma \Phi_{\psi} + \Sigma \Phi_v; \quad (4.8)$$

čia: $\Sigma\Phi_{at}$ – šilumos nuostoliai per atitvaras;

$\Sigma\Phi_{\psi}$ – šilumos nuostoliai per ilginius šiluminius tiltelius;

$\Sigma\Phi_v$ – šilumos nuostoliai dėl vėdinimo.

4.4 lentelė. Pastato šilumos nuostoliai

Patalpos nr.	Pavadinimas	Atitvara	Plotas, A, m ²	U, W/ (m ² · K)	H _{el} , W/K	Φ _{el} , W	ΣΦ _{el} , W
1.	Rūbinė	Siena	11,40	0,19	2,166	94,611	52,495
		Grindys	29,52	0,20	5,904	257,887	
		Langai	2,04	1,30	2,652	115,839	
2.	Indų plovykla	Grindys	4,98	0,20	0,996	43,505	43,505
3.	Tambūras 1	Siena	10,64	0,19	2,022	88,303	329,81
		Grindys	3,99	0,20	0,798	34,857	
		Langai	2,04	1,30	2,652	115,839	
		Durys	1,89	1,10	2,079	90,811	
4.	Tambūras 2	Siena	6,22	0,19	1,182	51,621	204,588
		Grindys	4,25	0,20	0,850	37,128	
		Langai	2,04	1,30	2,652	115,839	
5.	Mamos- vaiko kambarys	Grindys	3,82	0,20	0,764	33,372	33,372
6.	Žaidimų kambarys	Siena	36	0,19	6,840	298,771	959,387
		Grindys	35,84	0,20	7,168	313,098	
		Langai	6,12	1,30	7,956	347,518	
7.	Miegamasis	Siena	43,20	0,19	8,208	358,525	1215,701
		Grindys	45,08	0,20	9,016	393,819	
		Langai	8,16	1,30	10,608	463,357	
8.	WC	Siena	2,4	0,19	0,456	19,918	186,339
		Grindys	19,05	0,20	3,810	166,421	
9.	Rūbinė	Siena	30,75	0,19	5,843	255,200	1255,717
		Langai	8,16	1,30	10,608	463,357	
		Stogas	38,43	0,16	6,149	268,580	
10.	Žaidimų kambarys	Siena	36	6,12	220,320	298,771	896,768
		Langai	6,12	1,30	7,956	347,518	
		Stogas	35,84	0,16	5,734	250,479	
11.	Miegamasis	Siena	43,20	0,19	8,208	358,525	1164,892
		Langai	8,16	1,30	10,608	463,357	
		Stogas	49,08	0,16	7,853	343,010	
12.	WC	Siena	2,4	0,19	0,456	19,918	192,612
		Stogas	19,05	0,16	3,048	133,137	
13.	Indų plovykla	Stogas	5,66	0,16	0,906	39,557	39,557
				Iš viso:	152,987	6682,451	

Projektiniai šilumos nuostoliai:

$$\Phi_{el} = U \cdot A \cdot (\Theta_i - \Theta_e) \cdot b_u \cdot (1 + \Delta k_o + \Delta k_w + \Delta k_h + \Delta k_d) \text{ [W]}; \quad (4.9)$$

čia: U – atitvaros šilumos perdavimo koeficientas;

A – atitvaros plotas per kurį praeina šiluma;

Θ_i – vidaus (patalpos) temperatūra;

Θ_e – išorės (lauko) temperatūra (šalčiausio penkiadienio vidurkis -22°C);

b_u – koeficientas įvertinantis, kad atitvara nesusisiečia su išore;

Δk_o – pataisa dėl atitvaros padėties pasaulio šalių atžvilgiu (netaikoma perdangoms ir grindims)
ŠR, Š, ŠV - $\Delta k_o = 0,05$, kitų yra 0;

Δk_w – pataisa dėl vėjo įtakos ($\Delta k_w = 0,02$);

Δk_h – pataisa dėl šildymo prietaisų rūšies ($\Delta k_h = 0,02$);

Δk_d – pataisa dėl išorės durų, taikoma tik durims

Kadangi pastato dalis orientuota į pietų pusę, $\Delta k_o = 0$ visiems skaičiavimams. Nenorint apkrauti lentelės, šie duomenys neįtraukiami į lentelę: $\Delta k_w = 0,02$, $\Delta k_h = 0,02$, $\Delta \Theta = 42^\circ\text{C}$.

Šilumos vėdinimo nuostoliai

Patalpas pastate numatoma vėdinti natūraliai. Patalpos vėdinimo projektiniai šilumos nuostoliai Φ_v dėl patalpos vėdinimo apskaičiuojami:

$$\Phi_v = \Phi_{ev} + \Phi_{in} = \Phi_{nw} + \Phi_{in}; \quad (4.10)$$

čia: Φ_{ev} – projektiniai šilumos nuostoliai dėl priverstinės vėdinimo sistemos veikimo;

Φ_{in} – projektiniai šilumos nuostoliai dėl išorės oro infiltracijos (skaičiavimai 5.5 lentelėje);

Jeigu patalpa vėdinama tik natūraliai, tuomet skaičiuojant nuostolius vietoj priverstinių vėdinimo nuostolių Φ_{ev} įstatomi natūralaus vėdinimo šilumos nuostoliai Φ_{nw} .

Projektiniai šilumos nuostoliai dėl išorės oro infiltracijos skaičiuojami:

$$\Phi_{in} = c \cdot \rho_i \cdot L_{in} \cdot (\Theta_i - \Theta_e) = 0,34 \cdot L_{in} \cdot (\Theta_i - \Theta_e); \quad (4.11)$$

čia: c – savitoji oro šiluma $c \cong 0,279 \text{ Wh}/(\text{kg} \cdot \text{h})$;

ρ_i – patalpos oro tankis, $\rho_i \cong 1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$, arba $c \cdot \rho \cong 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$;

Θ_e – projektinė išorės temperatūra, $^\circ\text{C}$;

Θ_i – projektinė vidaus temperatūra, $^\circ\text{C}$;

L_{in} – infiltruojamo oro debitas, m^3/h .

Patalpos projektiniai savitieji šilumos nuostoliai dėl išorės oro infiltracijos H_{in} , nustatomi:

$$H_{in} = c \cdot \rho_i \cdot L_{in}. \quad (4.12)$$

Infiltruojamo oro debitas nustatomas pagal formulę:

$$L_{in} = n_{in} \cdot h \cdot \Delta k_c \cdot A_p \cdot (1 + \Delta k_b) \cdot (1 + k_g); \quad (4.13)$$

čia: A_p – patalpos plotas, m^2 ;

n_{in} – oro kaita patalpoje 1/h, tik dėl infiltruojamo išorės oro; $n_{in}=0,4$ pagal [26] 5 priedo 5.1 lentelę;

h – patalpos aukštis, $h=3\text{m}$;

Δk_b – pataisa dėl vedinimo sistemos rūšies pagal [26] 5 priedo 5.2. lentelę; $\Delta k_b=0,1$.

Δk_c – pataisa, įvertinanti infiltracijos padidėjimą kampinėse patalpose. Jei kampinėje patalpoje langai skirtingose sienose – $\Delta k_c = 1,2$, jei vienoje – $\Delta k_c = 1,1$, jei langų nėra – $\Delta k_c = 1,0$;

k_g – pataisa dėl patalpos padėties pastate apskaičiuojama pagal formulę:

$$k_g = \left| \frac{N}{2} - N_i + 1 \right| \cdot 0,05 / \sqrt{N}; \quad (4.14)$$

čia: N – aukštų skaičius;

N_i – aukštas, kuriame yra vertinamoji patalpa.

Pirmam aukštui pataisa bus:

$$k_g^1 = \left| \frac{2}{2} - 1 + 1 \right| \cdot \frac{0,05}{\sqrt{2}} = 0,0354.$$

Antram aukštui:

$$k_g^2 = \left| \frac{2}{2} - 2 + 1 \right| \cdot \frac{0,05}{\sqrt{2}} = 0.$$

4.5 lentelė. Šilumos nuostoliai dėl oro infiltracijos

Patalpos nr.	Pavadinimas	Patalpos plotas, m^2	Pataisa, įvertinanti infiltracijos padidėjimą, Δk_c	Išorės oro debitas dėl oro infiltracijos L_{in} , m^3/h	Savitieji šilumos nuostoliai, H_{in} , W/K	Projektiniai šilumos nuostoliai Φ_{in} , W
1.	Rūbinė	29,52	1,1	44,380	15,089	633,752
2.	Indų plovykla	4,98	1,0	6,806	2,314	97,194
3.	Tambūras 1	3,99	1,2	6,544	2,225	93,447
4.	Tambūras 2	4,25	1,1	6,389	2,172	91,241
5.	Mamos- vaiko kambarys	3,82	1,0	5,221	1,775	74,554
6.	Žaidimų kambarys	35,84	1,1	53,882	18,320	769,433
7.	Miegamasis	45,08	1,2	73,935	25,138	1055,785
8.	WC	19,05	1,0	26,036	8,852	371,796
9.	Rūbinė	38,43	1,2	60,873	20,697	869,268
10.	Žaidimų kambarys	35,84	1,1	52,040	17,693	743,127
11.	Miegamasis	49,08	1,2	77,743	26,433	1110,166
12.	WC	19,05	1,0	25,146	8,550	359,085
13.	Indų plovykla	5,66	1,0	7,471	2,540	106,689
Iš viso:					151,799	6375,538

Šilumos nuostoliai, atmetant nuostolių dalį dėl savaiminės oro infiltracijos, nustatomi pagal formulę:

$$\Phi_{nw} = c \cdot \rho_i \cdot L_{nw} \cdot (\Theta_i - \Theta_e) = \Phi_{nw} = 0,34 \cdot L_{nw} \cdot (\Theta_i - \Theta_e); \quad (4.15)$$

Išorės oro debitas nustatomas pagal formulę:

$$L_{nw} = n_{nv} \cdot h \cdot \Delta k_c \cdot A_p \cdot (1 + \Delta k_b) \cdot (1 + k_g); \quad (4.16)$$

čia: $n_{nv} = n_{tv} - n_{in}$ – oro kaita patalpoje 1/h, tik dėl natūralaus vėdinimo, atmetant išorės oro infiltracijos dalį;

$n_{tv} = 0,7$ – oro apykaita patalpoje (kartais/h) dėl natūralaus vėdinimo (pagal [26] 4 priedo 4.4 lentelę);

$$\text{Tuomet } n_{nv} = n_{tv} - n_{in} = 0,7 - 0,4 = 0,3.$$

Atliekamas pastato patalpų šilumos nuostolių skaičiavimas dėl natūralaus vėdinimo. Vienodi duomenys neįrašomi į lentelę: $n_{nv}=0,3$, $h=3\text{m}$, $\Delta k_b=0,1$, $k_g^1=0,0354$, $k_g^2=0$. Rezultatai pateikiami 4.6 lentelėje

4.6 lentelė. Šilumos nuostoliai dėl vėdinimo

Patalpos Nr.	Pavadinimas	Patalpos plotas, m ²	Pataisa, įvertinanti infiltracijos padidėjimą, Δk_c	Išorės oro debitas dėl natūralaus vėdinimo, L_{nw} , m ³ /h	Savitieji šilumos nuostoliai, H_{nw} W/K	Projektiniai šilumos nuostoliai Φ_{nw} , W
1.	Rūbinė	29,52	1,1	33,285	11,317	475,314
2.	Indų plovykla	4,98	1,0	5,105	1,736	72,896
3.	Tambūras 1	3,99	1,2	4,908	1,669	70,085
4.	Tambūras 2	4,25	1,1	4,792	1,629	68,431
5.	Mamos- vaiko kambarys	3,82	1,0	3,916	1,331	55,916
6.	Žaidimų kambarys	35,84	1,1	40,411	13,740	577,075
7.	Miegamasis	45,08	1,2	55,451	18,853	791,839
8.	WC	19,05	1,0	19,527	6,639	278,847
9.	Rūbinė	38,43	1,2	45,655	15,523	651,951
10.	Žaidimų kambarys	35,84	1,1	39,030	13,270	557,345
11.	Miegamasis	49,08	1,2	58,307	19,824	832,625
12.	WC	19,05	1,0	18,860	6,412	269,314
13.	Indų plovykla	5,66	1,0	5,603	1,905	80,017
Iš viso:					113,849	4781,653

Pasinaudojus lentelių 4.5 ir 4.6 duomenimis galime apskaičiuoti patalpos vėdinimo projektinius šilumos nuostolius Φ_v pagal (4.4) formulę:

$$\Phi_v = \Phi_{nw} + \Phi_{in} = 4781,653 + 6375,538 = 11157,191 \text{ W}.$$

Šilumos nuostoliai per ilginį šiluminį tiltelį

Atitinkamo ilgio šiluminio tiltelio projektiniai savitieji šilumos nuostoliai Φ_ψ , W/K nustatomi pagal formulę:

$$\Phi_\psi = \Psi \cdot l \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot k_u; \quad (4.17)$$

čia: Ψ – ilginio šiluminio tiltelio šilumos perdavimo koeficientas, W/m · K;

l – ilginio šilumos tiltelio ilgis, m;

θ_i – projektinė vidaus temperatūra, °C ;

θ_e – projektinė išorės temperatūra, °C . Jei kitapus atitvaros yra patalpa su kitokia projektine vidaus temperatūra, tai imama šios temperatūros vertė;

k_u – pataisa, jeigu atitvara tiesiogiai nesusisiekia su išorės oru. Pataisa netaikoma, jei imama vidutinė tos patalpos (ertmės) temperatūra.

Šiluminių tiltelių vertės nustatysime pagal [17] 7 priedą. Skaičiavimai pateikiami 4.7 lentelėje. Vienodi duomenys naudojami skaičiavimui: $k_u=1$, $\theta_i - \theta_e = 42^\circ\text{C}$. Sienos kampo schema Reglamente 3.1, o langų ir durų sandūrų- 7.16 schema.

4.7 lentelė. Šiluminių tiltelių skaičiavimai

Patalpos nr.	Pavadinimas	Šiluminis tiltelis	Ψ , W/mK	l , m	Φ_{Ψ} , W	$\Sigma \Phi_{\Psi}$, W
1.	Rūbinė	Sienos kampas	-0,10	3,0	-12,6	23,94
		Langų ir durų sandūros	0,15	5,8	36,54	
3.	Tambūras 1	Sienos kampas	-0,10	3,0	-12,6	61,74
		Langų ir durų sandūros	0,15	11,8	74,34	
4.	Tambūras 2	Langų ir durų sandūros	0,15	5,8	36,54	36,54
6.	Žaidimų kambarys	Sienos kampas	-0,10	9,0	-37,8	71,82
		Langų ir durų sandūros	0,15	17,4	109,62	
7.	Miegamasis	Sienos kampas	-0,10	3,0	-12,6	133,56
		Langų ir durų sandūros	0,15	23,2	146,16	
9.	Rūbinė	Sienos kampas	-0,10	9,0	-37,8	108,36
		Langų ir durų sandūros	0,15	23,2	146,16	
10.	Žaidimų kambarys	Sienos kampas	-0,10	9,0	-37,8	71,82
		Langų ir durų sandūros	0,15	17,4	109,62	
11.	Miegamasis	Sienos kampas	-0,10	3,0	-12,6	133,56
		Langų ir durų sandūros	0,15	23,2	146,16	
Iš viso:					641,34	

Suminiai šilumos nuostoliai pastate

Patalpai šildyti reikalinga projektinė šiluminė galia P_h , W nevertinant šilumos pritekėjimų:

$$P_h = \sum \Phi_{at} + \sum \Phi_{\psi} + \sum \Phi_v; \quad (4.18)$$

čia: Φ_{at} – šilumos nuostoliai per atitvaras, W;

Φ_v – patalpos vėdinimo šilumos nuostoliai, W;

Φ_{ψ} – šilumos nuostoliai per ilginius šilumos tiltelius, W.

Suminiai šilumos nuostoliai pastate pateikiami 5.8 lentelėje.

4.8 lentelė. Suminiai šilumos nuostoliai

Patalpos Nr.	Φ_{el} , W	Φ_{nw} , W	Φ_{in} , W	Φ_{ψ} , W	Iš viso:
1.	352,495	475,314	633,752	23,94	1485,5
2.	43,505	72,896	97,194		213,595
3.	329,81	70,085	93,447	61,74	555,082
4.	204,588	68,431	91,241	36,54	400,8
5.	33,372	55,916	74,554		163,842
6.	959,387	577,075	769,433	71,82	2377,72
7.	1215,701	791,839	1055,785	133,56	3196,89
8.	186,339	278,847	371,796		836,982
9.	1255,717	651,951	869,268	108,36	2885,3
10.	896,768	557,345	743,127	71,82	2269,06
11.	1164,892	832,625	1110,166	133,56	3241,24
12.	192,612	269,314	359,085		821,011
13.	39,557	80,017	106,689		226,263
Σ	6682,451	11157,191		641,34	18481

Kadangi reikalingi suminiai nuostoliai jau paskaičiuoti, jų reikšmės paimamos iš ankstesnių skaičiavimų (4.4, 4.7 lentelių bei (4.10) formulės). Tuomet projektinė šiluminė galia pagal (4.18) formulę:

$$P_h = 6682,451 + 641,34 + 11157,191 = 18480,98 \text{ W} = 18,48 \text{ kW}.$$

Pastato projektinė nuolatinio šildymo sistemos galia, nevertinant šilumos pritekėjimų:

$$P_{hs} = \sum P_h / \eta_2 \cdot \eta_3;$$

čia: P_h – patalpai šildyti reikalinga projektinė šiluminė galia, W;

η_2 – šilumos šaltinio naudingumo koeficientas, [26] 6 priedo 6.3 lentelė;

η_3 – šildymo sistemos magistralinių skirstomųjų vamzdinių termoizoliacijos efektyvumo koeficientas, pagal [26] 6 priedo 6.4 lentelę.

$$P_{hs} = 18,48 / 0,94 \cdot 0,97 = 20,27 \text{ kW}.$$

Vidutiniai šilumos pritekėjimai į pastatą

Vidutiniai projektiniai išoriniai šilumos pritekėjimai į patalpą dėl saulės spinduliuotės:

$$Q_{sp} = \sum q_s \cdot A_{lango} \cdot \Delta t; \quad (4.19)$$

čia: q_s - šildymo sezono vidutinis suminis saulės spinduliuotės srauto tankis W/m^2 , pagal [26] 7 priedo 7.7 lentelę;

A_{lango} – langų plotas, m^2 ;

Δt – šildymo trukmė, h ($\Delta t = 24 \cdot 222 = 5328$ h).

Vidutiniai projektiniai išoriniai šilumos pritekėjimų nuo saulės skaičiavimų rezultatai pateikiami 4.9 lentelėje.

4.9 lentelė. Projektiniai šilumos pritekėjimai nuo saulės

Patalpos nr.	Orientacija	A, m ²	$q_{s,p}$ W/ m ²	Δt , h	Q_{sp} , kWh
1.	ŠV	2,04	30,4	5328	330,4
3.	ŠV	2,04	30,4	5328	330,4
4.	PV	2,04	35,1	5328	381,5
6.	PR	2,04	57,6	5328	626,1
7.	P	2,04	46,8	5328	508,7
9.	PV	2,04	35,1	5328	381,5
10.	PR	2,04	57,6	5328	626,1
11.	P	2,04	46,8	5328	508,7
Iš viso:					3693,3

Šildymo sezono vidutiniai projektiniai vidiniai šilumos pritekėjimo į patalpas nuo vidinių šilumos šaltinių:

$$Q_{pr} = \sum q_{el,0} \cdot A_p \cdot \Delta t; \quad (4.20)$$

čia: $q_{el,0}$ - vidutiniai šilumos išsiskyrimo nuo elektros prietaisų, W/m^2 ; pagal [26] 4 priedo, 4.4 lentelę (mokslo paskirties pastatams $q_{el,0}=1$ W/ m²).

A_p - patalpos plotas, m^2 ;

Δt - šildymo sezono trukmė, h.

$$Q_{pr} = 1 \cdot 307,52 \cdot 5328 = 1638,5 \text{ kWh}.$$

Šildymo sezono vidutiniai projektiniai vidiniai šilumos pritekėjimo į patalpas dėl šilumos išsiskyrimo dėl žmonių buvimo:

$$Q_{pr} = \sum q_{el,0} \cdot A_p \cdot \Delta t; \quad (4.21)$$

čia: $q_{p,0}$ - vidutiniai šilumos išsiskyrimo nuo elektros prietaisų, W/m^2 ; pagal [26] 4 priedo, 4.4 lentelę (mokslo paskirties pastatams $q_{p,0}=7 W/m^2$).

$$Q_{pr} = 7 \cdot 307,52 \cdot 5328 = 11469,5 \text{ kWh.}$$

Metinės šildymo išlaidos

Pastato dalies vidutinis šilumos poreikis šildymui per skaičiuojamąjį laikotarpį:

$$Q_{met} = P_{hs} \cdot \frac{\theta_i + \theta_{\text{šil.s}}}{\theta_i - \theta_e} \cdot \Delta t - (Q_{sp} + Q_{pr} + Q_{\text{žm}});$$

čia: P_{hs} - pastato nuolatinio šildymo sistemos galia su pritekėjimo srautais, W;

Δt - šildymo sezono trukmė, h;

$\theta_{\text{šil.s}}$ - vidutinė šildymo sezono temperatūra ($0,6^\circ$);

$$Q_{met} = 20,27 \cdot \frac{20 - 0,6}{20 - (-22)} \cdot 222 \cdot 24 - (3693,3 + 1638,5 + 11469,5) = 33\,084 \text{ kWh.}$$

Šildymo išlaidos: $M = Q \cdot K$

čia: M – metinė šildymo kaina, Lt;

K – naudojamo kuro kaina, Lt (gamtinių dujų kaina, kai sunaudojama nuo $500 m^3$ iki $20\,000 m^3$ dujų yra $2,09 \text{ Lt}/m^3$, o skaičiavimams paimama $0,23 \text{ ct/kWh}$).

$$M = 33084 \cdot 0,23 = 7609,32 \text{ Lt.}$$

Skaičiuojame kainą $1 m^2$:

$$M_{1m^2} = \frac{7609,32}{307,52} = 24,74 \text{ Lt}/m^2.$$

Kadangi vidutinis šilumos poreikis šildymui per skaičiuojamąjį laikotarpį apskaičiuotas tik vienam pastato blokui, o blokų išplanavimas ir matmenys beveik sutampa, norėdami gauti viso pastato šilumos poreikį ir šildymo išlaidas, dauginame iš blokų skaičiaus (žr. S.23.02.AD ir S.23.03.AD brėžinius).

$$Q_{pastato} = Q_{met} \cdot 6 = 33\,084 \cdot 6 = 198\,504 \text{ kWh.}$$

Šildymo išlaidos visam pastatui bus:

$$M_{pastato} = 198504 \cdot 0,23 = 45655,92 \text{ Lt.}$$

4.3. Šildymo įrenginių parinkimas

Radiatorių parinkimas

Pagal projektinę patalpų šildymo galią parenkami atitinkamo galingumo radiatoriai. Parenkame plieninius „Purmo“ radiatorius ($75/65/20^\circ\text{C}$). Duomenys pateikiami 4.10 lentelėje.

Vandens cirkuliuojančio per radiatorius debitas apskaičiuojamas kaip m , kg/h:

$$m = G = \frac{0,86 \cdot \Phi}{\Delta T} ; \quad (4.22)$$

čia: Φ – šilumos nuostoliai, W;

ΔT – temperatūrų skirtumas tarp atitekančio ir ištekančio vandens, °C.

4.10 lentelė. Radiatorių parinkimas

Patalpos nr.	Nuostoliai, W	Radiatorius			Radiatorių skaičius	Radiatoriaus šildymo galia P, W	Debitas, kg/h
		Tipas	Ilgis, mm	Aukštis, mm			
1.	1485,5	22	1100	500	1	1559	127,753
2.	213,595	11	400	300	1	231	18,369
3.	555,082	21s	500	500	1	556	47,737
4.	400,8	11	500	500	1	420	34,469
5.	163,842	11	400	300	1	231	14,090
7.	3196,89	21s	1000	500	3	1113	91,644
8.	836,982	11	1000	500	1	839	71,980
9.	2885,3	22	700	500	3	992	82,712
11.	3241,24	21s	1000	500	3	1113	92,916
12.	821,011	11	1000	500	1	839	70,607
13.	226,263	11	400	500	1	231	19,459
Iš viso:							1206,279

Grindinio šildymo parinkimas

Grindinis šildymas parenkamas vaikų darželio žaidimų kambariuose. Tai 6 ir 10 patalpos.

Grindinis šildymas skaičiuojamas 6 patalpoje, kai $A_6=35,84 \text{ m}^2$; $\Phi_6=2377,72 \text{ W}$. Tuomet šildomų grindų atiduodamas šilumos srauto tankis turi būti ne mažesnis kaip:

$$g_6 = \frac{\Phi_6}{A_6} = \frac{2377,72}{35,84} = 66,34 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}.$$

Paskaičiuojame vandens pratekėjimo debitą:

$$G_{\text{grind.}} = \frac{0,86 \cdot \Phi}{\Delta T} = \frac{0,86 \cdot 2377,72}{10} = 204,5 \frac{\text{kg}}{\text{h}}.$$

Grindinis šildymas skaičiuojamas 10 patalpoje, kai $A_{10}=35,84 \text{ m}^2$; $\Phi_{10}=2269,06 \text{ W}$. Tuomet šildomų grindų atiduodamas šilumos srauto tankis turi būti ne mažesnis kaip:

$$g_6 = \frac{\Phi_{10}}{A_{10}} = \frac{2269,06}{35,84} = 63,31 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}.$$

10 patalpai vandens pratekėjimo debitas bus:

$$G_{\text{grind.}} = \frac{0,86 \cdot \Phi}{\Delta T} = \frac{0,86 \cdot 2269,06}{10} = 195,14 \frac{\text{kg}}{\text{h}}.$$

Paskaičiuotos debitų reikšmės įrašomos į 4.10 lentelę ir naudojamos slėgio nuostolių skaičiavimui.

Pagal gautas atiduodamo šilumos srauto tankio reikšmes iš lentelių parenkamas grindinis šildymas. Nors srauto tankis palyginus mažas, bet vaikų darželio miegamajame norima turėti aukštesnę grindų paviršiaus temperatūrą, todėl priimame didesnę šilumos srauto tankį: $g=86 \text{ W/m}^2$.

Grindų paviršiaus temperatūra $27,7^\circ\text{C}$.

Šilumnešio temperatūra $50/40^\circ$.

Grindiniam šildymui parenkami „PURMO PE-X“ $\varnothing 18 \times 2 \text{ mm}$ vamzdeliai. Atstumas tarp vamzdelių $0,15 \text{ m}$.

Abejose patalpose suprojektuoti 2 grindinio šildymo žiedai, nes pagal reikalavimus vieno žiedo ilgis turi neviršyti 100 m^2 . Temperatūrinių siūlių įrengti nebūtina, nes ilgiausios patalpų kraštinės yra iki 8 m , be to, patalpos yra iki 40 m^2 .

Vieno žiedo ilgis- $98,05 \text{ m}$.

Prijungiant grindinį šildymą prie kolektoriaus yra naudojami termostatiniai ventiliai „Danfoss RTD 10“, kadangi į grindinio šildymo sistemą paduodamo šilumnešio temperatūra turi būti mažesnė, palyginus su į radiatorius paduodamo šilumnešio temperatūra.

Tiekiamo vandens temperatūra negali viršyti didžiausios leistinos tiekiamo į grindinio šildymo sistemą vandens temperatūros – 55°C .

Grindinio šildymo prijungimas pavaizduotas brėžinių lape.

Slėgio nuostoliai

Slėgio nuostolius paskaičiuojame kiekvienam radiatoriumi ir šildomoms grindims Δp , Pa:

$$\Delta p = R \cdot l + \sum \xi \cdot z ; \quad (4.23)$$

čia: R – slėgio nuostoliai 1 tiesiniame metre, dėl vandens trinties į vamzdžio sienelės parenkami iš lentelių, Pa/m;

l – vamzdžių ilgis iki radiatoriaus ir atgal, m;

ξ – vietinių kliūčių slėgio nuostolių koeficientas parenkamas iš lentelių, Pa;

z – slėgio nuostolių bet kurioje kliūtyje, kai $\xi = 1$. parenkamas iš lentelių, Pa.

Šildymo sistemai naudojami PE $\varnothing 14 \times 2 \text{ mm}$ vamzdžiai.

Naudojamas vietinių kliūčių slėgio nuostolių koeficientas, radiatoriams, kai pajungiama 14 mm vamzdžiu, $\xi = 1,5$, posūkiams $\xi = 0,5$.

Z reikšmės, priklausomai nuo vandens tekėjimo greičio įrašomos į lentelę.

Kiekvienas radiatorius turi termostatinį ventį „Danfoss RTD-N 10“, oro ir vandens išleidiklius. Radiatoriaus pajungimo schema pateikta brėžinių lape.

Projektiniai slėgio nuostoliai: $\Delta p_w = 1 \text{ m H}_2\text{O} = 0,1 \text{ atm. (bar)} = 10 \text{ kPa}$.

Slėgio nuostoliai radiatoriuose ir šildomose grindyse pateikiami 4.11 lentelėje.

4.11 lentelė. Slėgio nuostolių balansavimas

Ruožas	Debitas G, kg/h	Ruožo ilgis l, m	R, Pa/m	v, m/s	z, Pa	Teoriniai p, Pa	Projektiniai p, kPa	Skirtumas, kPa	TSV žyma
R1	127,753	18,58	275	0,46	103	5470	10	4,530	N
R2	18,369	3,64	12	0,07	3	44	10	9,956	2
R3	47,737	22,528	56	0,17	14	1262	10	8,738	4
R4	34,469	19,928	33	0,13	9	658	10	9,342	3
R5	14,090	2,202	8	0,055	1	18	10	9,982	1
R6	91,644	20,746	175	0,33	52	3631	10	6,369	7
R7	91,644	22,988	175	0,33	52	4023	10	5,977	7
R8	91,644	15,496	175	0,33	52	2712	10	7,288	7
R9	71,980	5,374	114	0,26	33	613	10	9,387	5
R10	82,712	18,58	146	0,30	44	2713	10	7,287	7
R11	82,712	22,528	146	0,30	44	3289	10	6,711	6
R12	82,712	19,928	146	0,30	44	2909	10	7,091	6
R13	92,916	20,746	176	0,33	52	3651	10	6,349	7
R14	92,916	22,988	176	0,33	52	4046	10	5,954	7
R15	92,916	15,496	176	0,33	52	2727	10	7,273	7
R16	70,607	3,64	112	0,26	33	408	10	9,592	5
R17	19,459	5,374	13	0,07	3	70	10	9,930	2
GR 1	102,25	98,05	60,5	0,18	-	5932	10	4,068	N
GR 2	102,25	98,05	60,5	0,18	-	5932	10	4,068	N
GR 3	97,57	98,05	54,6	0,17	-	5354	10	4,646	N
GR 4	97,57	98,05	54,6	0,17	-	5354	10	4,646	N

Katilo parinkimas

Parenkamas dujinis katilas „JUNKERS Ceraclass Excellence ZWC28 3MFA“-850x400x370mm, apšildo 250 - 320 m². Katilo svoris 44,5 kg, naudojamas kuras- gamtinės dujos, suskystintos dujos. Katilo techniniai parametrai pateikiami 4.12 lentelėje.

Katile yra įmontuotas cirkuliacinis siurblys. Karštas vanduo paruošiamas pratekėjimo režimu.

4.12 lentelė. Katilo techniniai parametrai

Šildymo galingumas	28,1 kW
Minimali galia	8,1 kW
Maksimalus darbinis slėgis	3 bar
Naudingo veikimo koeficientas	90 %
Saugos klasė	IP X4D
Išsiplėtimo indo preliminarus slėgis	0,5 bar
Išsiplėtimo indo bendroji talpa	8l
Maksimali ištekančio srauto temperatūra	88°C
Naudojamas galingumas	153 W

Katilo prijungimo schema pateikiama S.23.09.ŠD brėžinyje.

Tūrio išsiplėtimo indas

Kaitinamo vandens tūris didėja, todėl šildymo sistemoje atsiranda vandens perteklius. Ši perteklių būtina pašalinti, nes auštančio vandens tūris sumažėja. Kai perteklius pašalintas ir vanduo sistemoje vėsta, joje atsiranda oro, kuris neigiamai veikia šilumos perdavimo sistemą. Todėl būtina mažinti oro prietėkį sistemoje. Tam įvykdyti įrengiamas tūrinis išsiplėtimo indas.

Tūrio išsiplėtimo indas parenkamas pagal reikiamą vandens tūrį. Paskaičiuojama pagal formulę:

$$V_{i\text{ss.}} = 0,04 \cdot V_{H_2O} = 0,04 \cdot 197,334 = 7,89 \text{ l.}$$

čia: V_{H_2O} – vandens tūris visoje sistemoje, l, apskaičiuojamas:

$$V_{H_2O} = V_{\text{vamzd.}} + V_{\text{rad.}} + V_{\text{kat.}} = 100,384 + 72,8 + (20,1 + 4,05) = 197,334 \text{ m.}$$

Čia: $V_{\text{vamzd.}}$ – vamzdžių tūris, l;

$V_{\text{rad.}}$ – radiatorių tūris, l;

$V_{\text{kat.}}$ – šilumokaičių ir katilo privedimo įrenginių tūris.

Išvada: nors katile yra įmontuotas 8 l talpos išsiplėtimo indas, remdamiesi skaičiavimais, matome, kad reikiamas indo tūris pilnai išnaudojamas, todėl priimame papildomą 8 l membraninį išsiplėtimo indą „Reflex N 8“. Techniniai duomenys pateikiami 4.13. lentelėje.

4.13 lentelė. Tūrio išsiplėtimo indo techniniai duomenys

Tipas	N 8	
Išsiplėtimo indo talpa	8	l
Maksimalus darbinis slėgis	1,5	bar
Maksimali darbinė temperatūra (prie 3 bar.)	120	°C
Maksimali darbinė temperatūra (prie 1,5 bar.)	70	°C
Išmatavimai	272	mm
D	233	mm
h	3/4"	coliai
Spalva	raudona	

LITERATŪRA

1. GSPR (Gaisrinės saugos pagrindiniai reikalavimai). 2010.
2. HN 42:2004. Gyvenamųjų ir viešojo naudojimo pastatų mikroklimatas.
3. HN 75:2002. Ikimokyklinio ugdymo įstaigos. Higienos normos ir taisyklės.
4. RSN 91-85. Gręžininių pamatų projektavimas ir statyba.
5. STR 1.05.06:2010. Statinio projektavimas.
6. STR 1.07.02:2005. Žemės darbai.
7. STR 1.08.02:2002. Statybos darbai.
8. STR 1.14.01:1999. Pastatų plotų ir tūrių skaičiavimo tvarka.
9. STR 2.01.01:1999. Esminiai statinio reikalavimai. Gaisrinė sauga.
10. STR 2.01.01:1999. Esminiai statinio reikalavimai. Higiena, sveikata, aplinkos apsauga.
11. STR 2.01.01:2008. Esminis statinio reikalavimas. Energijos taupymas ir šilumos išsaugojimas.
12. STR 2.01.03:2009. Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertės.
13. STR 2.01.07:2003 Pastatų vidaus ir išorės aplinkos apsauga nuo triukšmo.
14. STR 2.01.09:2005. Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas.
15. STR 2.02.02:2001. Visuomeninės paskirties statiniai.
16. STR 2.03.01:2001 Statiniai ir teritorijos. Reikalavimai žmonių su negalia reikmėms.
17. STR 2.05.01:2005. Pastatų atitvarų šiluminė technika.
18. STR 2.05.02:2008 Statinių konstrukcijos. Stogai.
19. STR 2.05.03:2003 Statybinių konstrukcijų projektavimo pagrindai.
20. STR 2.05.04:2003. Poveikiai ir apkrovos.
21. STR 2.05.05:2005. Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas.
22. STR 2.05.08:2005. Plieninių konstrukcijų projektavimas.
23. STR 2.05.20:2006. Langai ir išorinės įėjimo durys.
24. STR 2.06.01:1999. Miestų, miestelių ir kaimų susisiekimo sistemos.
25. STR 2.09.02:2005. Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas.
26. STR 2.09.04:2008. Pastato šildymo sistemos galia. Šilumos poreikis šildymui.
27. ST 121895674.100.01.01:2012. Požeminių konstrukcijų įrengimo darbai: gręžtinių polių įrengimas.
28. B. Černius. Pagrindai ir pamatai. Mokomoji knyga. Kaunas: Technologija, 2003. 112 p.
29. E. K. Zavadskas, A. Karablikovas, V. Kriukelis, H. Nakas, R. Sakalauskas. Pastatų statybos technologija. Vadovėlis. Vilnius: Technika, 2007. 343 p.

30. I. Jokūbaitienė, V. Jokūbaitis, A. Kudzys, P. Vainiūnas. Gelžbetoninės konstrukcijos. Vadovėlis. Vilnius: Mokslas, 1988. 220 p.
31. V. A. Žiogas. Monolitinės statybos technologija ir organizavimas. Mokomoji knyga. Kaunas: Technologija, 2009. 36 p.
32. V. Kitinas. Darbuotojų sauga ir sveikata statyboje. Darbdavio ir darbuotojo vadovas. Vilnius, 2003. 309 p.
33. Prieiga per internetą:
<http://www.bodesa.lt/lt/plastikiniai_langai/plastikiniai_langai/309-veka_perfectline_profilio_langai>.
34. Prieiga per internetą: <http://visikatilai.lt/junkers/junkers_28_kw_turbo_0>.
35. Prieiga per internetą:
<<http://www.fibo.lt/public/default/page/index/id/152/pageId/3/pageType/1>>.
36. Prieiga per internetą:
<<http://www.ruukki.lt/Produktai-ir-paslaugos/Statybai/Apkrovas-laikantys-lakstai/Apkrovas-laikantys-lakstai-T153-40L-840>>.

PRIEDAI