



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS

PAULIUS STASIULAITIS

YPATINGOS PASKIRTIES PASTATO GRIŪTIES
GALIMYBIŲ VERTINIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Darbo vadovas:
doc. dr. Nerijus Adamukaitis

KAUNAS, 2018

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS

YPATINGOS PASKIRTIES PASTATO GRIŪTIES
GALIMYBIŲ VERTINIMAS

magistro projektas
Statyba (kodas T000M167)

Vadovas

(parašas) lekt. dr. Nerijus Adamukaitis
(data)

Konsultantas

(parašas) doc. dr. Mindaugas Augonis
(data)

Recenzentas

(parašas) doc. dr. Vardenis Pavardenis
(data)

Projektą atliko

(parašas) Paulius Stasiulaitis
(data)

KAUNAS, 2018



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Statybos ir architektūros fakultetas

(Fakultetas)

Paulius Stasiulaitis

(Studento vardas, pavardė)

Statyba, T000M167

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Baigiamojo projekto pavadinimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 17 m. Grūdžio 15 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Pauliaus Stasiulaičio**, baigiamasis projektas tema „YPATINGOS PASKIRTIES PASTATO GRIŪTIES GALIMYBIŲ VERTINIMAS“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

TURINYS

SANTRAUKA	5
Paveikslėliai	6
Lentelės	8
ĮVADAS	9
1. LITERATŪROS ANALIZĖ	11
2. Tiriamojo darbo taikomoji dalis	18
2.1. Tyrimų metodologija ir metodai	18
3. LAIKANČIŪJŲ KONSTRUKCINIŲ ELEMENTŲ SKAIČIAVIMAS	20
3.1. Apkrovų skaičiavimas	20
3.2. Surenkamos kiaurymėtos gelžbetoninės perdangos plokštės skaičiavimas	22
3.3. Surenkamos rėmsijos projektavimas	47
3.4. Kolonos skaičiavimas.....	57
3.5. Pamato skaičiavimas	66
4. ProgresyviošIOS griūties galimybių vertinimo skaičiavimai	103
IŠVADOS	109
LITERATŪRA	110
PRIEDAI	113

Stasiulaitis, Paulius. YPATINGOS PASKIRTIES PASTATO GRIŪTIES GALIMYBIŲ VERTINIMAS. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Nerijus Adamukaitis; Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Statyba, Statybinės konstrukcijos

Reikšminiai žodžiai: *progresyvi griūtis, SCIA modeliavimas, kolona, konstrukcijų skaičiavimas, karkasinis pastatas.*

Kaunas, 2018. 80 p.

SANTRAUKA

Magistro darbą sudaro dvi dalys – teorinė ir praktinė. Teorinėje dalyje pateikiama progresyviosios griūtis įvairių šalių normatyvinių dokumentų, standartų ir kitų reglamentuojamų dokumentų literatūros analizė. Praktinėje dalyje analitiškai apskaičiuojamos administracinio pastato pagrindinės konstrukcijos: perdangos plokštė, rėmsijė, kolona, atskiras pamatas. Skaičiavimams naudota Mathcad programinė įranga. Taip pat pritaikyti teorinėje dalyje išanalizuotos literatūros principai, siekiant išvengti progresyviosios griūtis, modeliuojant kompiuteriu su SCIA Nemetchek programa. Modeliavimo metu pašalinama pirmo aukšto kolona ir pateikiamos išvados, kaip pasikeistų statinio kolonos ir rėmsijės konstrukcija, jeigu viena iš kolonų netektų laikomosios galios. Pateikiamos gautų rezultatų išvados.

Stasiulaitis, Paulius. PROGRESSIVE COLLAPSE INVESTIGATION OF LOAD BEARING STRUCTURES: *Master's* thesis in Civilic engineering / supervisor assoc. prof. Nerijus Adamukaitis. The Faculty of Arhitecture and Construction, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Civilic Engineering

Key words: Progressive collapse, SCIA modeling, column, structure engineering, framework building.

Kaunas, 2018. 80 p.

SUMMARY

Master's thesis consists of a theoretical and applied part. The theoretical part presents an analysis of the progressive collapse of the normative documents, standards and other regulated documents of various countries. The applied part contains the analytical calculations of the main constructions of an administrative building: a slab, a beam, a column, a separate foundation. Mathcad software is used for calculations. And the principles of the literature analyzed in the theoretical part have been adapted to avoid progressive collapse when computer modeling with SCIA Nemetchek program. During the simulation, a column of the first floor is removed and conclusions are given on how the column structure and the structure of the structure would change if one of the columns were deprived of carrying capacity. The conclusions of the obtained results are presented.

1 pav. Ronan Point progresyvi griūtis ^[18]	9
2 pav. Pirmas perkeltas BEM pilnas pastato modelis, 2009 ^[11]	11
3 pav. UAB „Karigės“ pastato griūtis ^[6]	12
4 pav. GSA progresyvios griūtės algoritmo taikymas	12
5 pav. Pyrago tipo griūtės schema	14
6 pav. Užtrauktuko tipo atvejai	15
7 pav. Pastovumo griūtės atvejis	16
8 pav. Degalinės pastato architektūra	18
9 pav. Stogo konstrukcija	22
10 pav. Kiaurymėtos plokštės skerspjūviai: a) tikrasis; b) skaičiuotinas saugos ribiniam būviui; c) skaičiuotinas tinkamumo ribiniam būviui	25
11 pav. Kiaurymėtos plokštės normalinio pjūvio schema	27
12 pav. Ekvivalentiškas plokštės skerspjūvis	29
13 pav. Elemento be normalinių plyšių I1 ruožo nuo atramos taško: a) apkrovimo schema ir skaičiuotiniai įstrižieji pjūviai; b) skersinių jėgų diagramos; c) lenkimo momentų diagramos	38
14 pav. Įtempių būvis skaičiuojant plokštę normalinių plyšių atsiradimui naudojimo metu: 1 – ekvivalentiško skerspjūvio svorio centras; 2 – skerspjūvio branduolio taškas....	43
15 pav. Rėmsijės skerspjūvio matmenys.....	47
16 pav. Rėmsijės išilginė armatūra	50
17 pav. Rėmsijės momentų diagrama	52
18 pav. Kolonos matmenys.....	58
19 pav. Pastato schema	58
20 pav. Skaičiuojamoji schema	59
21 pav. Lietuvos sniego apkrovos rajonai ^[30]	60
22 pav. Skaičiuojamoji schema ir momentų diagrama	63
23 pav. Skaičiuojamoji schema ir momentų diagrama	64
24 pav. Sukonstruotas kolonos skerspjūvis	65
25 pav. Kolonos armavimas: 1 – pagrindinė armatūra; 2 – išilginė	65
26 pav. Pamatai tenkančios apkrovos plotas.....	67
27 pav. Pamato skaičiuojamoji schema	71
28 pav. Įtempių išdėstymas	93
29 pav. Pamato patikrinimas kirpimui	97

30 pav. Lenkiamo elemento skaičiavimas	99
31 pav. Nagrinėjamo pastato schema	103
32 pav. Ašinės jėgos nuo pavojingiausio derinio ašys D-A, ašyje 2 su kolona	104
33 pav. Rėmo armavimas	104
34 pav. Kolonos gautas armavimas.^[15]	105
35 pav. Rėmsijės gautas armavimas	105
36 pav. Ašinės jėgos nuo pavojingiausio derinio ašys D-A, ašyje 2, kai nėra kolonos.	106
37 pav. Kolonų išnaudojimas, kai nėra elemento	106
38 pav. Reikalingas armatūros diametras 2950 mm²	107
39 pav. Suteiktas naujas armavimas	107
40 pav. Rėmsijės gautas armavimas	108
41 pav. Suteiktas armavimas nesant kolonai	108

Lentelės

1 lentelė. Vėjo koeficientai.....	21
2 lentelė. Stogo savas svoris.....	22
3 lentelė. Apkrovos.....	23
4 lentelė. Perdangos apkrovos.....	48
5 lentelė. Apkrovos, veikiančios koloną	58
6 lentelė. Sniego antžeminės apkrovos s_k charakteristinės reikšmės	59
7 lentelė. Armatūros parinkimas vienai kolonai	65
8 lentelė. Nuolatinė apkrova, tenkanti į pamatą	69
9 lentelė. Derinio daliniai koeficientai.....	72
10 lentelė. Derinio daliniai koeficientai.....	74
11 lentelė. Derinio daliniai koeficientai.....	76
12 lentelė. Derinio daliniai koeficientai.....	78
13 lentelė. Derinio daliniai koeficientai.....	81
14 lentelė. Derinio daliniai koeficientai.....	84
15 lentelė. Derinio daliniai koeficientai.....	87
16 lentelė. Derinio daliniai koeficientai.....	89
17 lentelė. Gautų pamatų skaičiavimo reikšmės	92

IVADAS

Magistro darbą sudaro dvi dalys – teorinė ir praktinė. Teorinėje dalyje aprašomi progresyvosios griūtės atvejai ir taikomos priemonės, padedančios išvengti avarijos. Praktinėje dalyje skaičiuojami laikantieji konstrukciniai elementai ir taikomos priemonės išvengti pastato progresyvosios griūtės galimybės.

Praktinėje darbo dalyje naudotasi Eugenijaus Juškevičiaus bakalauro darbo „Administracinio pastato architektūra“^[9] architektūriniais sprendimais. Savo darbe E. Juškevičius nenagrinėja galimybių išvengti progresyvosios griūtės, neskaičiuoja visų laikančiųjų konstrukcijų: plokštės, rėmsijės, kolonos (dydžiai pakeičiami pagal architektūrą), pamatų. Taip pat šiame magistro darbe naudotasi Tado Lisausko magistro darbo betoninių konstrukcijų skaičiavimo metodika, pritaikyta rėmsijei ir kiaurymėtai plokštei^[16], tačiau šiame darbe apkrovos, geometriniai duomenys yra parinkti pagal esamą architektūrinį pastatą, todėl gauti kitokie rezultatai nei T. Lisausko darbe.

Situacija, kai vietinio elemento konstrukcijos laikomosios galios netekimas sukelia likusių elementų griūtį, vadinama progresyviaja griūtimi^[13]. Klasikinis progresyvosios griūtės pavyzdys yra teroristinio išpuolio metu sugriuvęs Pasaulio prekybos centras 2001 m. rugsėjo 11 d. Kitas žinomas atvejis – *Ronan Point* pastato griūtis^[12] (žr. 1 pav.), kai susprogus dujiniam mišiniui viename iš viršutinių dvidešimt dviejų aukštų pastato aukšte, įvyko pastato griūtis visuose aukštuose (domino griūtės atvejis). Faktiškai po šios griūtės, įvykusios 1968 m. lapkričio 1 d., prasidėjo šio mokslo tyrinėjimai.



1 pav. *Ronan Point* progresyvi griūtis^[18]

E. Juškevičiaus bakalauro darbo praktinėje dalyje suprojektuotos degalinės su administracinėmis patalpomis^[9], laikančiųjų konstrukcinių charakteristikos ir tiriami atvejai, ką

reikėtų keisti norint pašalinti progresyvos griūties tikimybę. Priimama prielaida, kad statytojui yra svarbi griūties įvertinimo galimybė, taip pat jis norėtų žinoti, kaip pasikeistų konstrukciniai elementai taikant saugos reikalavimus. Kadangi tai degalinės pastatas, didžiausią progresyvosios griūties atvejo tikimybę gali sukelti transporto priemonės įvažiavimas į kraštines pastato kolonas. Pastato kuro cisterna yra pakankamai toli nuo pastato, todėl jo sprogo atveju pavieniai laikančiųjų konstrukcijų elementai nesuirto ir progresyvosios griūties atvejis nuo sprogo bangos yra nenagrinėjamas. Sprendžiant progresyvosios griūties išvengimo uždavinius remiamasi alternatyvaus apkrovų kelio nustatymo metodu, tai yra pašalinant struktūrinį elementą, ir pagal tai, kaip elgiasi konstrukcija, sprendžiama, ar reikalingi papildomi sustiprinimai.

Rašant magistro darbą buvo dalyvauta 2016 metų KTU rengiamoje studentų konferencijoje „Statyba ir architektūra“, kurioje buvo pristatytas atliekamas darbas ir literatūros analizė. Straipsnio pavadinimas „Ypatingų pastatų griūties galimybių įvertinimo literatūros apžvalga ir tyrimų lūkesčiai modeliuojant degalinės pastatą Alytuje“

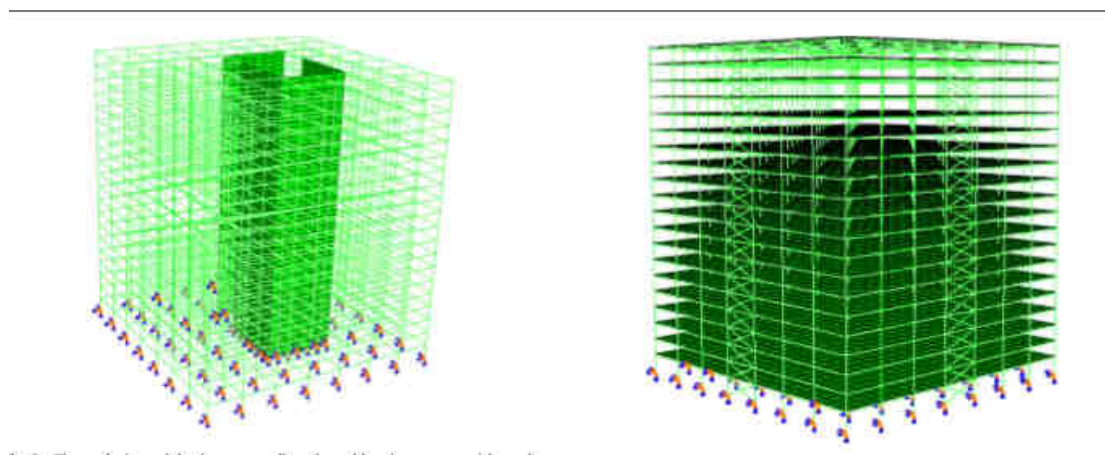
1. LITERTŪROS ANALIZĖ

Šio tipo uždaviniai yra aktualūs aukštybiniams pastatams – dangoraižiams, kai nevykusiai nusileidęs malūnsparnis gali sukelti pastato griūtį, tyrinėjami griūties pavyzdžiai esant gaisro atvejui, seisminiams reiškiniams. Sprendžiami uždaviniai nagrinėjami dviem būdais:

- kai modeliuojama griūtis, tai yra sukeliama pastato virpesiai, ir stebima, ar objektas sugriūna – tokio tipo uždaviniai vadinami **tiesioginiais uždaviniais**;
- kai pašalinamas struktūrinis elementas ir tikrinama, ar nesant struktūriniam elementui įvyks griūtis, tokie sprendiniai vadinami **netiesioginiais uždaviniais**.

Pirmasis baigtinių elementų metodu išsprendęs viso pastato uždavinį ir publikavęs apie tai straipsnį yra Feng Fu (2009 m.).^[12]

Pateikiamas šio uždavinio struktūrinis CAE modelis *Abaqus* programoje:



2 pav. Pirmas perkeltas BEM pilnas pastato modelis, 2009^[11]

Pirmiausia Feng Fu sulyginio natūrinio eksperimento – sugriauto dviejų aukštų rėmo – gautus rezultatus, paskelbtus straipsnyje: Wang Jing-Feng, Li Guo-Qiang. *Testing of semi-rigid steel-concrete composite frames subjected to vertical loads. Engineering Structures* 2007^[26]. Po to tikrino Didžiojoje Britanijoje esančio pastato stabilumą, panaikindamas skirtingus struktūrinius elementus.

Analogiškus sprendinius taikė ir Jungtinių Amerikos Valstijų mokslininkai. Vienas svarbiausių tokių uždavinio sprendimų tikslų yra nustatyti esamo sprendinio tikslumus, kuriais remdamasis mokslininkas Sashi K. Kunnath (2016 m.) pastatė esamą natūrinį modelį Kinijoje ir bandė jo patikimumą realiai sugriaudamas pastatą^[20].

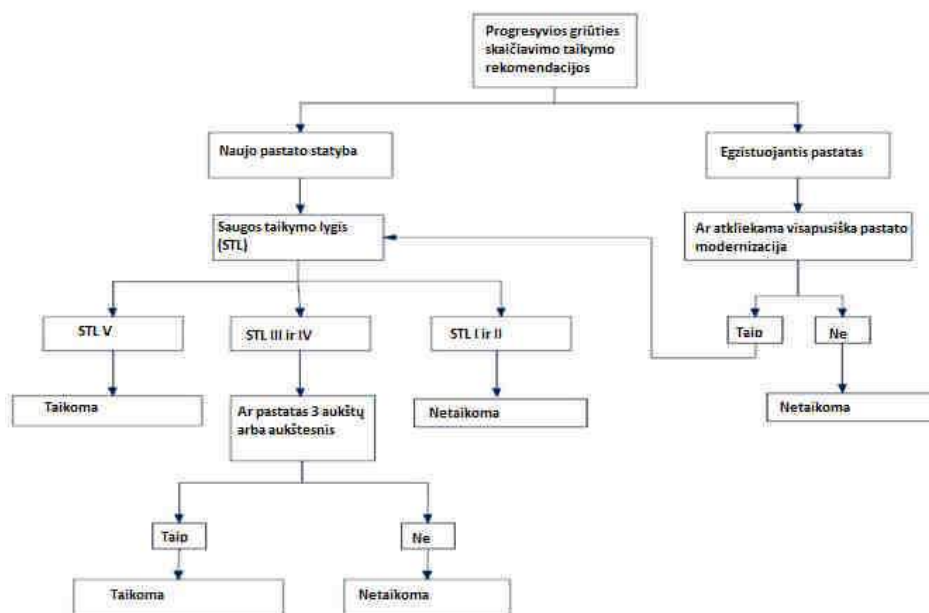
Tyrimais nustatyta, kad teroristinių išpuolių atvejais pastato progresyvioji griūtis yra labai maža, tačiau įvykus incidentui mirtingumas yra 100 proc.^[2]

Šio tipo uždaviniai yra aktualūs ir Lietuvoje. 2005 metais įvyko baldų fabriko „Karigė“ griūtis, kurią, pagal vieną iš hipotezių, autokarui įvažiavus į pastatą lėmė vieno iš struktūrinio elemento galios panaikinimas (Delfi, 2005)^[1,6].



3 pav. UAB „Karigė“ pastato griūtis^[6]

Yra diskutuotina, kada reikia atlikti pastato progresyvosios griūtės skaičiavimus. Eurokoduose nurodomi pastatų rizikos veiksniai, JAV valstybiniuose nurodymuose GSA pateikiamas toks algoritmas:^[22]



4 pav. GSA progresyvosios griūtės algoritmo taikymas

Panašiai progresyvosios griūtės skaičiavimų taikymas yra apibrėžtas kitame JAV dokumente (DOD), kuriame teigiama, kad turi būti skaičiuojamas visų valstybės pastatų, aukštesnių nei trys aukštai, progresyvosios griūtės atvejis^[8] ir draudžiama analizei naudoti 2D modelį^[8]. Abiejuose šiuose šaltiniuose yra įvardijamas griūtės skaičiavimo apkrovų derinys 2DL

+ $0.5LL^1$, neįtraukiant į skaičiavimus vėjo ir sniego apkrovos. Kitose šalyse progresyvosios griūtės deriniai gali būti skirtingi, daugeliu atveju juose nėra įtraukiamos klimatinės apkrovos. Lietuvos Respublikos techniniuose reglamentuose progresyvosios griūtės konstrukcijos patikrinimo skaičiavimai nėra apibrėžti. Europos Sąjungos konstrukcijų projektavimo reikalavimuose – eurokode 1 „Poveikiai ir apkrovos“ – minima, kad konstrukcija negali sugriūti daugiau kaip 25 proc.^[10]

Ukrainos valstybėje ir kitose NVS šalyse taikomi šie reikalavimai pastatams:

1. Laikančioji konstrukcija gyvenamuosiuose pastatuose turi būti atspari progresyviajai (grandininei) griūčiai vietinės griūtės avarijos atvejais (dujų sproгимui, gaisro atveju ir t. t.).
2. Leidžiamos tik lokalioms atskirų laikančiųjų konstrukcijų griūtys, bet pradinė avarija neturi sukelti gretimų elementų laikomosios galios netekimo avarijos atveju.
3. Konstrukcija turi išlaikyti apkrovas mažiausiai iki to laiko, kuris yra būtinas žmonių evakuacijai. Plyšiai ir trūkiai avarijos atveju yra neribojami.^[27]

Priemonės, kurias galima pasitelkti norint išvengti progresyvosios griūtės pasekmių, galima išskirti į:

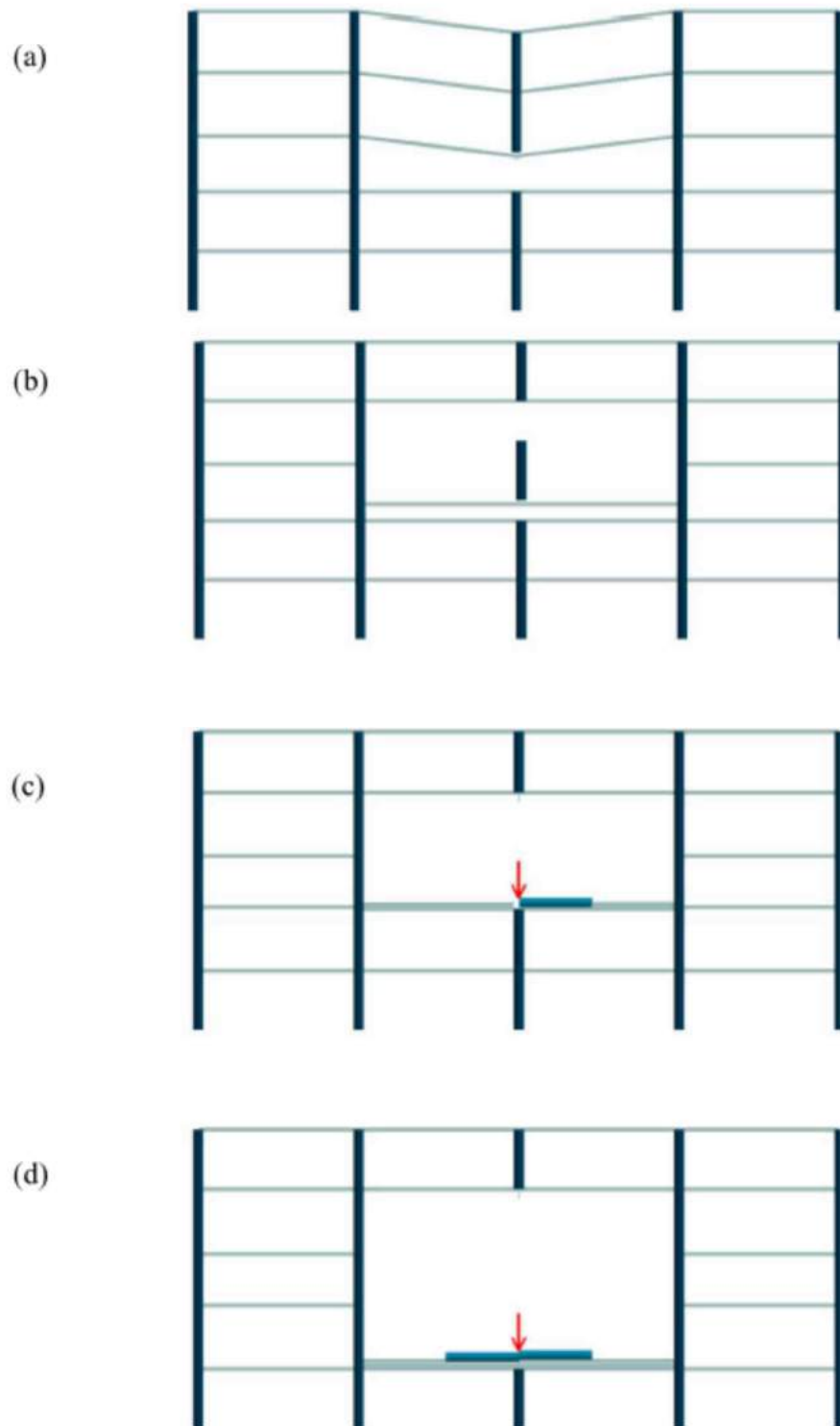
- a. pasyviai;
- b. aktyviai^[12].

Pasyvios priemonės – tai tokios priemonės, kada nėra tiesiogiai veikiamos konstrukcijos, pavyzdžiui, norint išvengti tiltų griūtės yra įrengiamos atramų salelės, kad įvykus laivo avarijai, korpusas nepažeistų atramos, o užplauktų ant seklumos. Taip pat įvairios kliūtys, norint, kad automobiliai neįvažiuotų į pastato kolonas, – tai galima efektyviai panaudoti ir šio tiriamojo darbo taikomajam uždaviniui spręsti. Statomos kameros ir tikrinami asmenys, patenkantys į statinius ir t. t.

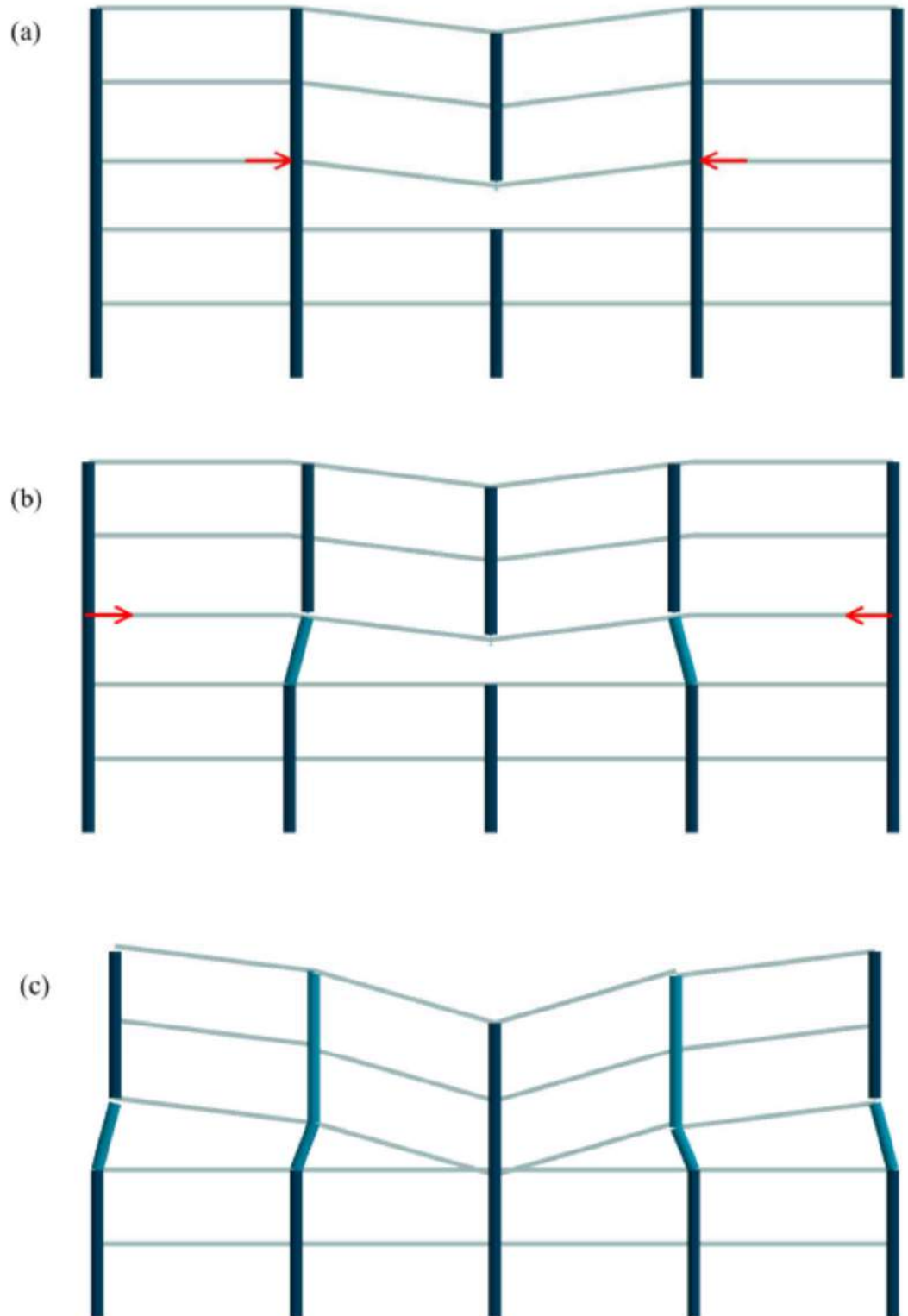
Ypač efektyvios priemonės, susijusios su konstrukcijų laikomosios galios keitimu, pavyzdžiui, statant vantinius tiltus reikalaujama, kad nutrūkus vienam iš lynų, tilto konstrukcija laikytų, t. y. konstrukcija iš karto skaičiuojama mažesniai lynų kiekiui. Statiniuose, priklausomai nuo nacionalinių reikalavimų, yra didinama elementų laikančioji galia, atliekant skaičiavimus, pašalinat elementus, taikomas vadinamasis alternatyvaus kelio metodas, taip pat stiprinamos elementų jungtys.

Priklausomai nuo to, kaip konstrukcijos elgiasi griūtės atveju, galima išskirti tokias progresyvosios griūtės rūšis: pyrago, užtrauktuko, domino, nestabilumo ir skerspjuvio destrukcijos^[24].

¹ DL (angl. *Dead Load*) – savas svoris; LL (angl. *Live Load*) – naudojimo apkrova.

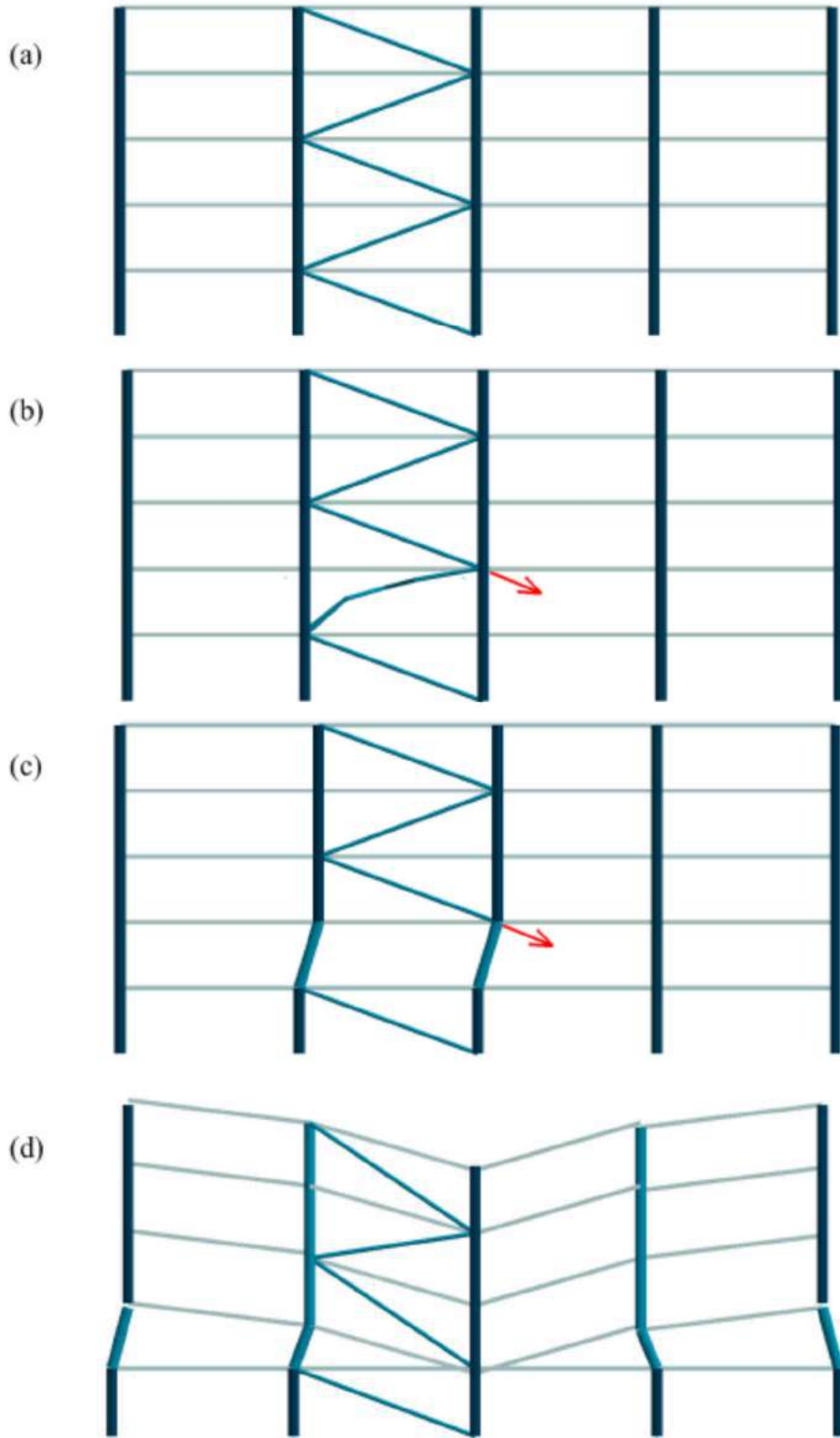


5 pav. Pyrago tipo griūtės schema



6 pav. Užtrauktuko tipo atvejai

Domino atveju griūtis įvyksta panašiai, kaip nukrentant domino kauliukams: griūdomos kolonos viena kitą stumia.



7 pav. Pastovumo griūties atvejis

Skerspjūvio destrukcijos atveju pastatas išlieka stovėti, tačiau jo skerspjūvyje laikančios konstrukcijos yra sulūžusios

Sprendžiant taikomuosius uždavinius mokslininkas Feng Fu išskiria tokius atvejus^[12]:

- aukštybinius pastatus (pagal GSA ir DOD aukštesnius nei 3 aukštų^[8,22]);

- didelių tarptramių skaičiavimo atvejus;
- griūties atvejus, įvykstančius dėl sproginimo;
- temperatūrinio poveikio atvejus (gaisro).

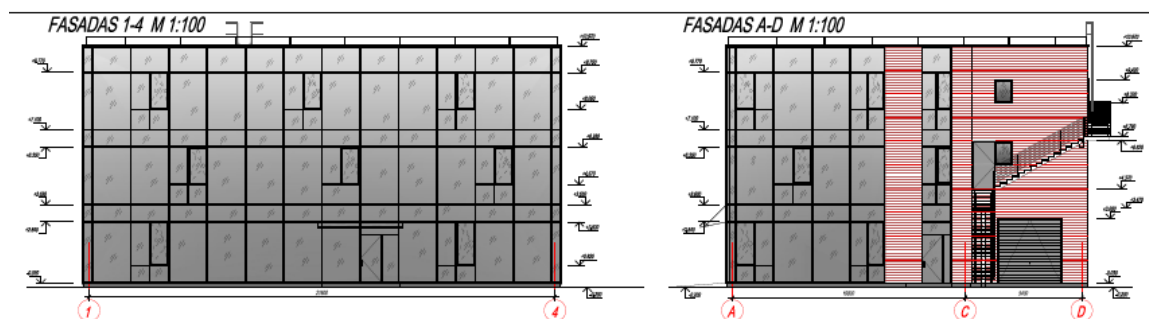
Atvejai, kurių metu griūtis įvyksta dėl žemės drebėjimų (seismikos), daugelio tyrėjų atveju nėra priskiriami nagrinėti norint išvengti progresyvosios griūties.

Daugeliu atveju atliekami prognozavimo įvertinimai nesiskiria, tai yra nepaisant esamo uždavinio tipo taikomas netiesioginio sprendimo variantas, JAV reglamentuose vadinamas alternatyvaus kelio metodu, kada yra pašalinamas vienas iš elementų, ir yra vertinama, ar statinyje neįvyks dalies konstrukcijų griūtis.

Magistrinio darbo taikomoje dalyje tai ir yra atliekama. Pirmiausia suskaičiuojami laikomieji konstrukciniai elementai, o paskui panaikinus struktūrinius pirmo aukšto elementus tikrinama, ar nesant elementui įvyks statinio griūtis. Atlikus laikančiųjų elementų konstrukcinius pakeitimus pateikiama versija, kokios turėtų būti laikančiosios konstrukcijos įvertinant progresyvosios griūties panaikinimo galimybes.

2. TIRIAMOJO DARBO METODOLOGIJA

Nustatyti degalinės pastato, stovinčio Alytuje, progresyviosios griūtės galimybes, naudojant BEM metodą:



8 pav. Degalinės pastato architektūra

Progresyvioji griūtis degalinėje gali įvykti automobilio pastatui įvažiavus į pastato koloną, įgriuvus pastato plokštei arba gaisro atveju. Uždavinys yra aktualus dėl administraciniame pastate dirbančių darbuotojų saugumo avarijos atveju.

2.1. Tyrimų metodologija ir metodai

Degalinės griūtės nagrinėjamu atveju pasirinktas atvirkštinio uždavinio sprendimas, t. y. šalinami struktūriniai elementai ir tiriama, ar juos pašalinus pastatas sugrius ar ne. Pastato konstrukciniams brėžiniams gauti bus naudojamas *Autocad* ir *Revit* programos. Tyrimo metu bus naudojamas SCIA programinis BEM paketas, skirtas skaičiuoti struktūrinius uždavinius **baigtinių elementų metodu**^[21].

Konstruktivų baigtinių elementų metodo pagrindą sudaro variacinė uždavinio formuluotė naudojant įvairius baigtinius elementus^[19]. Sprendžiant diferencialinį uždavinį šiuo metodu gaunama tiesinių (ar netiesinių) algebrinių lygčių sistema, kurios sprendinys apibrėžia baigtinių elementų, aproksimuojančių ieškomą funkciją, parametrus.

Skiriami keturi šio metodo etapai:

- variacinio uždavinio formulavimas;
- baigtinių elementų išrinkimas ir geometrinės srities trianguliacija, t. y. srities skaidymas į pasirinktus baigtinius elementus;
- algebrinių lygčių sistemos surinkimas;
- gautos algebrinių lygčių sistemos sprendimas.

Pirmajame etape diferencialinei lygčiai bei Neimano kraštinėms sąlygoms užrašomas energijos funkcionalas, kuris turi būti minimizuotas. Funkcionalo minimizavimo sąlyga:

$$\delta\chi = 0 \text{ arba } \delta^2\chi > 0 \quad (1)$$

t. y. pirmoji funkcionalo variacija turi būti lygi nuliui arba antroji teigiama, pagal analogiją su funkcijos ekstremumo (minimumo) būtinomis sąlygomis.

Antrajame etape sritis suskaidoma į l baigtinių elementų. Bendruoju atveju srities skaidymui gali būti naudojami trikampiai elementai su tiesinėmis, kvadratinėmis ar kubinėmis formos funkcijomis, taip pat stačiakampiai elementai su tiesinėmis, kvadratinėmis, kubinėmis ketvirtos bei penktos eilės formos funkcijomis, kreiviniai bei izoparametriniai plokštieji elementai. Slėgio pasiskirstymo nustatymo oro pagalvėje uždavinio sprendimui naudojami trikampiai baigtiniai elementai su tiesinėmis interpoliacinėmis funkcijomis. Funkcionalas kiekvienam elementui:

$$\chi = \sum_{i=1}^l \chi^{e_i} \quad (2)$$

kur χ^{e_i} – atskiro elemento indėlis į sistemą.

Elemento mazgų numeriai i, j, m numeruojami prieš laikrodžio rodyklę. Ieškoma funkcija išreiškiama formos funkcijomis:

$$N_i = a_i + b_i x + c_i z \quad i=1, 2, 3 \quad (3)$$

Užrašius lygtį kiekvienam mazgui ir išsprendus gautų lygčių sistemų determinantus, apskaičiuojami interpoliacinių funkcijų koeficientai. Funkcionalo minimizavimo sąlyga taip pat gali būti išreikšta:

$$\frac{\partial\chi}{\partial\{p\}} = 0 \quad (4)$$

Atlikus funkcionalo minimizavimą gaunama matricinė algebrinių arba paprastųjų diferencialinių lygčių sistema. Antruoju atveju nuo paprastųjų diferencialinių lygčių sistemos pritaikius baigtinių skirtumų metodą pereinama prie algebrinių lygčių sistemos (tiesinės arba netiesinės). Algebrinių lygčių sistemos sprendžiamos žinomais tiesioginiais ar iteraciniais metodais.

3. LAIKANČIŲJŲ KONSTRUKCINIŲ ELEMENTŲ SKAIČIAVIMAS

Nagrinėjamas degalinės pastatas su administracinėmis patalpomis Alytuje. Kadangi pastatas yra ypatingas, jame vienu metu būna daugiau nei 100 žmonių. Taip pat tai yra degalinė^[29], todėl jos griūtis, galinti sukelti daugelio žmonių žūtį, aktuali savininkui. Priimama prielaida, kad savininkas, prieš projektuodamas pastatą, prašo įvertinti pagrindinio fasado griūties galimybes, įvažiavus į pastatą, teroristinio išpuolio atveju palikus sprogmenį ir t.t. Pateikiamas pastato rėmo konstrukcinės dalies skaičiavimas, parenkant konstrukcinius sprendimus ir sprendžiant griūties galimybes taikant baigtinių elementų metodą, naudojant *Nemetchek SCIA* programos paketą^[21].

3.1. Apkrovų skaičiavimas

Pateikiamos degalinės pastatą veikiančios apkrovos.

Vėjo apkrovų skaičiavimas degalinės pastatui Alytuje

Atskaitinis vėjo slėgis q_{ref} nustatomas taikant formulę:

$$q_{ref} = \frac{\rho}{2} \cdot v_{ref}^2 = \frac{1,25}{2} \cdot 24^2 = 360N/m^2 = 0.36kN/m^2 \quad (5)$$

čia $v_{ref,0} = 24m/s$ – atskaitinis vėjo greitis;

$\rho = 1,25 kg/m^3$ – oro tankis, lygus;

$$v_{ref} = c_{DIR} \cdot c_{ALT} \cdot c_{TEM} \cdot v_{ref,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 24 = 24 m/s \quad (6)$$

čia $v_{ref,0} = 24m/s$ – vėjo greičio pagrindinės atskaitinės reikšmė (I vėjo apkrovos rajonas, Alytus);

$c_{DIR} = 1,0$ – vakarų vėjo kryptiai krypties koeficientas;

$c_{TEM} = 1,0$ – laikotarpio koeficientas;

$c_{ALT} = 1,0$ – aukščio virš jūros lygio koeficientas.

Vidutinė slėgio į išorinius konstrukcijos paviršius dedamoji w_{me} apskaičiuojama taikant išraišką:

$$w_{me} = q_{ref} \cdot c(z) \cdot c_e \quad (7)$$

čia c_e – išorinio slėgio aerodinaminis koeficientas.

$c(z)$ – koeficientas, priklausantis nuo vietovės reljefo tipo ir aukščio nuo žemės paviršiaus,

kai $c(z) \leq 5$ m, $c(z) = 0,75$;

kai $c(z) = 6$ m, $c(z) = 0,8$;

kai $c(z) = 10$ m, $c(z) = 1,0$.

Koeficientų c_e , c_{e1} , c_{e2} ir c_{e3} nustatymas (STR 2.05.04.2003 4 priedas 1lent.)^[30]:

1 lentelė. Vėjo koeficientai

Atskirai stovinčios plokščiosios ištisinės konstrukcijos	
Vertikalūs ir ne daugiau kaip 15^0 nuo vertikalės pasvirę paviršiai:	
priešvėjinis	$c_e = +0,8$
pavėjinis	$c_e = -0,6$

Vidutinė vėjo slėgio į išorinius paviršius dedamoji:

$$w_{me,5} = q_{ref} \cdot c(z) \cdot c_e = 0,36 \cdot 0,75 \cdot 0,8 = 0,216 \text{ kN/m}^2 \quad (8)$$

$$w_{me,6} = q_{ref} \cdot c(z) \cdot c_e = 0,36 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 0,230 \text{ kN/m}^2 \quad (9)$$

$$w_{me,10} = q_{ref} \cdot c(z) \cdot c_e = 0,36 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 0,288 \text{ kN/m}^2 \quad (10)$$

$$w_{me,5} = q_{ref} \cdot c(z) \cdot c_{e3} = 0,36 \cdot 0,75 \cdot (-0,6) = -0,162 \text{ kN/m}^2 \quad (11)$$

$$w_{me,6} = q_{ref} \cdot c(z) \cdot c_{e3} = 0,36 \cdot 0,8 \cdot (-0,6) = -0,173 \text{ kN/m}^2 \quad (12)$$

$$w_{me,10} = q_{ref} \cdot c(z) \cdot c_{e3} = 0,36 \cdot 1 \cdot (-0,6) = -0,216 \text{ kN/m}^2 \quad (13)$$

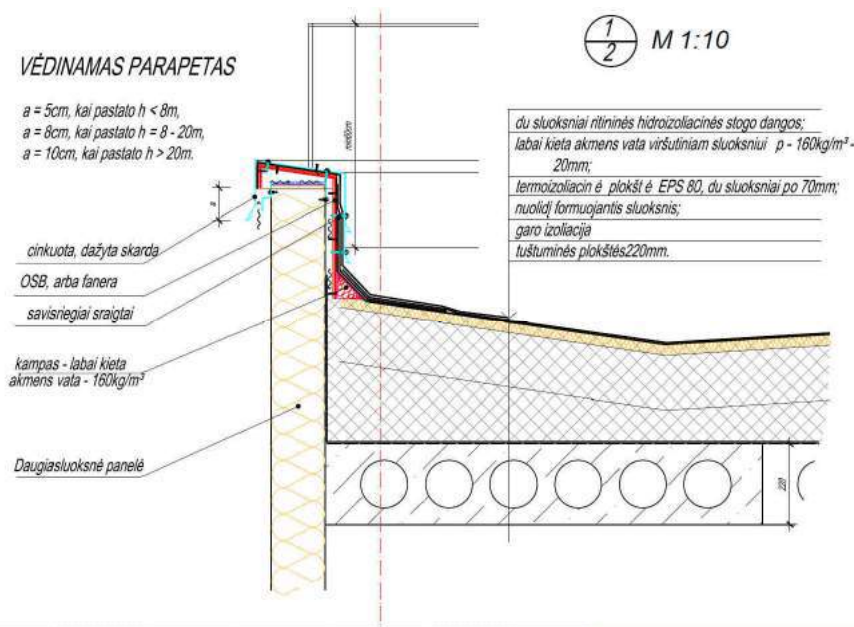
Naudojimo apkrova degalinės pastatui Alytuje

B kategorijos pastatui $Q_k=2 \text{ kN/m}^2$ (STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir Apkrovos“ 10.2 lent.)

Sniego apkrova degalinės pastatui Alytuje

II rajonas $1,6 \text{ kN/m}^2$ ^[30]

Stogo savo svorio iki g/b plokštės apkrova degalinės pastatui Alytuje



9 pav. Stogo konstrukcija

Stogo plotas: 308,16 m²

2 lentelė. Stogo savas svoris

Eil. Nr.	Sluoksnis	Apkrova, kN/m ²
1.	Hidroizoliacinė danga 8mm	0,1
2.	Akmens vatos sluoksnis „Paroc ROB 80“ 20mm	0,05
3.	EPS 80 140 mm	0,70
4.	Garų izoliacija „Samplex 200“	0,01
5.	Nuolydį suformuojantis sluoksnis	0,51
Nuolatinė suminė apkrova :		1,37

3.2. Surenkamos kiaurymėtos gelžbetoninės perdangos plokštės skaičiavimas

Gelžbetoninės perdangos plokštės su apskritomis kiaurymėmis pradiniai duomenys

Administracinis pastatas sudarytas iš g/b karkaso. Skaičiuojamos surenkamos gelžbetoninės perdangos plokštės su apskritomis kiaurymėmis. Atstumas tarp karkaso rėmsių yra 7,2 m.

Pastato plotų panaudojimo kategorija – B. Charakteristinė naudojimo apkrova ant perdangų – $q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$.

Pastato aplinkos klasė – X0^[31]. Kiaurymėtoji įtemptojo gelžbetonio perdangų plokštė gaminama iš normaliojo C30/37 klasės betono. Išilginė tempiamoji Y1100 tipo armatūra įtempta elektroterminiu būdu į atsparas. Gaminys kietėja natūraliai. Betono stipris apspaudimo metu – $f_{cp} = 0,75 \cdot f_{ck,cube} = 0,75 \cdot 37 = 27,75 \text{ MPa}$. Kiaurymėtosios perdangų plokštės nominalusis plotis – $b_n = 1200 \text{ mm}$.

Plokštei leidžiami betono plyšiai, kurių ribinės pločių atsivėrimo reikšmės: trumpalaikio atsivėrimo – $w_{lim1} = 0,30 \text{ mm}$, ilgalaikio atsivėrimo – $w_{lim2} = 0,20 \text{ mm}$ ^[31].

Pakėlimo kilpos daromos iš S240 klasės armatūros.

Plokštės naudojimo situacijos saugos ribinio būvio skaičiavimas

3 lentelė. Apkrovos

Eil. nr.	Perdangos elementai ir storis	Vienetinis svoris γ , kN/m^3	Charakteristinė apkrova, kN/m^2	Patikimumo koef. γ	Skaičiuotinė apkrova, kN/m^2	
1.	Keraminės plytelės – 13 mm	17	0,22	1,35	0,30	
2.	Betono sluoksnis – 60 mm	20	0,51	1,35	0,69	
3.	Putų polistirolas – 50 mm	0,3	0,13	1,35	0,18	
4.	Gelžbetoninė plokštė	25	2,60	1,35	3,51	
	Viso:	-	$\sum g_{k,perd}$	3,46	$\sum g_{d,perd}$	4,59

Suminė nuolatinė perdangos charakteristinė apkrova – $\sum g_{k,perd} = 3,46 \text{ kN/m}^2$, skaičiuotinė apkrova – $\sum g_{d,perd} = 4,59 \text{ kN/m}^2$.

Charakteristinė kintamoji apkrova – $q_{k,perd} = 2,0 \text{ kN/m}^2$, skaičiuojamoji apkrova –

$$q_{d,perd} = 1,3 \cdot 2,0 = 2,6 \text{ kN/m}^2 \quad (14)$$

Plokštės tarpatramio skaičiuojamasis ilgis:

$$l_{eff} = l_k - c = 7200 - 110 = 7090 \text{ mm} \quad (15)$$

Skaičiuotinė savojo svorio apkrovos reikšmė į tiesinį metrą:

$$g_d = g_{d,perd} \cdot b_n = 4,59 \cdot 1,2 = 5,51 \text{ kN/m} \quad (16)$$

Skaičiuotinė kintamosios apkrovos reikšmė į tiesinį metrą:

$$q_d = q_{d,perd} \cdot b_n = 2,6 \cdot 1,2 = 3,12 \text{ kN/m} \quad (17)$$

Suminė apkrova į tiesinį metrą:

$$p_d = g_d + q_d = 5,51 + 3,12 = 8,63 \text{ kN/m} \quad (18)$$

Lenkimo momentas plokštės tarpatramyje nuo suminio poveikio:

$$M_{Ed} = \frac{p_d \cdot l_{eff}^2}{8} = \frac{8,63 \cdot 7,09^2}{8} = 54,23 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (19)$$

Didžiausia skersinė jėga:

$$V_{Ed} = \frac{p_d \cdot l_{eff}}{2} = \frac{8,63 \cdot 7,09}{2} = 30,59 \text{ kN} \quad (20)$$

Plokštės geometriniai skerspjūvio matmenys, betono ir armatūros parametrai

Įtemptojo gelžbetonio kiaurymėtosios perdangos plokštės skerspjūvio aukštis ^[25 p.30]

$$h = l_{eff}/30 = 7,09/30 = 0,236 \text{ m} \quad (21)$$

Priimama, kad $h = 0,24 \text{ m}$.

Skerspjūvio naudingasis aukštis:

$$d = h - a_1 = 0,24 - 0,045 = 0,195 \text{ m} \quad (22)$$

Čia a_1 – apsauginis armatūros sluoksnis, įvertinant.

Kiti plokštės skerspjūvio matmenys, imant 6 kiaurymes, kurių skersmuo $\phi_k = 0,150 \text{ m}$, bus tokie:

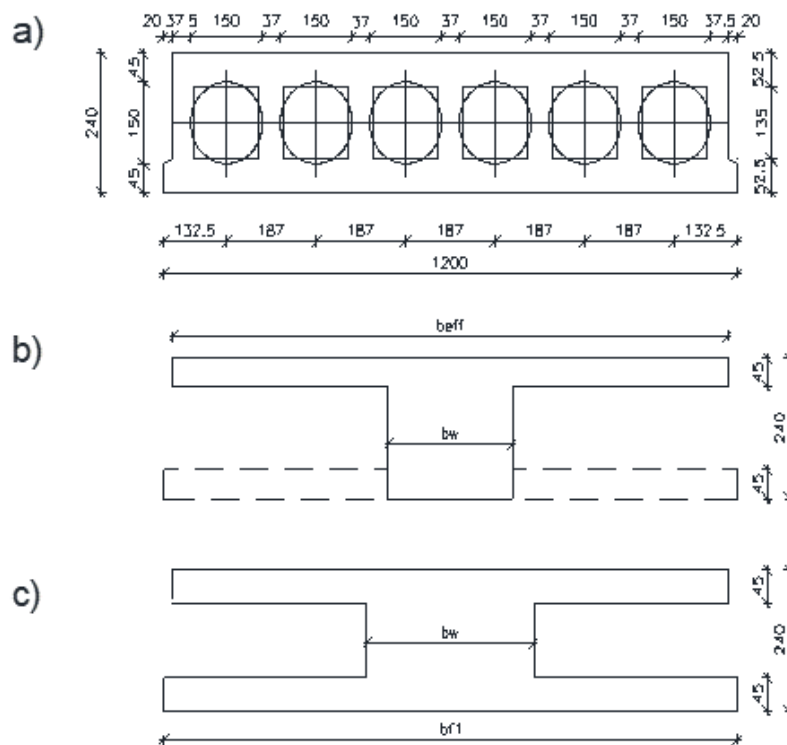
- viršutinės ir apatinės lentynų storis:

$$\frac{(0,24 - 0,150)}{2} = 0,045 \text{ m} \quad (23)$$

- briaunų plotis:

$$\frac{(1160 - 6 \cdot 150)}{7} \approx 37 \text{ mm} = 0,037 \text{ m} \quad (24)$$

Skaičiuotinis kaiurymėtųjų plokščių skerspjūvis yra dvitėjinis. Skaičiuotinio skerspjūvio aukštis h ir viršutinės bei apatinės lentynų pločiai yra tokie patys kaip ir tikrojo skerspjūvio. Skaičiuojant plokštės stiprį, viršutinės lentynos skaičiuotinį aukštį h_{eff} imsime lygų minimaliam viršutinės plokštės storiui virš kiaurymės, o dvitėjinio skerspjūvio briaunos plotį b_w – lygų visų vertikaliųjų briaunų minimalių storių sumai. Be to, apatinės (tempiamosios) lentynos įtakos skerspjūvio stipriui nepaisoma.



10 pav. Kiaurymėtos plokštės skerspjūviai: a) tikrasis; b) skaičiuotinas saugos ribiniam būviui; c) skaičiuotinas tinkamumo ribiniam būviui

Kiaurymės keičiamos stačiakampėmis taip, kad jų plotas ir inercijos momentas liktų nepasikeitę. Stačiakampės kiaurymės aukštis ^[23] – $h_1 = \sqrt{12 \cdot I/A}$, plotis – $b_1 = A/h_1$ (čia A ir

I – ovalo ar kitokios skerspjūvio formos plotas ir inercijos momentas). Apskritos kiaurymės pakeičiamos kvadratinėmis su kraštine $h_1 = b_1 \approx 0,9 \cdot \phi_k = 0,9 \cdot 150 = 135 \text{ mm}$.

Plokštės su apskritomis kiaurymėmis skaičiuojamos imant tokius ekvivalentiško skerspjūvio matmenis: $h = 0,24 \text{ m}$, $h_{eff} = h_{f1} = (h - h_1)/2 = (0,24 - 0,135)/2 = 0,052 \text{ m}$, $b_{eff} = 1,14 \text{ m}$, $b_{f1} = 1,19 \text{ m}$, $b_w = b_{eff} - n_k \cdot b_1 = 1,14 - 6 \cdot 0,135 = 0,33 \text{ m}$.

Normaliojo C30/37 stiprio gniuždant klasės betono mechaninių savybių rodikliai ^[31 lent.5]
 $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$, $f_{ck,cube} = 37 \text{ MPa}$, $f_{ctk,0,05} = 2,0 \text{ MPa}$, $E_{cm} = 32 \text{ GPa}$.

Betono apspaudimo stipris:

$$f_{cp} = 0,75 \cdot f_{ck,cube} = 0,75 \cdot 37 = 27,75 \text{ MPa} \quad (25)$$

Skaičiuotinis stipris gniuždant:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_c \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1 \cdot \frac{30}{1,5} = 18 \text{ MPa} \quad (26)$$

Skaičiuotinis stipris tempiant:

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1 \cdot \frac{2,0}{1,5} = 1,2 \text{ MPa} \quad (27)$$

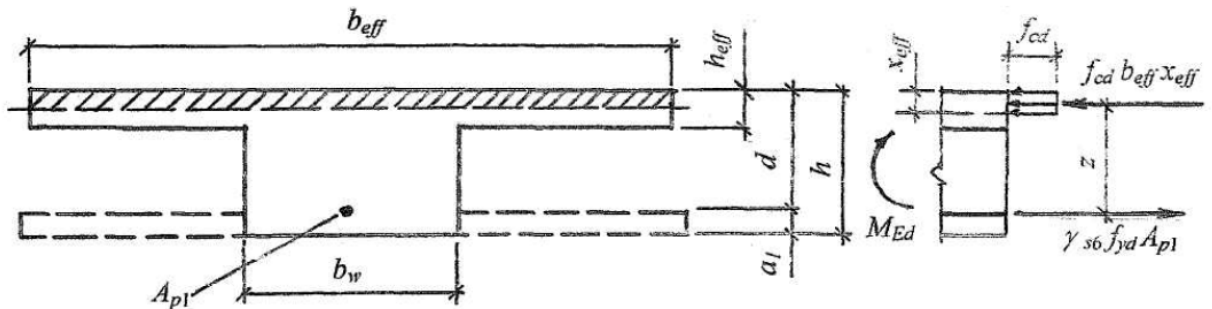
Iš anksto įtemptoji armatūra Y1100 tipo, kurios charakteristinis stipris – $f_{p0,1k} = 900 \text{ MPa}$, skaičiuotinis tempiamasis stipris – $f_{p0,1d} = 780 \text{ MPa}$, tamprumo modulis – $E_s = 2,05 \text{ GPa}$.

Plokštės pakėlimo kilpų armatūra – S240 klasės, kurios $f_{yd} = 218 \text{ MPa}$.

Preliminarus iš anksto įtemptosios armatūros skaičiavimas

Iš anksto įtemptoji armatūra apskaičiuojama pagal 11 pav. pateiktą schemą. Duotu atveju ekvivalentiško skerspjūvio matmenys: $h = 0,24 \text{ m}$, $d = 0,195 \text{ m}$, $b_w = 0,33 \text{ m}$, $h_{eff} = 0,052 \text{ m}$. Santykis $h_{eff}/h = 0,052/0,24 = 0,21 > 0,1$, todėl skaičiuotinis tęjinio skerspjūvio gniuždomosios lentynos plotis yra $b_{eff} = 1,14 \text{ m}$.

$$\min \begin{cases} b_{eff} \leq b_w + \frac{1}{3} l_{pl} = 2,4 \text{ m} \\ b_{eff} \leq 2,77 \text{ m} \end{cases} \quad (28)$$



11 pav. Kiaurymėtos plokštės normalinio pjūvio schema

Skaičiuojamas išankstinio armatūros įtempimo dydis:

$$\sigma_p = 0,65 \cdot f_{p0,1k} = 0,65 \cdot 900 = 585 \text{ MPa} \quad (29)$$

Elektroterminio įtempimo metu nuokrypio reikšmė:

$$p = 30 + \frac{360}{l} = 30 + \frac{360}{1,05 \cdot 7,09} = 78 \text{ MPa} \quad (30)$$

$$\sigma_p + p = 585 + 78 = 663 \leq f_{p0,1k} = 900 \text{ MPa} \quad (31)$$

Sąlyga tenkinama.

Apskaičiuojama išankstinio armatūros įtempimo nuokrypa:

$$\Delta\gamma_{sp} = 0,5 \frac{p}{\sigma_p} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{n_p}} \right) = 0,5 \frac{78}{585} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}} \right) = 0,11 > 0,1 \quad (32)$$

Čia n_p – įtempiamų strypų skaičius.

Priimama, kad $\Delta\gamma_{sp} = 0,11$.

Esant palankiai išankstinio įtempimo įtakai, įtempimo tikslumo koeficientas:

$$\gamma_{sp} = 1 - \Delta\gamma_{sp} = 1 - 0,11 = 0,89 \quad (33)$$

Priešingu atveju (tikrinant viršutinio krašto pleišėtumą gamybos stadijoje):

$$\gamma_{sp} = 1 + \Delta\gamma_{sp} = 1 + 0,11 = 1,11 \quad (34)$$

Įvertinus išankstinio įtempimo tikslumą:

$$\sigma_p = 0,89 \cdot 585 = 521 \text{ MPa} \quad (35)$$

Apytikriai numatomi nusistovėję įtempimai (įvertinus suminius įtempių nuostolius):

$$\sigma_{p2} = \sigma_p - 100 = 521 - 100 = 421 \text{ MPa} \quad (36)$$

Nustatome ribinį gniuždomosios betono zonos aukštį:

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{759}{500} \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,457 \quad (37)$$

Čia $\sigma_{sc,lim} = 500 \text{ MPa}$ ir $f_{p0,1d} = 780 \text{ MPa}$.

$$\omega = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (38)$$

$$\sigma_{s,lim} = f_{p0,1d} + 400 - \sigma_{p2} - \Delta\sigma_p = 780 + 400 - 421 - 0 = 759 \text{ MPa} \quad (39)$$

$$\Delta\sigma_p = 1500 \cdot \frac{\sigma_p}{f_{p0,1d}} - 1200 = 1500 \cdot \frac{521}{780} - 1200 = -198 \text{ MPa} \quad (40)$$

$$< 0 \text{ MPa}$$

Todėl priimama, kad $\Delta\sigma_p = 0 \text{ MPa}$, laikant, kad $x < h_{eff} = 45 \text{ mm}$:

$$\mu_{Eds} = \frac{M}{f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot d^2} = \frac{54,23 \cdot 10^{-3}}{18 \cdot 1,14 \cdot 0,195^2} = 0,0695 \quad (41)$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Eds}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,0695} = 0,0721 \quad (42)$$

Gniuždomos zonos aukštis:

$$x = \xi \cdot d = 0,0721 \cdot 195 = 14,1 \text{ mm} < h_{eff} = 45 \text{ mm} \quad (43)$$

Darbo sąlygų koeficientas, įvertinantis įtemptosios armatūros stiprumą aukščiau takumo ribos:

$$\begin{aligned} \gamma_{sb} &= \eta - (\eta - 1) \left(2 \cdot \frac{\xi}{\xi_{lim}} - 1 \right) = 1,15 - (1,15 - 1) \left(2 \cdot \frac{0,0721}{0,457} - 1 \right) = \\ &= 1,25 > \eta = 1,15 \end{aligned} \quad (44)$$

Primanant, kad $\gamma_{sb} = 1,15$.

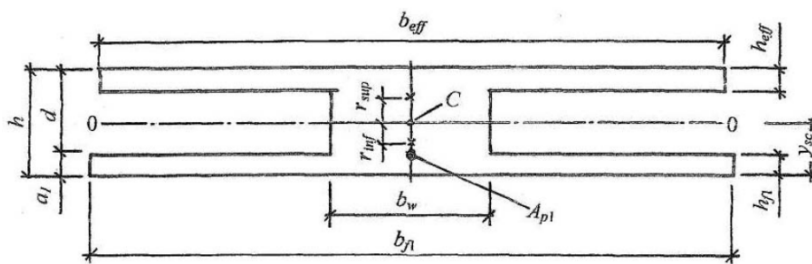
Išilginės įtemptosios armatūros reikiamas skerspjūvio plotas:

$$A_{p1} = \frac{f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot x}{f_{p0,1d} \cdot \gamma_{sb}} = \frac{18 \cdot 1,14 \cdot 0,0141}{780 \cdot 1,15} = 3,225 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 3,225 \text{ cm}^2 \quad (45)$$

Iš sortimento pasirenkame 3Ø12 Y1100 armatūrą, kurios $A_{p1} = 3,39 \text{ cm}^2$.^[17 p. 364]

Redukuoto skerspjūvio skaičiavimas

Plokštės ekvivalentiško skerspjūvio geometriniai rodikliai apskaičiuoti pagal 12 pav. schemą.



12 pav. Ekvivalentiškas plokštės skerspjūvis

Skerspjūvio plotas:

$$\begin{aligned} A_{eff} &= b_w \cdot h + (b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} + (b_{f1} - b_w) \cdot h_{f1} + \alpha_e \cdot A_{p1} = \\ &= 0,33 \cdot 0,24 + (1,14 - 0,33) \cdot 0,045 + (1,19 - 0,33) \cdot 0,045 + 6,406 \cdot \\ &= 0,339 \cdot 10^{-3} = 0,1565 \text{ m}^2 \end{aligned} \quad (46)$$

Čia

$$\alpha_e = \frac{E_{sm}}{E_{cm}} = \frac{205}{32} = 6,406 \quad (47)$$

Skerspjūvio statinis momentas plokštės apatinio sluoksnio atžvilgiu:

$$\begin{aligned} S_{eff} &= 0,5 \cdot b_w \cdot h^2 + (b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} \cdot (h - 0,5 \cdot h_{eff}) + 0,5 \cdot \\ &(b_{f1} - b_w) \cdot h_{f1}^2 + \alpha_e \cdot A_{p1} \cdot a_1 = 0,5 \cdot 0,33 \cdot 0,24^2 + (1,14 - 0,33) \cdot \\ &0,045 \cdot (0,24 - 0,5 \cdot 0,045) + 0,5 \cdot (1,19 - 0,33) \cdot 0,045^2 + 6,406 \cdot \\ &0,339 \cdot 10^{-3} \cdot 0,045 = 0,0184 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad (48)$$

Ekvivalentiškojo skerspjūvio svorio centro atstumas nuo plokštės apatinio sluoksnio:

$$y_{sc} = \frac{S_{eff}}{A_{eff}} = \frac{0,0184}{0,1565} = 0,118 \text{ m} \quad (49)$$

Ekvivalentiškojo skerspjūvio inercijos momentas 0-0 ašies atžvilgiu (12 pav.):

$$\begin{aligned} I_{eff} &= \frac{b_w \cdot h^3}{12} + b_w \cdot h \cdot (0,5 \cdot h - y_{sc})^2 + \frac{(b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff}^3}{12} + \\ &+ (b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} \cdot (h - y_{sc} - 0,5 \cdot h_{eff})^2 + \frac{(b_{f1} - b_w) \cdot h_{f1}^3}{12} + \\ &+ (b_{f1} - b_w) \cdot h_{f1} \cdot (y_{sc} - 0,5 \cdot h_{f1})^2 + \alpha_e \cdot A_{p1} \cdot (y_{sc} - a_1)^2 = \\ &= \frac{0,33 \cdot 0,24^3}{12} + 0,33 \cdot 0,24 \cdot (0,5 \cdot 0,24 - 0,118)^2 + \\ &\quad + \frac{(1,14 - 0,33) \cdot 0,045^3}{12} + \\ &+ (1,14 - 0,33) \cdot 0,045 \cdot (0,24 - 0,118 - 0,5 \cdot 0,045)^2 + \\ &\quad + \frac{(1,19 - 0,33) \cdot 0,045^3}{12} + \\ &\quad + (1,19 - 0,33) \cdot 0,045 \cdot (0,118 - 0,5 \cdot 0,045)^2 + \\ &\quad + 6,406 \cdot 0,339 \cdot 10^{-3} \cdot (0,118 - 0,045)^2 = 0,001141 \text{ m}^4 \end{aligned} \quad (50)$$

Skerspjūvio atsparumo momentas plokštės apatinio sluoksnio atžvilgiu, pasitikrinant reikia turėti omeny, kad skerspjūvio atsparumo momentas gali būti tik teigiamas^[7]:

$$W_{eff1} = \frac{I_{eff}}{y_{sc}} = \frac{0,001141}{0,118} = 0,00967 \text{ m}^3 \quad (51)$$

Skerspjūvio atsparumo momentas plokštės viršutinio sluoksniu atžvilgiu:

$$W_{eff2} = \frac{I_{eff}}{(h - y_{sc})} = \frac{0,001141}{(0,24 - 0,118)} = 0,00935 \text{ m}^3 \quad (52)$$

Skerspjūvio atsparumo momentas, įvertinus betono plastines deformacijas, apskaičiuotas plokštės apatinio sluoksniu atžvilgiu:

$$W_{pl1} = \gamma \cdot W_{eff1} = 1,5 \cdot 0,00967 = 0,01451 \text{ m}^3 \quad (53)$$

Viršutinio krašto atžvilgiu:

$$W_{pl2} = \gamma \cdot W_{eff2} = 1,5 \cdot 0,284 = 0,01403 \text{ m}^3 \quad (54)$$

Čia γ – koeficientas įvertinantis plastines deformacijas:

$$2 < \frac{b_{eff}}{b_w} = \frac{1,14}{0,33} = 3,46 \leq 6 \quad (55)$$

Todėl γ priimama 1,5.

Plokštės armatūros išankstinių įtempių nuostoliai

Apskaičiuojant armatūros išankstinių įtempių nuostolius, imamas armatūros įtempimo tikslumo koeficientas $\gamma_p = 1,0$. Tuomet pradinio išankstinio įtempimo reikšmė:

$$\sigma_p = \gamma_p \cdot \sigma_p = 1 \cdot 585 = 585 \text{ MPa} \quad (56)$$

Anksčiau nustatyti ekvivalentiško skerspjūvio parametrai:

$A_{p1} = 3,39 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$; $A_{eff} = 0,1565 \text{ m}^2$; $y_{sc} = 0,118 \text{ m}$; $a_1 = 0,045 \text{ m}$; $I_{eff} = 0,001141 \text{ m}^4$

Armatūros atstumas nuo ekvivalentiško skerspjūvio svorio centro:

$$\gamma_{pl} = \gamma_{sc} - a_1 = 0,118 - 0,045 = 0,073 \text{ m} \quad (57)$$

Pirminiai įtempių nuostoliai.

1. Įtempių nuostoliai dėl relaksacijos:

$$\sigma_{los1} = 0,03 \cdot \sigma_p = 0,03 \cdot 585 = 17,55 \text{ MPa} \quad (58)$$

2. Įtempių nuostoliai dėl temperatūrų skirtumų:

$$\sigma_{los2} = 1,25 \cdot \Delta_t = 1,25 \cdot 65 = 81,25 \text{ MPa} \quad (59)$$

3. Įtempių nuostoliai dėl tempimo įrenginių inkarų deformacijos:

$$\sigma_{los3} = 0 \text{ MPa} \quad (60)$$

Čia σ_{los3} (įtempių nuostoliai dėl inkarų deformacijos elektroterminiu būdu nevertinami)

4. Įtempių nuostoliai dėl armatūros trinties:

$$\sigma_{los4} = 0 \text{ MPa} \quad (61)$$

5. Įtempių nuostoliai dėl klojinių deformacijos:

$$\sigma_{los5} = 0 \text{ MPa} \quad (62)$$

6. Greitai pasireiškiantis betono valkšnumas:

$$\alpha = 0,25 + 0,025 \cdot f_{cp} = 0,25 + 0,025 \cdot 27,75 = 0,944 \quad (63)$$

$$\sum_{i=1}^5 \sigma_{losi} = \sigma_{los1} + \sigma_{los2} = 17,55 + 81,25 = 98,8 \text{ MPa} \quad (64)$$

Įtempiai armatūroje prieš apgniuždant betoną:

$$\sigma_{sp} = \sigma_p - \sum_{i=1}^5 \sigma_{losi} = 585 - 98,8 = 486,2 \text{ MPa} \quad (65)$$

Įtempių atstojamoji:

$$P_1 = \sigma_{sp} \cdot A_{p1} = 486,2 \cdot 10^6 \cdot 3,39 \cdot 10^{-4} = 165 \text{ kN} \quad (66)$$

Atstojamosios jėgos ekscentricitetas redukuoto skerspjūvio svorio centro atžvilgiu:

$$e_{0p} = y_{sc} - a_1 = 0,118 - 0,045 = 0,073 \text{ m} \quad (67)$$

Maksimalūs įtempiai betone apgniuždant:

$$\begin{aligned} \sigma_{cp} &= \frac{P_1}{A_{eff}} + \frac{P_1 \cdot e_{0p} \cdot y_{red}}{I_{eff}} = \frac{165 \cdot 10^3}{0,1565} + \frac{165 \cdot 10^3 \cdot 0,073 \cdot 0,118}{0,001141} = \\ &= 2,3 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (68)$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} = \frac{2,3}{27,75} = 0,083 < 1 \quad (69)$$

Maksimalūs įtempiai betone neviršija ribinių įtempių.

Įtempimai betone įtemptosios armatūros svorio centro lygyje nuo P_1 ir lenkimo momento nuo plokštės svorio:

$$M_d = \frac{g_{plokštės} \cdot b_n \cdot l^2}{8} = \frac{2,6 \cdot 1,2 \cdot 7,2^2}{8} = 20,22 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (70)$$

Čia l – atstumas tarp atramų plokštę sandėliuojant.

$$\begin{aligned} \sigma_{cp} &= \frac{P_1}{A_{eff}} + \frac{(P_1 \cdot e_{0p} - M_d) \cdot e_{0p}}{I_{eff}} = \\ &= \frac{165 \cdot 10^3}{0,1565} + \frac{(165 \cdot 10^3 \cdot 0,073 - 20,22 \cdot 10^3) \cdot 0,073}{0,001141} = 0,53 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (71)$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} = \frac{0.53}{27,75} = 0,019 < \alpha = 0,944 \quad (72)$$

$$\sigma_{los6} = \chi \cdot \left(40 \cdot \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} \right) = 1 \cdot 40 \cdot 0,019 = 0,76 \text{ MPa} \quad (73)$$

Čia χ – natūraliai kietėjusio betono koeficientas ($\chi = 1$)

Betono įtempimai kraštiniame tariamai gniuždomosios zonos sluoksnyje:

$$\begin{aligned} \sigma_{cp,2} &= \frac{P_1}{A_{eff}} - \frac{(P_1 \cdot e_{op} - M_d) \cdot (h - y_{sc})}{I_{eff}} = \\ &= \frac{165 \cdot 10^3}{0,1565} - \frac{(165 \cdot 10^3 \cdot 0,073 - 20,22 \cdot 10^3) \cdot (0,24 - 0,118)}{0,001141} = \\ &= 1,93 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (74)$$

Įtempių nuostoliai tariamai esančioje gniuždomosios zonos armatūroje dėl greitai pasireiškiančio betono valkšnumo:

$$\sigma_{los6,2} = \chi \cdot \left(40 \cdot \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} \right) = 1 \cdot 40 \cdot \frac{1,93}{27,75} = 2,78 \text{ MPa} \quad (75)$$

Pirmieji išankstinių įtempių nuostoliai:

$$\sum_{i=1}^6 \sigma_{losi} = \sigma_{los1} + \sigma_{los2} + \sigma_{los6} = 17,55 + 81,25 + 0,76 = 99,56 \text{ MPa} \quad (76)$$

Betono apspaudimo jėga, atmetus pirmuosius armatūros išankstinių įtempių nuostolius:

$$\begin{aligned} P_{m,1} &= A_{p1} \cdot \left(\sigma_p - \sum_{i=1}^6 \sigma_{losi} \right) = 3,39 \cdot 10^{-4} \cdot (585 - 99,56) = \\ &= 164,6 \text{ kN} \end{aligned} \quad (77)$$

Antrieji įtempių nuostoliai.

7. Armatūros įtempių relaksacija:

$$\sigma_{los7} = 0 \text{ MPa} \quad (78)$$

8. Betono susitraukimas:

$$\sigma_{los8} = 50 \text{ MPa} \quad (79)$$

9. Betono valkšnumas:

Įtempimai betone įtemptosios armatūros svorio centro lygyje nuo $P_{m,1}$ ir lenkimo momento nuo plokštės svorio:

$$\begin{aligned} \sigma_{cp,1} &= \frac{P_{m,1}}{A_{eff}} + \frac{(P_{m,1} \cdot e_{op} - M_d) \cdot e_{op}}{I_{eff}} = \\ &= \frac{164,6 \cdot 10^3}{0,1565} + \frac{(164,6 \cdot 10^3 \cdot 0,073 - 20,22 \cdot 10^3) \cdot 0,073}{0,001141} = 0,53 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (80)$$

$$\frac{\sigma_{cp,1}}{f_{cp}} = \frac{0,53}{27,75} = 0,019 \leq 0,75 \quad (81)$$

$$\sigma_{los9} = 150 \cdot \chi \cdot \frac{\sigma_{cp,1}}{f_{cp}} = 150 \cdot 1 \cdot 0,019 = 2,85 \text{ MPa} \quad (82)$$

Betono įtempiai kraštutiniame tariamai gniuždomosios zonos sluoksnyje:

$$\begin{aligned} \sigma_{cp,2} &= \frac{P_{m,1}}{A_{eff}} - \frac{(P_{m,1} \cdot e_{op} - M_d) \cdot (h - y_{sc})}{I_{eff}} = \\ &= \frac{164,6 \cdot 10^3}{0,1565} - \frac{(164,6 \cdot 10^3 \cdot 0,073 - 20,22 \cdot 10^3) \cdot (0,24 - 0,118)}{0,001141} = \\ &= 1,93 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (83)$$

Įtempių nuostoliai tariamai esančioje gniuždomosios zonos armatūroje dėl betono valkšnumo:

$$\sigma_{los9,2} = 150 \cdot \chi \cdot \frac{\sigma_{cp,1}}{f_{cp}} = 150 \cdot 1 \cdot \frac{1,93}{27,75} = 10,43 \text{ MPa} \quad (84)$$

10. Betono glemžimas po spiralinės arba žiedinės armatūros vijomis:

$$\sigma_{los10} = 0 \text{ MPa} \quad (85)$$

11. Sandūrų tarp blokų apgniuždymo deformacijos:

$$\sigma_{los11} = 0 \text{ MPa} \quad (86)$$

Visi armatūros išankstinių įtempimų nuostoliai:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{11} \sigma_{losi} &= \sigma_{los1} + \sigma_{los2} + \sigma_{los6} + \sigma_{los8} + \sigma_{los9} = \\ &= 17,55 + 81,25 + 0,76 + 50 + 2,85 = 152,4 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (87)$$

Apspaudimo jėga, atmetus visus armatūros išankstinio įtempimo nuostolius:

$$\begin{aligned} P_{m,\infty} &= A_{p1} \cdot \left(\sigma_p - \sum_{i=1}^{11} \sigma_{losi} \right) = 3,39 \cdot 10^{-4} \cdot (585 - 152,4) = \\ &= 146,7 \text{ kN} \end{aligned} \quad (88)$$

Apspaudimo jėgos ekscentricitetas:

$$\begin{aligned} e_{pc} &= \frac{A_{p1} \cdot (\sigma_p - \sum_{i=1}^{11} \sigma_{losi}) \cdot e_{0p}}{P_{m,\infty}} = \frac{3,39 \cdot 10^{-4} \cdot (585 - 152,4) \cdot 0,073}{146,7 \cdot 10^3} \\ &= 0,073 \text{ m} \end{aligned} \quad (89)$$

Plokštės normalinio pjūvio stiprumo patikrinimas

Tikrinamas plokštės tarpatramio vidurio normalinio pjūvio stipris, atsižvelgiant į pasirinktą armatūrą ($A_{p1} = 3,39 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$) ir faktiškus armatūros išankstinius įtempimus.

Nustatomas ribinis gniuždomosios betono zonos aukštis:

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{753,3}{500} \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,459 \quad (90)$$

Čia $\sigma_{sc,lim} = 500 \text{ MPa}$ ir $f_{p0,1d} = 780 \text{ MPa}$

$$\omega = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (91)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{s,lim} &= f_{p0,1d} + 400 - \left(\sigma_p - \sum_{i=1}^{11} \sigma_{losi} \right) = \\ &= 780 + 400 - (585 - 152,4) = 747,4 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (92)$$

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_p &= \frac{1500 \cdot (\sigma_p - \sum_{i=1}^{11} \sigma_{losi})}{f_{p0,1d}} - 1200 = \\ &= 1500 \cdot \frac{585 - 152,4}{780} - 1200 = -368 \text{ MPa} < 0 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (93)$$

Todėl priimama, kad $\Delta\sigma_p = 0 \text{ MPa}$.

Darbo sąlygų koeficientas, įvertinantis įtemptosios armatūros stiprumą aukščiau takumo ribos:

$$\begin{aligned} \gamma_{sb} &= \eta - (\eta - 1) \left(2 \cdot \frac{\xi}{\xi_{lim}} - 1 \right) = \\ &= 1,15 - (1,15 - 1) \left(2 \cdot \frac{0,076}{0,459} - 1 \right) = 1,25 > \eta = 1,15 \end{aligned} \quad (94)$$

Priimama, kad $\gamma_{sb} = 1,15$.

Gniuždomosios zonos aukštis $\sum N = 0$:

$$\begin{aligned} x &= \frac{\gamma_{sb} \cdot f_{p0,1d} \cdot A_{p1}}{f_{cd} \cdot b_{eff}} = \frac{1,15 \cdot 780 \cdot 3,39 \cdot 10^{-4}}{18 \cdot 1,14} = 14,8 \cdot 10^{-3} \text{ m} \\ &= 14,8 \text{ mm} < h_{eff} = 45 \text{ mm} \end{aligned} \quad (95)$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{14,8}{195} = 0,076 < \xi_{lim} = 0,459 \quad (96)$$

Plokštės normalinio pjūvio stipris iš $\sum M = 0$:

$$\begin{aligned}
 M_{Rd} &= \gamma_{sb} \cdot f_{p0,1d} \cdot A_{p1} \cdot (d - 0,5 \cdot x) = \\
 &= 1,15 \cdot 780 \cdot 10^3 \cdot 3,39 \cdot 10^{-4} \cdot (0,195 - 0,5 \cdot 0,015) = \\
 &= 57,02 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{Ed} = 54,23 \text{ kN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}
 \tag{97}$$

Plokštės normalinio pjūvio stipris yra pakankamas.

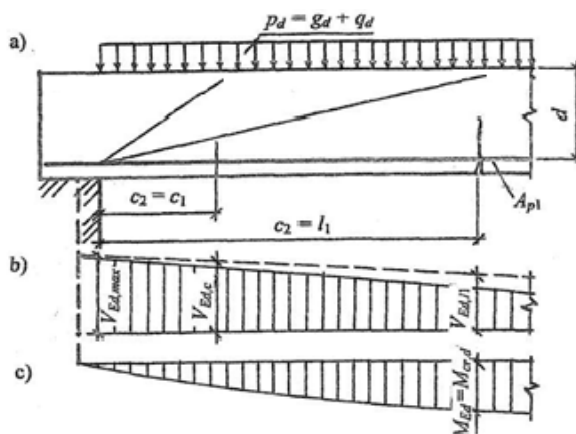
Plokštės įstrižųjų pjūvių stiprumo skersinių jėgų atžvilgiu skaičiavimas

Kiaurymėtosios plokštės skaičiuojamasis tarpatramis – $l_{eff} = 7,09 \text{ m}$. Betonas normalusis, C30/37 klasės: $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$, $f_{cd} = 18 \text{ MPa}$, $f_{ctk,0,05} = 2,0 \text{ MPa}$, $f_{ctd} = 1,2 \text{ MPa}$. Išankstinio įtempimo (apspaudimo) jėga įvertinus visus įtempių nuostolius – $P_{m,\infty} = 146,7 \text{ kN}$, jos ekscentricitetas – $e_{pc} = 0,073 \text{ m}$.

Plokštės charakteristikos: $A_{eff} = 0,1565 \text{ m}^2$, atstumas nuo skerspjūvio svorio centro iki plokštės apačios – $y_{sc} = 0,118 \text{ m}$, inercijos momentas skerspjūvio centro atžvilgiu – $I_{eff} = 0,001141 \text{ m}^4$, atsparumo momentai – $W_{eff1} = 0,00967 \text{ m}^3$, $W_{eff2} = 0,00935 \text{ m}^3$, $W_{pl1} = 0,01451 \text{ m}^3$, $W_{pl2} = 0,01403 \text{ m}^3$.

Skaičiuotinis nuolatinės apkrovos nuo plokštės ir grindų svorio poveikis – $g_d = 4,59 \text{ kN/m}^2$, skaičiuojamoji kintama apkrova – $q_d = 2,6 \text{ kN/m}^2$.

Atliekamas plokštės skerspjūvio pločio skaičiavimas: $b_n = 1,2 \text{ m}$, $b_w = 0,33 \text{ m}$, $d = 0,195 \text{ m}$.



13 pav. Elemento be normalinių plyšių l1 ruožo nuo atramos taško: a) apkrovimo schema ir skaičiuotiniai įstrižieji pjūviai; b) skersinių jėgų diagramos; c) lenkimo momentų diagramos

Apkrovų poveikiai 1,2 m pločio plokštės ruožui:

- nuo visų apkrovų:

$$p_d = (g_d + q_d) \cdot b_n = (4,59 + 2,6) \cdot 1,2 = 8,63 \text{ kN/m} \quad (98)$$

- nuo nuolatinės ir ekvivalentiškos laikinosios apkrovos:

$$p_{eff,d} = \left(g_d + \frac{q_d}{2} \right) \cdot b_n = \left(4,59 + \frac{2,6}{2} \right) \cdot 1,2 = 7,07 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (99)$$

Didžiausia skersinė jėga pjūvyje prie atramos nuo visų apkrovų poveikio:

$$V_{Ed,max} = p_d \cdot \frac{l_{eff}}{2} = 8,63 \cdot \frac{7,09}{2} = 30,59 \text{ kN} \quad (100)$$

Tikrinama, ar plokštė atitinka elemento be skersinės armatūros stiprumo sąlygą:

$$\begin{aligned} 2,5 \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d &= 2,5 \cdot 1,2 \cdot 10^3 \cdot 0,33 \cdot 0,195 = 193,05 \text{ kN} \geq \\ &\geq V_{Ed,max} = 30,59 \text{ kN} \end{aligned} \quad (101)$$

Elementas sąlygą atitinka.

Apskaičiuojami normaliniai betono įtempiai ties elemento skerspjūvio svorio centru:

$$\begin{aligned} \sigma_x = \sigma_c &= \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} = \frac{P_{m,\infty}}{A_{eff}} = \frac{146,7 \cdot 10^{-3}}{0,1565} = 0,94 \text{ MPa} < \\ &< 0,5 \cdot f_{cd} = 0,5 \cdot 18 = 9 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (102)$$

Sąlygos tikrinti nereikia.

Plokštės įstrižojo pjūvio stiprumas tikrinamas imant c , bet ne daugiau nei $c_{max} = 2 \cdot d = 2 \cdot 0,195 = 0,39 \text{ m}$.

Koeficientas φ_n :

$$\varphi_n = \frac{0,1 \cdot P_{m,\infty}}{f_{ctd} \cdot b_w \cdot d} = \frac{0,1 \cdot 146,7}{1,2 \cdot 0,33 \cdot 0,195 \cdot 10^3} = 0,19 < 0,5 \quad (103)$$

Kadangi naudojamas normalaus svorio betonas, tai $\varphi_{c3} = 0,6$; $\varphi_{c4} = 1,5$.

$$\begin{aligned} M_{c4} &= \varphi_{c4} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d^2 = \\ &= 1,5 \cdot (1 + 0,19) \cdot 1,2 \cdot 10^3 \cdot 0,33 \cdot 0,195^2 = 26,88 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned} \quad (104)$$

$$\begin{aligned}
 V_{Rd,c,min} &= \varphi_{c3} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d = \\
 &= 0,6 \cdot (1 + 0,19) \cdot 1,2 \cdot 10^3 \cdot 0,33 \cdot 0,195 = 55,14 \text{ kN}
 \end{aligned}
 \tag{105}$$

$$c = \frac{M_{c4}}{V_{Ed,max}} = \frac{26,88}{30,59} = 0,88 > c_{max} = 0,39 \text{ m}
 \tag{106}$$

Priimama, kad $c = c_{max} = 0,39 \text{ m}$.

$$V_{Rd,c} = \frac{M_{c4}}{c} = \frac{26,88}{0,35} = 76,8 \text{ kN}
 \tag{107}$$

$$V_{Rd,c} = 76,8 \text{ kN} > V_{Rd,c,min} = 55,14 \text{ kN}
 \tag{108}$$

Sąlyga tenkinama.

$$V_{Ed} = V_{Ed,max} - p_{eff,d} \cdot c = 30,59 - 7,07 \cdot 0,35 = 28,12 \text{ kN}
 \tag{109}$$

$$V_{Ed} = 28,12 \text{ kN} \leq V_{Rd,c} = 55,14 \text{ kN}
 \tag{110}$$

Sąlyga tenkinama.

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

$$\begin{aligned}
 s_{eff} &= 0,5 \cdot b_{eff} \cdot (h - y_{sc})^2 - \frac{n_k \cdot \phi_k^3}{12} = \\
 &= 0,5 \cdot 1,14 \cdot (0,24 - 0,118)^2 - \frac{3 \cdot 0,12^3}{12} = 0,00805 \text{ m}^3
 \end{aligned}
 \tag{111}$$

$$\tau_{xy,Rd} = f_{ctd} \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma_x}{f_{ctd}}} = 1,2 \cdot \sqrt{1 + \frac{1,04}{1,2}} = 1,64 \text{ MPa}
 \tag{112}$$

Tikrinant taikoma ši formulė:

$$\gamma_{mc,lim} = 1 - 0,2 - \alpha \cdot f_{ck,cube} = 1 - 0,2 - 0,01 \cdot 37 = 0,43
 \tag{113}$$

Čia α – koeficientas, sunkiajam betonui $\alpha = 0,01$.

Ribinė kerpamojo įtempio reikšmė:

$$\begin{aligned}\tau_{xy,lim} &= f_{cd} \cdot \sqrt{\gamma_{mc,lim} \left(\gamma_{mc,lim} - \frac{\sigma_x}{f_{cd}} \right)} = \\ &= 18 \cdot \sqrt{0,43 \left(0,43 - \frac{1,04}{18} \right)} = 7,20 \text{ MPa} > \tau_{xy,Rd} = 1,64 \text{ MPa}\end{aligned}\quad (114)$$

Įtempiai $\tau_{xy,Rd}$ apskaičiuoti teisingai.

Įstrižuosius plyšius sukiantį kerpamoji jėga:

$$\begin{aligned}V_{cr,d} &= b_w \cdot \left(\frac{I_{eff}}{S_{eff}} \right) \cdot \tau_{xy,Rd} = 0,33 \cdot \left(\frac{0,001141}{0,00805} \right) \cdot 1,64 \cdot 10^3 \\ &= 76,71 \text{ kN}\end{aligned}\quad (115)$$

Apskaičiuojamas įstrižojo pjūvio projekcijos ilgis:

$$c = \frac{M_{c4}}{V_{cr,d}} = \frac{26,88}{76,71} = 0,350 \text{ m}\quad (116)$$

$$c = 0,350 \text{ m} < c_{max} = 2 \cdot d = 2 \cdot 0,195 = 0,39 \text{ m}\quad (117)$$

Tikrinama įstrižųjų pjūvių atsparumo pleišėjimui sąlyga pjūviui ($c = c_{max} = 0,35 \text{ m}$):

$$\begin{aligned}V_{Ed} &= V_{Ed,max} - c \cdot p_{eff,d} = 30,59 - 0,35 \cdot 7,07 = \\ &= 28,12 \text{ kN} < V_{cr,d} = 76,71 \text{ kN}\end{aligned}\quad (118)$$

Abi sąlygos tenkinamos, todėl plokštės nereikia armuoti skersine armatūra.

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

$$\begin{aligned}V_{Ed,max} &= \sqrt{M_{c4} \cdot p_{eff,d}} = \sqrt{26,88 \cdot 7,07} = \\ &= 13,79 \text{ kN} < V_{Rd,c,min} = 55,14 \text{ kN}\end{aligned}\quad (119)$$

Taigi sąlyga $V_{Ed,max} < V_{Rd,c,min}$ yra tenkinama, todėl ir pagal šį skaičiavimą plokštės armuoti skersine armatūra nereikia.

Plokštės naudojimo situacijos tinkamumo ribinių būvių skaičiavimas

Normalinių plyšių atsiradimas.

Plokštę veikiančių apkrovų poveikių charakteristinės ir skaičiuotinės reikšmės:

- plokštės savojo svorio charakteristinės apkrovos poveikis:

$$g_{d1} = g_{k1} \cdot b_n = 2,6 \cdot 1,2 = 3,12 \text{ kN/m} \quad (120)$$

- nuolatinės apkrovos (su grindų konstrukcija):

$$g_d = g_k \cdot b_n = 3,46 \cdot 1,2 = 4,15 \text{ kN/m} \quad (121)$$

- naudojimo apkrovos poveikis:

$$q_d = q_{k,perd} \cdot b_n = 2 \cdot 1,2 = 2,4 \text{ kN/m} \quad (122)$$

- naudojimo apkrovos tariamai nuolatinės dalies poveikis:

$$q_{d,lt} = q_{k,lt} = \Psi_2 \cdot q_{k,perd} \cdot b_n = 0,6 \cdot 2 \cdot 1,2 = 1,4 \text{ kN/m} \quad (123)$$

Čia $\Psi_2 = 0,6$ ^[30]

Visos apkrovos poveikis:

$$p_d = p_k = g_d + q_d = 4,15 + 2,4 = 6,55 \text{ kN/m} \quad (124)$$

Nuolatinės ir tariamai nuolatinės apkrovų poveikiai:

$$p_{gd} = p_{gk} = g_d + q_{d,lt} = 4,15 + 1,4 = 5,55 \text{ kN/m} \quad (125)$$

Plokštės įrašos (poveikių efektai):

- lenkimo momentai:

$$M_{Ed} = \frac{p_d \cdot l_{eff}^2}{8} = \frac{6,55 \cdot 7,09^2}{8} = 41,16 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (126)$$

$$M_{Egd} = \frac{p_{gd} \cdot l_{eff}^2}{8} = \frac{5,55 \cdot 7,09^2}{8} = 34,87 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (127)$$

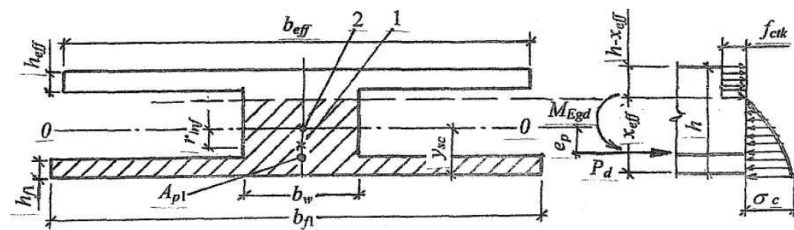
$$M_{Eggd} = \frac{g_{d1} \cdot l_{eff}^2}{8} = \frac{3,12 \cdot 7,09^2}{8} = 19,61 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (128)$$

- skersinės jėgos:

$$V_{Ed} = \frac{p_d \cdot l_{eff}}{2} = \frac{6,55 \cdot 7,09}{2} = 23,22 \text{ kN} \quad (129)$$

$$V_{Egd} = \frac{p_{gd} \cdot l_{eff}}{2} = \frac{5,55 \cdot 7,09}{2} = 19,68 \text{ kN} \quad (130)$$

Įtempių būvis normalinių plyšių susidarymo momentu parodytas 14 pav.



14 pav. Įtempių būvis skaičiuojant plokštę normalinių plyšių atsiradimui naudojimo metu: 1 – ekvivalentiško skerspjūvio svorio centras; 2 – skerspjūvio branduolio taškas

Plokštės viršuje gamybos metu plyšių neatsiras, todėl koeficientas $\lambda = 0$. Vidutinė betono apspaudimo jėga įvertinus visus įtempimų nuostolius – $P_{m,\infty} = 146,7 \text{ kN}$.

Betono apspaudimo jėga tinkamumo ribiniam būviui:

$$P_{d,sup} = P_{m,\infty} \cdot \gamma_{sp} = 146,7 \cdot 1,1 = 161,37 \text{ kN} \quad (131)$$

$$P_{d,inf} = P_{m,\infty} \cdot \gamma_{sp} = 146,7 \cdot 0,9 = 132,03 \text{ kN} \quad (132)$$

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

$$\begin{aligned}\sigma_{c,max} &= \frac{P_{d,inf}}{A_{eff}} - \frac{P_{d,inf} \cdot e_p \cdot (h - y_{sc})}{I_{eff}} + \frac{M_{Ed} \cdot (h - y_{sc})}{I_{eff}} = \\ &= \frac{132,03}{0,1565} - \frac{132,03 \cdot 0,073 \cdot (0,24 - 0,118)}{0,001141} + \frac{41,16 \cdot (0,24 - 0,118)}{0,001141} = \\ &= 4,21 \text{ MPa}\end{aligned}\quad (133)$$

Koeficientas φ :

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{c,max}}{f_{ck}} = 1,6 - \frac{4,21}{30} = 1,46 > 1 \quad (134)$$

Primama, kad $\varphi = 1$.

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

$$r_{sup} = \varphi \cdot \frac{W_{eff1}}{A_{eff}} = 1 \cdot \frac{0,00967}{0,1565} = 0,062 \text{ m} \quad (135)$$

Plyšių atsiradimo momentas:

$$\begin{aligned}M_{cr} &= f_{ctk} \cdot W_{pl1} + P_{d,inf} \cdot (e_p + r_{sup}) = \\ &= 2 \cdot 0,01451 \cdot 10^3 + 132,03 \cdot (0,073 + 0,062) = 48,83 \text{ kN} \cdot \text{m}\end{aligned}\quad (136)$$

$$M_{cr} = 48,83 > M_{Ed} = 41,16 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (137)$$

Naudojimo situacijos metu plokštės apačioje neatsiras statmenųjų (normalinių) plyšių.

Įstrižųjų plyšių skaičiavimas

Anksčiau buvo apskaičiuota, jog mažiausia skersinė jėga, kurią atlaiko betonas, yra $V_{Rd,c,min} = 55,14 \text{ kN}$.

Tikriname sąlygą, ar reikia skaičiuoti įstrižuosius plyšius:

$$V_{Ed} = 23,22 \text{ kN} < V_{Rd,c,min} = 55,14 \text{ kN} \quad (138)$$

Sąlyga tenkinama, todėl plokštėje įstrižųjų plyšių neatsiras.

Plokštės įlinkis

Kadangi plokštėje naudojimo metu neatsiras normalinių plyšių ($M_{Ed} < M_{cr}$), tad jo suminis kreivis apskaičiuojamas:

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4 \quad (139)$$

Čia $\left(\frac{1}{r}\right)_1$ – kreivis nuo kintamųjų poveikių (trumpalaikės dalies), apskaičiuojamas pagal kintamąją apkrovą, padaugintą iš 0,4; $\left(\frac{1}{r}\right)_2$ – kreivis nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių, neįvertinant išankstinio apspaudimo poveikio $P_{m,\infty}$; $\left(\frac{1}{r}\right)_3$ – kreivis dėl elemento išlinkio nuo išankstinio apspaudimo poveikio P_{m0} esant trumpalaikiai skaičiuotinei situacijai; $\left(\frac{1}{r}\right)_4$ – kreivis dėl elemento išlinkio, kurį sukelia betono susitraukimas ir valkšnumas nuo išankstinio apspaudimo poveikio $P_{m,\infty}$.

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

- lenkimo momentas nuo kintamojo poveikio (trumpalaikės dalies):

$$M_{Egd} = 0,4 \cdot \frac{q_d \cdot l_{eff}^2}{8} = 0,4 \cdot \frac{4,15 \cdot 7,09^2}{8} = 10,43 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (140)$$

- lenkimo momentas nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių:

$$M_{Egd} = \frac{p_{gd} \cdot l_{eff}^2}{8} = \frac{5,55 \cdot 7,09^2}{8} = 34,87 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (141)$$

Plokštės kreivis $\left(\frac{1}{r}\right)_1$:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M_{Egd}}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{eff}} = \frac{10,43 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 32 \cdot 10^9 \cdot 0,001141} = 0,336 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1} \quad (142)$$

Čia $\varphi_{c1} = 0,85$ – sunkiajam betonui

Plokštės kreivis $\left(\frac{1}{r}\right)_2$:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{M_{Egd} \cdot \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{eff}} = \frac{34,87 \cdot 10^3 \cdot 2}{0,85 \cdot 32 \cdot 10^9 \cdot 0,001141} = 2,247 \cdot 10^{-3} m^{-1} \quad (143)$$

Čia $\varphi_{c2} = 2,0$ – sunkiajam betonui, kai aplinkos drėgmė 50 %.

Plokštės kreivis $\left(\frac{1}{r}\right)_3$ dėl elemento išlinkio dėl $P_{m,\infty}$ poveikio:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{P_{m,\infty} \cdot e_p}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{eff}} = \frac{146,7 \cdot 10^3 \cdot 0,073}{0,85 \cdot 32 \cdot 10^9 \cdot 0,001141} = 0,345 \cdot 10^{-3} m^{-1} \quad (144)$$

Kreivis $\left(\frac{1}{r}\right)_4$ dėl elemento išlinkio, kurį sukelia betono susitraukimas ir valkšnumas nuo išankstinio apspaudimo poveikio $P_{m,\infty}$:

$$\sigma_{c1} = \sigma_{los6} + \sigma_{los8} + \sigma_{los9} = 0,76 + 50 + 2,85 = 53,61 MPa \quad (145)$$

$$\varepsilon_{c1} = \frac{\sigma_{c1}}{E_s} = \frac{53,61}{205 \cdot 10^3} = 0,262 \cdot 10^{-3} \quad (146)$$

$$\sigma_{c2} = \sigma_{los6,2} + \sigma_{los8} + \sigma_{los9,2} = 2,78 + 50 + 10,43 = 63,21 MPa \quad (147)$$

$$\varepsilon_{c2} = \frac{\sigma_{c2}}{E_s} = \frac{63,21}{205 \cdot 10^3} = 0,308 \cdot 10^{-3} \quad (148)$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{(\varepsilon_{c1} - \varepsilon_{c2})}{d} = \frac{(0,292 - 0,308)}{0,195} = -0,082 \cdot 10^{-3} m^{-1} \quad (149)$$

Suminis plokštės kreivis:

$$\frac{1}{r} = (0,34 + 2,25 - 0,35 - (-0,08)) \cdot 10^{-3} = 2,32 \cdot 10^{-3} m^{-1} \quad (150)$$

Kiaurymėtos perdangos plokštės įlinkis:

$$d = \frac{1}{r} \cdot \frac{5}{48} \cdot l_{eff}^2 = 2,32 \cdot \frac{5}{48} \cdot 7,09^2 = 12,2 mm \quad (151)$$

Plokštės ribinis įlinkis:

$$d_{max} = \frac{l_{eff}}{200 + \frac{1200}{6000} \cdot 50} = \frac{7090}{192,5} = 33,8 \text{ mm}^{[30 \text{ lent. 17.1}]} \quad (152)$$

Tikrinamas ribinis įlinkis:

$$d = 12,2 \text{ mm} < d_{max} = 33,8 \text{ mm} \quad (153)$$

Sąlyga tenkinama, apskaičiuotas plokštės įlinkis neviršija ribinio įlinkio.

Skaičiuojant remtasi T. Lisausko magistriniu darbu^[16].

3.3. Surenkamos rėmsijės projektavimas

Surenkamos rėmsijės pradiniai duomenys

Projektuojamos surenkamos rėmsijės ilgis yra 5,06 m. Pastato aplinkos klasė – X0. Surenkama rėmsijė gaminama iš normaliojo C50/60 klasės betono. Gaminys kietėja normaliomis sąlygomis. Viršutinėje sijos dalyje konstrukciškai dedama neįtemptoji armatūra. Viršuje – 3Ø12 (S400), apačioje – 3Ø12 (S400).

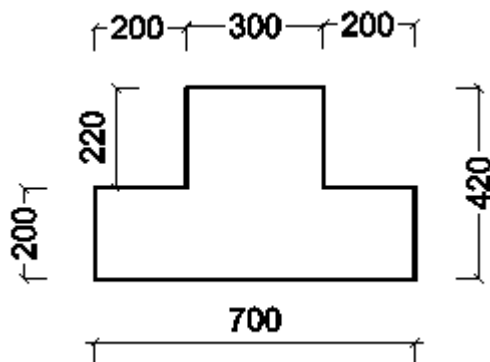
Rėmsijei leidžiami betono plyšiai, kurių ribinės pločių atsivėrimo reikšmės: trumpalaikio atsivėrimo – $w_{lim1} = 0,20 \text{ mm}$, ilgalaikio atsivėrimo – $w_{lim2} = 0,10 \text{ mm}$.^[31 24 lent.]

Gelžbetoninės rėmsijės skerspjūvio aukštis yra $h = 0,42 \text{ m}$. Skerspjūvio naudingasis aukštis:

$$d = h - a_1 = 0,42 - 0,085 = 0,335 \text{ m} \quad (154)$$

Čia a_1 – apsauginis armatūros sluoksnis.

Skerspjūvio plotis – $b = 300 \text{ mm}$. Kiti rėmsijės skerspjūvio matmenys parodyti 15 pav.



15 pav. Rėmsijės skerspjūvio matmenys

Rėmsijės naudojimo situacijos saugos ribinio būvio skaičiavimas

4 lentelė. Perdangos apkrovos

Eil. nr.	Perdangos elementai ir storis	Vienetinis svoris γ , kN/m^3	Charakteristinė apkrova, kN/m^2	Patikimumo koef. γ	Skaičiuotinė apkrova, kN/m^2	
1.	Keraminės plytelės – 13 mm	17	0,22	1,35	0,30	
2.	Betono sluoksnis – 60 mm	20	0,51	1,35	0,69	
3.	Putų polistirolas – 50 mm	0.3	0,13	1,35	0,18	
4.	Gelžbetoninė plokštė	25	2,60	1,35	3,51	
	Viso:	-	$\sum g_{k,perd}$	3,46	$\sum g_{d,perd}$	4,59

Suminė nuolatinė charakteristinė apkrova nuo perdangos – $\sum g_{k,ryg} = 3,46 kN/m^2$.

Charakteristinė kintamoji apkrova – $q_{k,ryg} = 2,0 kN/m^2$.

Rėmsijės betono svoris yra $28 kN/m^3$ ^[30 p. 490], jos skerspjūvio plotas $\sum A_{ryg} = 0.3 \cdot 0.42 + 2 \cdot 0.2 \cdot 0.2 = 0.206 m^2$. Kolonų išdėstymo žingsnis – 7,2 m. Rėmsijės savojo svorio apkrova į tiesinį metrą – $g_{ryg} = 5,77 kN/m$.

Apkrova į tiesinį metrą nuo nuolatinės apkrovos:

$$g_k = g_{k,ryg} \cdot s + g_{ryg} = 3,46 \cdot 7,2 + 5,77 = 30,68 kN/m \quad (155)$$

Čia s – kolonų žingnis.

Apkrova į tiesinį metrą nuo kintamos apkrovos:

$$q_k = q_{k,ryg} \cdot s = 2 \cdot 7,2 = 14,4 kN/m \quad (156)$$

Skaičiuotinės reikšmės nuo nuolatinių ir kitamų apkrovų – $g_d = 41,42 kN/m$, $q_d = 39 kN/m$.

Suminė apkrova į tiesinį metrą:

$$p_d = g_d + q_d = 41,42 + 14,4 = 55,82 kN/m \quad (157)$$

Rėmsijės tarpatramio skaičiuojamasis ilgis:

$$l_{eff} = l_k - c = 5060 - 200 = 4860 mm \quad (158)$$

Lenkimo momentas rėmsijės tarpatramyje nuo suminio poveikio:

$$M_{Ed} = \frac{p_d \cdot l_{eff}^2}{8} = \frac{55,82 \cdot 4,86^2}{8} = 164,81 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (159)$$

Didžiausia skersinė jėga:

$$V_{Ed} = \frac{p_d \cdot l_{eff}}{2} = \frac{55,82 \cdot 4,86}{2} = 135,64 \text{ kN} \quad (160)$$

Betono ir armatūros savybių rodikliai

Normaliojo C50/60 stiprio gniuždant klasės betono mechaninių savybių rodikliai ^[31 5 lent.]:
 $f_{ck} = 50 \text{ MPa}$, $f_{ck,cube} = 60 \text{ MPa}$, $f_{ctk,0,05} = 2,9 \text{ MPa}$, $E_{cm} = 37 \text{ GPa}$.

Betono apspaudimo stipris:

$$f_{cp} = 0,75 \cdot f_{ck,cube} = 0,75 \cdot 60 = 45,0 \text{ MPa} \quad (161)$$

Skaičiuotinis stipris gniuždant:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_c \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1 \cdot \frac{50}{1,5} = 30 \text{ MPa} \quad (162)$$

Skaičiuotinis stipris tempiant:

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1 \cdot \frac{2,9}{1,5} = 1,74 \text{ MPa} \quad (163)$$

Skersinė armatūra – S240, kurios $f_{ywd} = 174 \text{ MPa}$. Išilginė neįtemptoji armatūra – S400, kurios $f_{yd} = 365 \text{ MPa}$, $E_{sm} = 200 \text{ GPa}$.

Išilginės armatūros skaičiavimas

Koeficientas μ_{Eds} :

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{164,81 \cdot 10^{-3}}{30 \cdot 0,3 \cdot 0,335^2} = 0,163 \quad (164)$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Eds}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,163} = 0,179 \leq \xi_{lim} = 0,363^{[14 \ 8 \ \text{priedas}]} \quad (165)$$

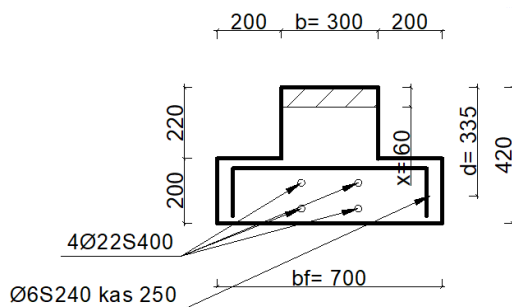
Gniuždomos zonos aukštis:

$$x = \xi \cdot d = 0,179 \cdot 0,335 = 60 \text{ mm} \quad (166)$$

Išilginės armatūros reikiamas skerspjūvio plotas:

$$A_{s1} = \frac{f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot x}{f_{yd}} = \frac{30 \cdot 0,3 \cdot 0,06}{365} \geq 14,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 14,8 \text{ cm}^2 \quad (167)$$

Iš sortimento pasirenkame 4Ø22 S400 armatūrą, kurios $A_{s1} = 15,2 \text{ cm}^2$.



16 pav. Rėmsijės išilginė armatūra

Geometrinių charakteristikų skaičiavimas

Rėmsijės skerspjūvio geometriniai rodikliai apskaičiuoti pagal 16 pav. schemą.

Skerspjūvio plotas:

$$\begin{aligned} A_{eff} &= b_l \cdot h_l + h_{tr} \cdot b + \alpha_{e1} \cdot A_{s1} = \\ &= 0,7 \cdot 0,2 + 0,22 \cdot 0,3 + 5,27 \cdot 15,0 \cdot 10^{-4} + \\ &\quad + 5,41 \cdot 15,2 \cdot 10^{-4} = 0,2142 \text{ m}^2 \end{aligned} \quad (168)$$

Čia

$$\alpha_{e1} = \frac{E_{sm}}{E_{cm}} = \frac{200}{37} = 5,41 \quad (169)$$

Skerspjūvio statinis momentas rėmsijės apatinio sluoksnio atžvilgiu:

$$\begin{aligned} S_{eff} &= b_l \cdot h_l \cdot \frac{h_l}{2} + b \cdot h_{tr} \cdot \frac{h_{tr}}{2} + \alpha_e \cdot A_{s1} \cdot a = \\ &= 0,7 \cdot 0,2 \cdot \frac{0,2}{2} + 0,3 \cdot (0,22) \cdot \frac{0,22}{2} + \\ &5,27 \cdot 15,2 \cdot 10^{-4} \cdot 0,085 = \\ &= 0,022 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad (170)$$

Skerspjūvio svorio centro atstumas nuo rėmsijės apatinio sluoksnio:

$$y_{sc} = \frac{S_{eff}}{A_{eff}} = \frac{0,022}{0,2142} = 0,103 \text{ m} \quad (171)$$

Skerspjūvio inercijos momentas 0-0 ašies atžvilgiu^[14]

$$\begin{aligned} I_{eff} &= \frac{b_l \cdot h_l^3}{12} + \frac{b \cdot h_{tr}^3}{12} + b_l \cdot h_l \cdot (y_{sc} - 0,5 \cdot h_l)^2 + b \cdot h_{tr} \\ &\quad \cdot ((h - y_{sc}) - 0,5 \cdot h_{tr})^2 + \\ &\quad + \alpha_{e1} \cdot A_{s1} \cdot (y_{sc} - a_{s1})^2 = \\ &= \frac{0,7 \cdot 0,2^3}{12} + \frac{0,3 \cdot 0,22^3}{12} + 0,7 \cdot 0,2 \cdot (0,103 - 0,5 \cdot 0,2)^2 + \\ &+ 0,3 \cdot 0,22 \cdot ((0,42 - 0,103) - 0,5 \cdot 0,22)^2 + 5,27 \cdot 15,2 \cdot 10^{-4} \\ &\quad \cdot (0,103 - 0,085)^2 \\ &= 0,003578 \text{ m}^4 \end{aligned} \quad (172)$$

Skerspjūvio atsparumo momentas rėmsijės apatinio sluoksnio atžvilgiu:

$$W_{eff1} = \frac{I_{eff}}{y_{sc}} = \frac{0,003578}{0,103} = 0,0349 \text{ m}^3 \quad (173)$$

Skerspjūvio atsparumo momentas rėmsijės viršutinio sluoksnio atžvilgiu:

$$W_{eff2} = \frac{I_{eff}}{(h - y_{sc})} = \frac{0,03578}{(0,42 - 0,103)} = 0,01127 \text{ m}^3 \quad (174)$$

Skerspjūvio atsparumo momentas, įvertinant betono plastines deformacijas, apskaičiuotas rėmsijės apatinio sluoksnio atžvilgiu:

$$W_{pl1} = \gamma \cdot W_{eff1} = 1,75 \cdot 0,0349 = 0,06108 \text{ m}^3 \quad (175)$$

Viršutinio krašto atžvilgiu:

$$W_{pl2} = \gamma \cdot W_{eff2} = 1,75 \cdot 0,01127 = 0,01972 \text{ m}^3 \quad (176)$$

Čia γ – koeficientas, įvertinantis plastines deformacijas.

$$2 > \frac{b_f}{b} = \frac{700}{300} = 2,33 \quad (177)$$

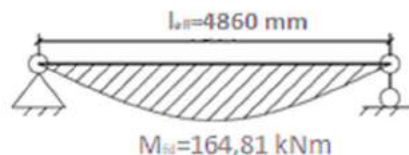
Tikrinama sąlyga:

$$0,2 < \frac{h_{f1}}{h} = \frac{200}{420} = 0,48 \quad (178)$$

Todėl γ priimama 1,75.^[31 p.268]

Rėmsijės normalinio pjūvio stiprumo įvertinimas

Tikrinamas rėmsijės tarpatramio vidurio normalinio pjūvio stipris, atsižvelgiant į pasirinktą armatūrą ($A_{s1} = 15,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$) ir faktiškus armatūros išankstinius įtempimus.



17 pav. Rėmsijės momentų diagrama

Nustatome ribinį gniuždomosios betono zonos aukštį:

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,61}{1 + \frac{365}{500} \left(1 - \frac{0,61}{1,1}\right)} = 0,231 \quad (179)$$

Čia $\sigma_{sc,lim} = 500 \text{ MPa}$

$$\omega = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 30 = 0,61 \quad (180)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{s,lim} &= f_{yd} - \sigma_p = \\ &= 365 - 0 = 365 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (181)$$

$$\xi_{eff} = \frac{f_{yd} \cdot A_{s1}}{f_{cd} \cdot b \cdot d} = \frac{365 \cdot 1520}{30 \cdot 300 \cdot 335} = 0,184 \quad (182)$$

$$\xi_{eff} = 0,184 \leq \xi_{lim} = 0,231 \quad (183)$$

Skerspjūvis nėra perarmuotas:

$$\begin{aligned} x &= \xi_{eff} \cdot d = 0,184 \cdot 0,335 = 0,062 \text{ m} = \\ &= 62 \text{ mm} \end{aligned} \quad (184)$$

Plokštės normalinio pjūvio stipris iš $\sum M = 0$:

$$\begin{aligned} M_{Rd} &= f_{cd} \cdot b \cdot x \cdot (d - 0,5 \cdot x) = \\ &= 30 \cdot 10^3 \cdot 0,3 \cdot 0,062 \cdot (0,335 - 0,5 \cdot 0,062) = \\ &= 168,76 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{Ed} = 164,81 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned} \quad (185)$$

Rėmsijės normalinio pjūvio stipris yra pakankamas.

Rėmsijės įstrižųjų pjūvių stiprumo skersinių jėgų atžvilgiu skaičiavimas

Rėmsijės skaičiuojamasis tarpatramis – $l_{eff} = 4,86 \text{ m}$. Betonas normalusis C50/60 klasės: $f_{ck} = 50 \text{ MPa}$, $f_{cd} = 30 \text{ MPa}$, $f_{ctk,0,05} = 2,9 \text{ MPa}$, $f_{ctd} = 1,74 \text{ MPa}$. Rėmsijės charakteristikos: $A_{eff} = 0,2142 \text{ m}^2$, atstumas nuo skerspjūvio svorio centro iki plokštės apačios – $y_{sc} = 0,103 \text{ m}$, inercijos momentas skerspjūvio centro atžvilgiu – $I_{eff} = 0,001364 \text{ m}^4$,

atsparumo momentai – $W_{eff1} = 0,0349 m^3$, $W_{eff2} = 0,01127 m^3$, $W_{pl1} = 0,06108 m^3$,
 $W_{pl2} = 0,01972 m^3$.

Skaičiuotinas nuolatinės apkrovos nuo plokštės, grindų ir rėmsijės svorio poveikis – $g_d = 41,42 kN/m$, skaičiuojamoji kintama apkrova – $q_d = 18,72 kN/m$.

Atliekamas rėmsijės skerspjūvio pločio skaičiavimas: $b = 0,3 m$ ir $d = 0,335 m$.

Apkrovų poveikiai:

- nuo visų apkrovų:

$$p_d = g_d + q_d = 41,42 + 18,72 = 60,14 kN/m \quad (186)$$

- nuo nuolatinės ir ekvivalentiškos laikinosios apkrovos:

$$p_{eff,d} = g_d + \frac{q_d}{2} = 41,42 + \frac{18,72}{2} = 50,78 \frac{kN}{m} \quad (187)$$

Didžiausia skersinė jėga pjūvyje prie atramos nuo visų apkrovų poveikio:

$$V_{Ed,max} = p_d \cdot \frac{l_{eff}}{2} = 60,14 \cdot \frac{4,86}{2} = 146,14 kN \quad (188)$$

Tikrinama, ar rėmsijė atitinka elemento be skersinės armatūros stiprumo sąlygą:

$$\begin{aligned} 2,5 \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d &= 2,5 \cdot 1,74 \cdot 10^3 \cdot 0,3 \cdot 0,335 = 437,18 kN \\ &\geq V_{Ed,max} = 146,14 kN \end{aligned} \quad (189)$$

Elementas sąlygą atitinka.

Kadangi naudojamas normalaus svorio betonas, tai $\varphi_{c2} = 1,6$; $\varphi_{c3} = 0,48$; $\varphi_{c4} = 1,2$.^{[31 12}

lent.]

$$\begin{aligned} M_{c2} &= \varphi_{c2} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d^2 = \\ &= 1,6 \cdot (1 + 0) \cdot 1,74 \cdot 10^3 \cdot 0,3 \cdot 0,335^2 = 93,73 kN \cdot m \end{aligned} \quad (190)$$

Čia $\varphi_n = 0$, kadangi nėra įtemptos armatūros.

Skerspjūvio atlaikymo jėga $V_{Rd,c1}$:

$$V_{Rd,c1} = 2 \cdot \sqrt{M_{c2} \cdot p_{eff,d}} = 2 \cdot \sqrt{93,73 \cdot 50,78} = 137,98 \text{ kN} \quad (191)$$

Tikriname sąlygą:

$$V_{Rd,c1} = 137,98 \text{ kN} < V_{Ed,max} = 146,14 \text{ kN} \quad (192)$$

Sąlyga netenkinama, skaičiuojama skersinė armatūra.

Primame:

$$c_1 = c_0 = 700 \text{ mm} > 2d = 670 \text{ mm} \quad (193)$$

$$k_1 = \frac{V_{Ed,max} - V_{Rd,c1}}{V_{Rd,c1}} = \frac{146,14 - 137,98}{137,98} = 0,06 \quad (194)$$

$$\begin{aligned} V_{Rd,c,min} &= \varphi_3 \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d \\ &= 0,48 \cdot (1 + 0) \cdot 1,74 \cdot 10^3 \cdot 0,3 \cdot 0,335 = 83,94 \text{ kN} \end{aligned} \quad (195)$$

$$k_{01} = \frac{V_{Rd,c,min}}{V_{Rd,c1}} \cdot \frac{c_0}{2d} = \frac{83,94}{137,98} \cdot \frac{0,7}{2 \cdot 0,335} = 0,636 \quad (196)$$

Kadangi $k_1=0,06 < k_{01}=0,636$, tai pagal 6.42^[31]

$$v_{sw} = \frac{V_{Ed,max}}{c_0} \cdot \frac{k_{01}}{k_{01} + 1} = \frac{146,14}{700} \cdot \frac{0,636}{0,636 + 1} = 81 \text{ N/mm} \quad (197)$$

$$\frac{A_{sw}}{s_{sw}} = \frac{v_{sw}}{f_{ywd}} = \frac{81}{174} = 0,466 \quad (198)$$

Čia $f_{ywd}=174 \text{ N/mm}^2$ armatūrai S240

Parenkame dviejų šakų Ø8 sankabos žingsniu kas 200 mm su $A_{sw}/s_{sw}=0,505 \text{ mm}$ ^[31 13 lent.]

Rėmsijės įlinkis

Tikrinama, ar rėmsijėje neatsiras normalinių plyšių.

Plyšių atsiradimo momentas:

$$\begin{aligned}
 M_{crc} &= f_{ctk} \cdot W_{pl1} = \\
 &= 2,9 \cdot 0,06108 \cdot 10^3 = 177,14 \text{ kN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}
 \tag{199}$$

$$M_{crc} = 177,14 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{Ed} = 164,81 \text{ kN} \cdot \text{m} \tag{200}$$

Kadangi rėmsijėje naudojimo metu normalinių plyšių ($M_{Ed} < M_{cr}$) *neatsivers*, tai jo suminis kreivis apskaičiuojamas:

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 \tag{201}$$

Čia $\left(\frac{1}{r}\right)_1$ – kreivis nuo kintamųjų poveikių (trumpalaikės dalies), apskaičiuojamas pagal kintamą apkrovą, $\left(\frac{1}{r}\right)_2$ – kreivis nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių. Apkrovų poveikių efektai (įrašos), reikalingi plokštės kreiviams apskaičiuoti:

- lenkimo momentas nuo kintamojo poveikio:

$$\begin{aligned}
 M_{Eqd} &= \frac{(1 - \Psi_2) \cdot q_d \cdot l_{eff}^2}{8} = \frac{(1 - 0,3) \cdot 18,72 \cdot 4,86^2}{8} \\
 &= 38,69 \text{ kN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}
 \tag{202}$$

Čia $\Psi_2=0, \varphi$

- lenkimo momentas nuo nuolatinio ir tariamai nuolatinio poveikio:

$$M_{Egd} = \frac{p_{gd} \cdot l_{eff}^2}{8} = \frac{50,06 \cdot 4,86^2}{8} = 147,80 \text{ kN} \cdot \text{m} \tag{203}$$

Čia $p_{gd}=g_d+\Psi q_k=41,42+0,6 \cdot 14,4=50,06 \text{ kN/m}$

Rėmsijės kreivis $\left(\frac{1}{r}\right)_1$:

$$\begin{aligned}
 \left(\frac{1}{r}\right)_1 &= \frac{M_{Eqd}}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{eff}} = \frac{38,69}{0,85 \cdot 37 \cdot 10^6 \cdot 0,00358} \\
 &= 3,438 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}
 \end{aligned}
 \tag{204}$$

Rėmsijės kreivis $\left(\frac{1}{r}\right)_2$:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{M_{Egd} \cdot \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{eff}} = \frac{147,80 \cdot 2}{0,85 \cdot 37 \cdot 10^6 \cdot 0,00358} \quad (205)$$

$$= 2,627 \cdot 10^{-3} m^{-1}$$

Suminis kreivis:

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 = 3,438 \cdot 10^{-4} + 2,627 \cdot 10^{-3} = 2,927 \cdot 10^{-3} mm \quad (206)$$

Rėmsijės įlinkis:

$$d = \frac{1}{r} \cdot \frac{5}{48} \cdot l_{eff}^2 = 2,927 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{5}{48} \cdot 4,86^2 = 7,31 \cdot 10^{-3} m \quad (207)$$

$$= 7,31 mm$$

Rėmsijės ribinis įlinkis:

$$d_{max} = \frac{l_{eff}}{200} = \frac{4860}{200} = 24,3 mm \quad (208)$$

Tikrinamas ribinis įlinkis:

$$d = 7,31 mm < d_{max} = 24,3 mm \quad (209)$$

Sąlyga tenkinama, apskaičiuotas rėmsijės įlinkis neviršija ribinio įlinkio.

3.4. Kolonos skaičiavimas

Norint įsitikinti, kad parinkta kolona atlaikys apkrovas, reikia atlikti konstrukcinius skaičiavimus. Skaičiavimai atliekami remiantis projektavimo statybos taisyklių bei poveikių ir apkrovų reglamentais.

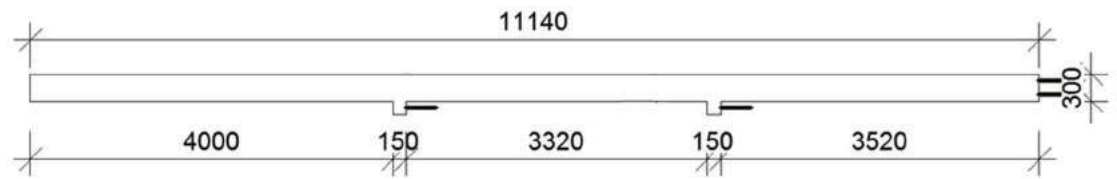
Skaičiuojama gelžbetoninė kolona ašyje B-B 2-2:

Kolonos skerspjūvis – 0,3x0,3 m;

Kolonos ilgis – 11,14 m;

Betonas C 35/45;

Armatūra S 500.

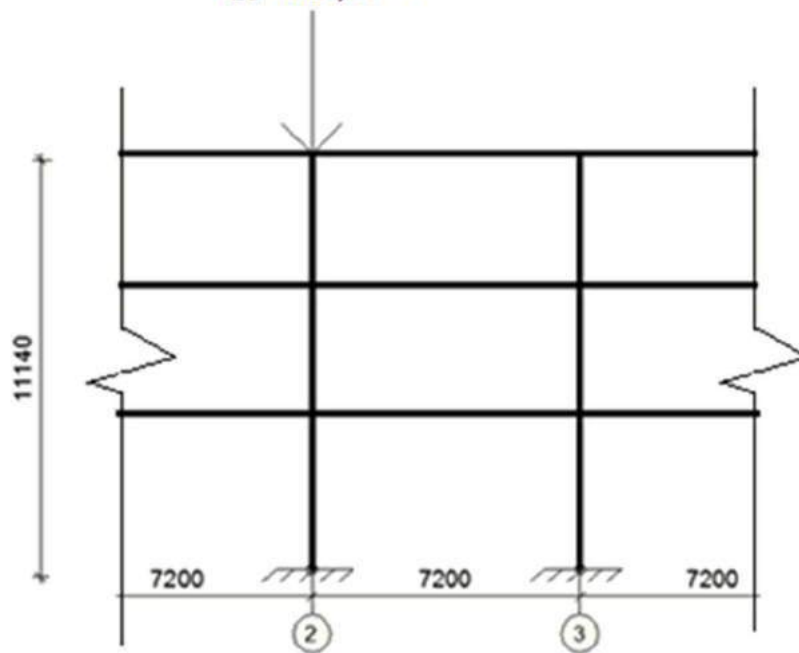


18 pav. Kolonos matmenys

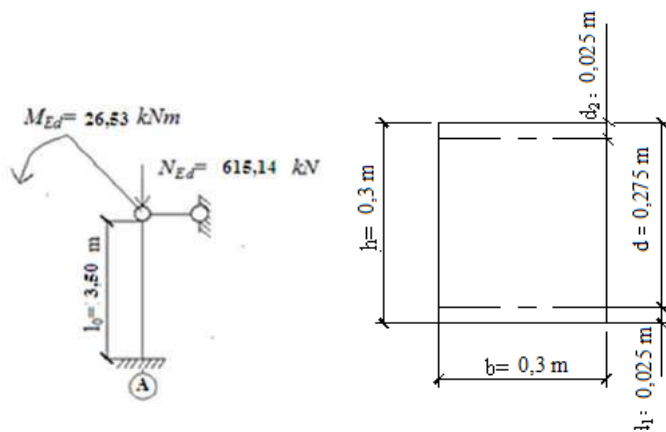
5 lentelė. Apkrovos, veikiančios koloną

Apkrova į koloną	
Veiksny	Reikšmė kN/m ²
Nuolatinės	1,8
Savasis svoris	2,4
Perdangos svoris	4,2
Kintamos naudojimo	2,0

$$N_{Ed} = 615,14 \text{ kN}$$



19 pav. Pastato schema



20 pav. Skaičiuojamoji schema

Kolonos savojo svorio jėga:

$$N_{Kl} = b \cdot h \cdot L \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 0,3 \cdot 0,3 \cdot 11,14 \cdot 25 = 25,06 \text{ kN} \quad (210)$$

Rėmsijės savas svoris:

$$N_{Kl} = A_r \cdot L \cdot 24 \text{ kN/m}^3 = 0,2142 \cdot 5,4 \cdot 25 = 28,92 \text{ kN} \quad (211)$$

Plotas tenkantis kolonai A ir 2 ašyse:

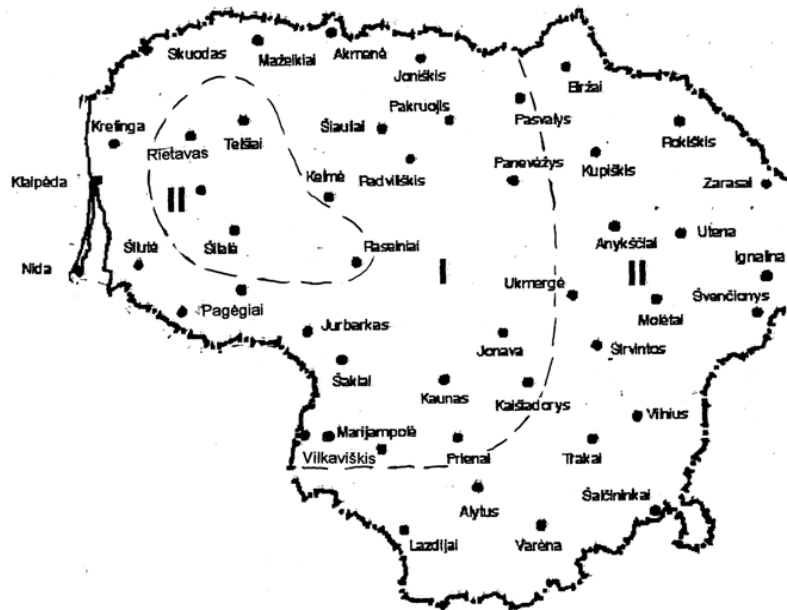
$$A = 7,2 \text{ m} \cdot 2,7 \text{ m} = 19,44 \text{ m}^2 \quad (212)$$

Koloną veikianti gniūždymo jėga:

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= A \cdot (3 \cdot g_{k,p} \cdot \gamma_G + 3 \cdot q_k \cdot \gamma_Q + s_k \cdot \gamma_Q) + N_{Kl} \cdot \gamma_G + 3 \cdot \frac{1}{2} N_r \cdot \gamma_G \\ &= 19,44 \cdot (3 \cdot 4,2 \cdot 1,35 + 3 \cdot 2 \cdot 1,35) + 25,06 \cdot 1,35 + 3 \\ &\quad \cdot \frac{1}{2} \cdot 28,92 = 615,14 \text{ kN} \end{aligned} \quad (213)$$

6 lentelė. Sniego antžeminės apkrovos s_k charakteristinės reikšmės

Sniego apkrovos rajonas	s_k , kN/m ²
I	1,2
II	1,6



21 pav. Lietuvos sniego apkrovos rajonai^[30]

Pastatas statomas Alytaus mieste, todėl sniego apkrova priimama $1,6 \text{ kN/m}^2$.

Koloną veikia du momentai:

$$\begin{aligned}
 M_{Ed} &= V_{Ed} \cdot e_s = A_v \cdot g_{k,p} \cdot \gamma_G \cdot e_s + A_v \cdot q_k \cdot \gamma_Q \cdot e_s = \\
 &= 19,44 \cdot 4,2 \cdot 1,35 \cdot 0,215 + 19,44 \cdot 2,0 \cdot 1,3 \cdot 0,165 = 26,53 \text{ kNm}
 \end{aligned}
 \tag{214}$$

$$M_{Ed,l} = V_{Ed,l} \cdot e_s = A_v \cdot g_{k,p} \cdot \gamma_Q \cdot e_s = 19,44 \cdot 4,2 \cdot 1,3 \cdot 0,165 = 17,51 \text{ kNm}
 \tag{215}$$

Necentriškumai / ekscentriškumai e_a, e_s, e_0

$$e_s = \frac{b}{2} + \frac{30}{2} = \frac{300}{2} + 15 = 16,5 \text{ cm}
 \tag{216}$$

$$e_0 = e_s + e_a = 16,5 + 1 = 17,5 \text{ cm}
 \tag{217}$$

Kolonos ilgis $l=3500 \text{ mm}$, aukštis tarp perdangų.

Atsitiktinis ekcentritetas:

$$e_a \geq \frac{1}{600} \cdot l_0 = \frac{1}{600} \cdot 350 = 0,58 \text{ cm}
 \tag{218}$$

Čia $l_0=3,5\text{m}$ – kolonos efektyvusis ilgis.

$$e_a \geq \frac{1}{30} \cdot b = \frac{1}{30} \cdot 30 = 1 \text{ cm}$$

(219)

Laikoma, kad $e_a=1$ cm

$$e_e = e_0 \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 17,5 \cdot 1,36 + \frac{27,5 - 2,5}{2} = 36,26 \text{ cm}$$

(220)

Skaičiuojamas darbo aukštis:

$$d=30-2,5=27,5 \text{ cm}$$

(221)

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crit}}} = \frac{1}{1 - \frac{615,14}{2333,99}} = 1,36$$

(222)

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

$$\frac{6,4 \cdot 30000}{3,5^2} \left[\frac{0,000675}{2,51} \cdot \left(\frac{0,11}{0,1 + \frac{0,583}{1}} + 0,1 \right) + 6,83 \cdot 0,0000155 \right] = 2333,99 \text{ kN}$$

(223)

$$I_c = \frac{h \cdot b^3}{12} = \frac{30 \cdot 30^3}{12} = 67500 \text{ cm}^4 = 0,000675 \text{ m}^4$$

(224)

$$\varphi_l = 1 + \beta \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{Ed,l}} = 1 + 1 \cdot \frac{26,53}{17,51} = 2,51$$

(225)

Čia $\beta = 1$

$$\delta_e = \frac{e_0}{b} = \frac{17,5}{30} = 0,583$$

(226)

$$\begin{aligned}\delta_e > \delta_{e,min} &= 0,05 - 0,01 \cdot \frac{l_0}{b} - 0,01 \cdot f_{cd} \\ &= 0,05 - 0,01 \cdot \frac{350}{30} - 0,01 \cdot 2,33 = 0,026\end{aligned}\quad (227)$$

Sąlyga tenkinama.

Čia

$$\text{Betonas C 35/45 } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35}{1,5} = 2,33 \text{ kN/cm}^2 \quad (228)$$

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{205000}{30000} = 6,83 \quad (229)$$

Pasirenkamas $\rho_1 = 0,012$, tada:

$$\begin{aligned}I_s &= \rho_1 \cdot b \cdot d \cdot \left(\frac{d - a_2}{2}\right)^2 = 0,012 \cdot 0,3 \cdot 0,275 \cdot \left(\frac{0,275 - 0,025}{2}\right)^2 \\ &= 1,55 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4\end{aligned}\quad (230)$$

$$\alpha_n = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d} = \frac{615,14}{2,33 \cdot 30 \cdot 27,5} = 0,32 \quad (231)$$

$$\alpha_m = \frac{N_{Ed} \cdot e_e}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{615,14 \cdot 36,26}{2,33 \cdot 30 \cdot 27,5^2} = 0,42 \quad (232)$$

Apskaičiuojamas ribinis santykinis gniuždomos zonos aukštis:

$$\xi_{lim} = \frac{w}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{w}{1,1}\right)} = \frac{0,66}{1 + \frac{360}{550} \left(1 - \frac{0,66}{1,1}\right)} = 0,52 \quad (233)$$

Čia

$$\begin{aligned}w &= \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 23,33 = 0,66 \\ \sigma_{s,lim} &= 360 \text{ MPa}\end{aligned}\quad (234)$$

$$\sigma_{sc,lim} = 500 \text{ MPa}$$

$$\text{Kadangi } \alpha_n = 0,32 < \xi_{lim} = 0,52 \quad (235)$$

$$\begin{aligned} A_{s1} = A_{s2} &= \frac{f_{cd} \cdot b \cdot d}{f_{yd}} \cdot \frac{\alpha_m \cdot \alpha_n \cdot (1 - 0,5\alpha_n)}{1 - \frac{\alpha_n}{d}} \\ &= \frac{2,33 \cdot 30 \cdot 27,5}{43,48} \cdot \frac{0,43 \cdot 0,32 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,32)}{1 - \frac{2,5}{27,5}} \\ &= 5,51 \text{ cm}^2 \end{aligned} \quad (236)$$

Čia

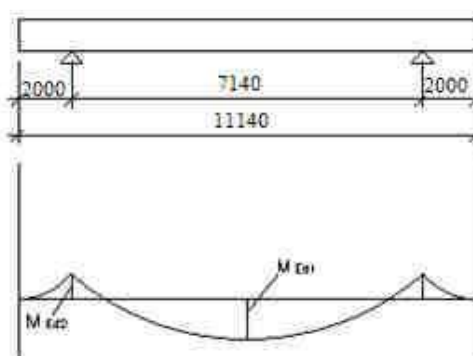
$$\text{Armatūra S 500 } f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = \frac{500}{1,15} = 43,48 \text{ kN/cm}^2 \quad (237)$$

$$\rho = \frac{A_{s1} + A_{s2}}{b \cdot h} = \frac{5,51 + 5,51}{30 \cdot 30} = 0,0122 \quad (238)$$

$$\text{Iš pradžių parinktas } \rho_1 = 0,012 \text{ , gautas rezultatas tinkamas}^2. \quad (239)$$

Parenkami $A_{s1}=A_{s2}$ 2 strypus $\varnothing 20=6,28 \text{ cm}^2$.

Kolonos stiprumo skaičiavimas transportavimo metu



22 pav. Skaičiuojamoji schema ir momentų diagrama

Transportuojant dinamiškumo koeficientas $\gamma_G=1.6$

² Rezultatai buvo derinami su *SMath Studio* skaičiavimais, todėl iš karto sutapo. Programos byla pridedami priede.

$$g_k = b \cdot h \cdot \rho = 0,3 \cdot 0,3 \cdot 25 = 2,25 \text{ kN/m} \quad (240)$$

$$M_{Ed2} = \frac{g_k \cdot l_2^2}{2} \cdot \gamma_G = \frac{2,25 \cdot 2}{2} \cdot 1,6 = 3,6 \text{ kN/m} \quad (241)$$

$$M_{Ed1} = \frac{g_k \cdot l_1^2}{8} \cdot \gamma_G - M_{Ed2} = \frac{2,25 \cdot 7,14^2}{8} \cdot 1,6 - 3,6 = 20,54 \text{ kN} \quad (242)$$

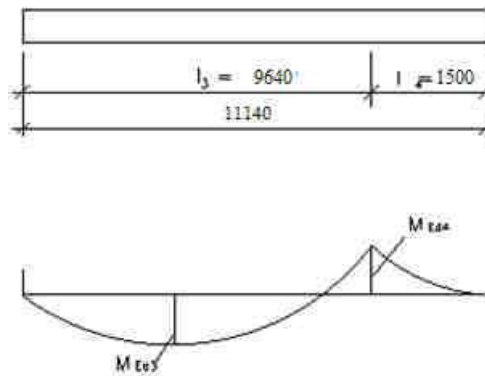
Tikrinama sąlyga:

$$M_{Ed1}, M_{Ed2} < M_{Rd} \quad (243)$$

$$M_{Rd} = \mu_{cfs} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2 = 0,0734 \cdot 2,33 \cdot 30 \cdot 27,5^2 = 38,808 \text{ kNm} \quad (244)$$

Sąlyga tenkinama, kolonos stiprumas transportavimo metu pakankamas.

Kolonos stiprumo skaičiavimas montavimo metu



23 pav. Skaičiuojamoji schema ir momentų diagrama

Montavimo dinamiškumo koeficientas $\gamma_G = 1,4$

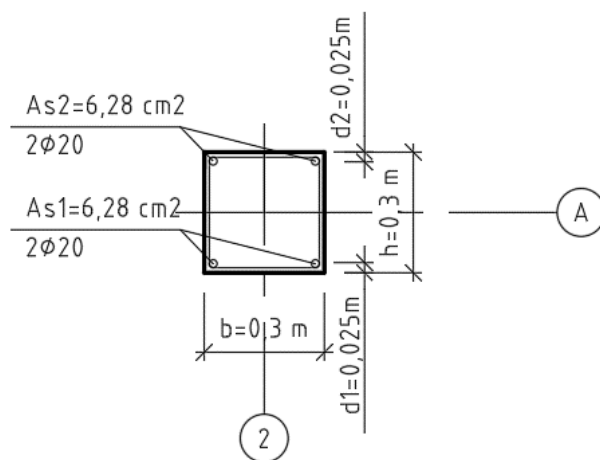
$$M_{Ed,3} = \frac{g_k \cdot l_4^2}{2} \cdot \gamma_G = \frac{2,25 \cdot 1,5^2}{2} \cdot 1,4 = 3,54 \text{ kN} \quad (245)$$

$$M_{Ed,4} = \frac{g_k \cdot l_3^2}{8} \cdot \gamma_G = \frac{2,25 \cdot 9,64^2}{8} \cdot 1,4 = 36,59 \text{ kN} \quad (246)$$

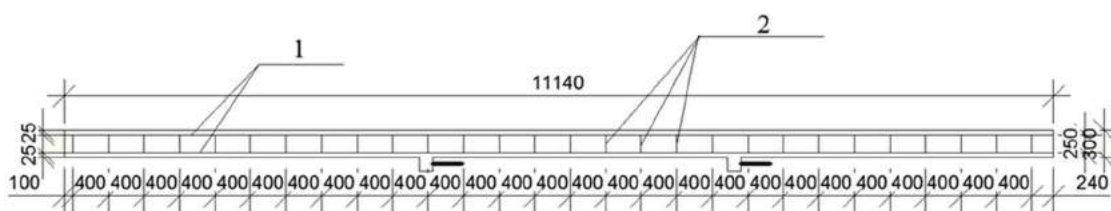
Tikrinama sąlyga

$$M_{Ed3}, M_{Ed4} < M_{Rd} \quad (247)$$

Sąlyga tenkinama, kolonos stiprumas montavimo metu pakankamas



24 pav. Sukonstruotas kolonos skerspjūvis



25 pav. Kolonos armavimas: 1 – pagrindinė armatūra; 2 – išilginė

7 lentelė. Armatūros parinkimas vienai kolonai

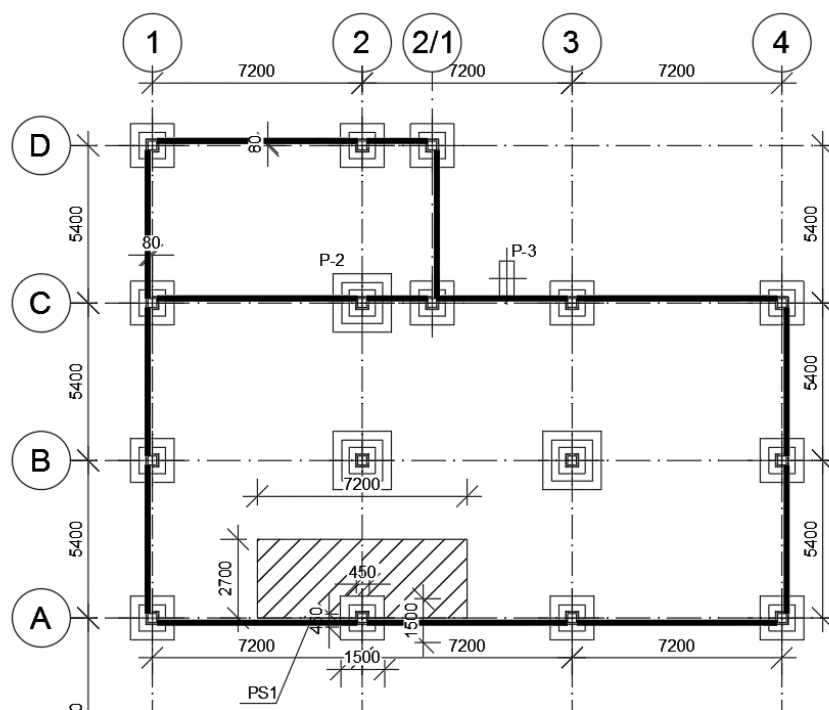
Elementas	Plieno tipas	Strypo ilgis mm	Elementų kiekis	Bendras ilgis, m	1 m svoris, kg	Bendras svoris, kg
Pagrindinė 20 mm armatūra	S 500	11,135	4	44,54	2,47	110,01
Skersinė 5 mm armatūra	S 240	0,25(4x)	28	28	0,31	8,68

Išvada: Apskaičiuotas gelžbetonio elemento stiprumas $N_{Ed} = 61514 \text{ kN} \leq N_{Rd} = 233399 \text{ kN}$ elementas atlaikys gniuždomąją jėgą. Parinkti 4 strypai $\varnothing 20$ su $12,56 \text{ cm}^2$. Apskaičiuotas armatūros kiekis ir svoris vienai kolonai.^[9]

3.5. Pamato skaičiavimas

Projektuojamas pastatas yra Alytuje. Pagal STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“ pastatas priklauso II sniego apkrovos rajonui. Tai trijų aukštų karkasinis pastatas. Karkasas yra gelžbetoninis. Kolonų žingsnis $7,2 \text{ m}$ išilgine kryptimi, ir $5,4$ skersine kryptimi, o jų skerspjūvis yra kvadratinis – $300 \times 300 \text{ mm}$. Pastato aukšto aukštis – $10,97 \text{ m}$. Rėmai tarpusavyje jungiami gelžbetoninėmis kiaurymėtomis denginio plokštėmis, kurių matmenys – $7200 \times 1200 \times 240 \text{ mm}$, pritvirtintomis prie rėmsijų, o tarpai tarp jų užbetuojami. Projektuojamo pastato ilgis – $21,6 \text{ m}$, o plotis – $12,1 \text{ m}$. Pamatas apskaičiuojamas B-1 kolonai. Pamatas apkrautas centriška jėga. Grunto, ant kurio yra pastatytas pamatas, pagrindinės charakteristikos: savitasis sunkis – $22,2 \text{ kN/m}^3$, vidinės trinties kampas $\varphi = 24^\circ$, poringumo koeficientas $e = 0.40$, deformacijų modulis $E = 13.0 \text{ MPa}$, vidutinis kūginis stiprumas $q_c = 1.8 \text{ MPa}$.

Pamato pado plokštė projektuojama $1.7 \times 1.7 \text{ m}$ ir 0.5 m aukščio, iš C20/25 klasės betono. Pamato pado plokštė armuojama S400 klasės rumbuota plieno armatūra, kurios skersmuo – 16 mm . Armuojamos plokštės armatūros tinklo pagrindinis žingsnis yra 240 mm , o kraštinis žingsnis – 120 mm . Kolona prie pamato pado tvirtinama naudojant inkarinę armatūrą, inkaravimo ilgis yra $1,30 \text{ m}$. Pamato nuosėdžiai ir armavimas skaičiuojami vadovaujantis DA-1 projektavimo būdu, nedrenuojamo grunto sąlygomis.



26 pav. Pamatui tenkančios apkrovos plotas

Pamatui tenkančios apkrovos plotas (užbrūkšniuota zona 26 pav.):

$$A = 2,7 \cdot 7,2 = 81 \text{ m}^2 \quad (248)$$

Pamato apkrovų skaičiavimas

Nuolatinės apkrovos skaičiavimas

Skaičiuojamos apkrovos, kurios tenka pamatui, esančiam po kolona ašyse B-1. Apkrovos skaičiuojamos verčiant 1tona=10kN arba 1kg=10N.

I. Apkrova dėl kolonos poveikio:

$$N_{kol} = b \cdot h \cdot \dot{L} \cdot \rho = 0,3 \cdot 0,3 \cdot 11,14 \cdot 25 = 25,06 \text{ kN} \quad (249)$$

II. Apkrova dėl rėmsijės poveikio:

$$N_r = \frac{3 \cdot A_r \cdot L \cdot \rho}{2} = \frac{3 \cdot 0,2142 \cdot 11,14 \cdot 25}{2} = 43,38 \text{ kN} \quad (250)$$

III. Apkrova dėl gelžbetoninių denginio plokščių poveikio:

$$N_{pl} = 3 \cdot g_{k,p} \cdot A = 3 \cdot 4.2 \cdot 19.44 = 244.94 \text{ kN} \quad (251)$$

IV. Pamatui tenkanti apkrova dėl išlyginamojo betono:

$$N_{išl} = 0.51 \cdot A = 0.51 \cdot 19.44 = 9.91 \text{ kN} \quad (252)$$

V. Apkrova dėl garo izoliacijos- PE plėvelės sluoksniu:

$$N_{gar} = 0.01 \cdot A = 0.01 \cdot 19.44 = 0.002 \text{ kN} \quad (253)$$

VI. Apkrova tenkanti pamatui dėl šiluminės izoliacijos “EPS 80” svorio:

$$N_{EPS80} = 0.7 \cdot A = 0.7 \cdot 19.44 = 13.608 \text{ kN} \quad (254)$$

VII. Apkrova dėl šiluminės izoliacijos „Paroc Rob 80“ masės, dangos storis 20 mm:

$$N_{ROB80} = 0.05 \cdot A = 0.05 \cdot 19.44 = 0.97 \text{ kN} \quad (255)$$

VIII. Apkrova dėl ruloninės bituminės dangos ruberoido dviejų sluoksnių:

$$N_{dang} = 0.1 \cdot A = 0.1 \cdot 19.44 = 1.94 \text{ kN} \quad (256)$$

IX. Pamatui tenkanti apkrova nuo sienos konstrukcijos:

Sienos konstrukciją sudaro „Sandwish“ paneliai su akmens vatos užpildu, kurių matmenys – 200x1200x12000 mm, svoris – 27,5kg/m².

$$A_{sien} = 7.2 \cdot 10.97 = 78.98 \text{ m}^2 \quad (257)$$

$$N_{pan} = 27,5 \text{ kg/m}^2 \cdot 78,98 \text{ m}^2 \cdot 10 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} = 21,72 \text{ kN} \quad (258)$$

Įvertinamas ir apsauginės tvorelės svoris. Apsauginė tvorelė sudaryta iš kvadratinio uždaro skerspjuvio metalinių profiliuotųjų, kurių matmenys – 60x60x3 mm, svoris – 5,19 kg/m . Tvorelė sudaryta iš šešių tarpusavyje suvirintų strypų, kurių ilgiai – 6 m: 1,036 m – 2 vnt; 1,16 m – 2 vnt; 1,28 m – 2 vnt. Ši tvorelė tvirtinama ant plokščių galų.

$$N_{\text{tvor}} = (7,2 + 1,036 \cdot 2 + 1,16 \cdot 2 + 1,28) \cdot 5,19 = 0,668 \text{ kN} \quad (259)$$

Visa apkrova tenkanti pamatui nuo sienos svorio:

$$N_{\text{sien}} = N_{\text{pan}} + N_{\text{tvor}} = 21,72 + 0,668 = 22,39 \text{ kN} \quad (260)$$

X. Apkrova nuo pamatinių sijų:

Pamatinės sijos ilgis – 5050 mm, svoris – 0.8 t. Pamatui tenka 2 vnt. pamatinių sijų puselės:

$$N_{\text{p.sija}} = \frac{0,8 \cdot 10 \cdot 2}{2} = 8 \text{ kN} \quad (261)$$

Nuolatinėi charakteristinei apkrovai gauti visi duomenis surašomi į lentelę:

8 lentelė. Nuolatinė apkrova, tenkanti į pamatą

Eil. nr.	Skaičiuojamas elementas	Svoris, kN
1.	Kolona	25,06
2.	Rėmsijės (3 vnt, ½)	43,38
3.	G/b plokštės (3 k. A=19,44m ²)	244,94
4.	Išlyginamasis betono sluoksnis	9,91
5.	Garų izoliacija	0,002
6.	EPS80	13,608
7.	<i>Paroc Rob 80</i>	0,97
8.	Ruberoidas, 2sl.	1,94
9.	Siena „Sandwich“ ir apsauginė tvorelė	22,39
10.	Pamatinė sija	8
	G_k	391,93 kN

Sniego apkrovos skaičiavimas

Pastatas projektuojamas Alytuje, kuris yra II-ame sniego apkrovos rajone, todėl pagal STR „Poveikiai ir apkrovos“ II sniego apkrovos rajonui $s_k = 1,6 \text{ kN/m}^2$.

Skaičiuojamoji schema:

Sniego apkrova skaičiuojama:

$$s_k = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,6 \text{ kN/m}^2 = 1,6 \text{ kN/m}^2 \quad (262)$$

Čia μ – stogo sniego apkrovos formos koeficientas, $\mu=1,0$, kai $\alpha < 15^\circ$

C_e – atodangos koeficientas.

C_t – terminis koeficientas, priklausantis nuo energijos nuostolių per stogą ar kitos terminės įtakos. $C_t=1,0$.

Pamatui tenkanti apkrova dėl sniego poveikio:

$$Q_{\text{snieg}} = s_k \cdot A = 1,6 \text{ kN/m}^2 \cdot 19,44 \text{ m}^2 = 31,1 \text{ kN} \quad (263)$$

Pamato įgilinimo gylio nustatymas

Skaičiuojant pamato įgilinimo gylį įvertinamas:

- apkrovų ir poveikių į pamatus dydis:
 - a) $G_k = 391,93 \text{ kN}$
 - b) $Q_k = 31,1 \text{ kN}$
- statybos sklypo inžinerinės-geologinės sąlygos.

Įšalo gylis d_f :

$$d_f = k_h \cdot d_{fn} = 1,1 \cdot 1,12 = 1,23 \text{ m} \quad (264)$$

Čia k_h – pastato šiluminio režimo įtakos koeficientas šildomų pastatų išoriniams pamatams,

$k_h = 1,1$ (priimama atsižvelgiant į pastato eksploataavimo nutraukimo tikimybę)

d_{fn} – charakteristinis išalo gylis, kuris skaičiuojamas taip:

$$d_{fn} = d_0 \sqrt{M_t} = 0,3 \cdot \sqrt{13,9} = 1,12 \text{ m} \quad (265)$$

d_0 – išalo gylis vidutinio stambumo smėliui 0,3m

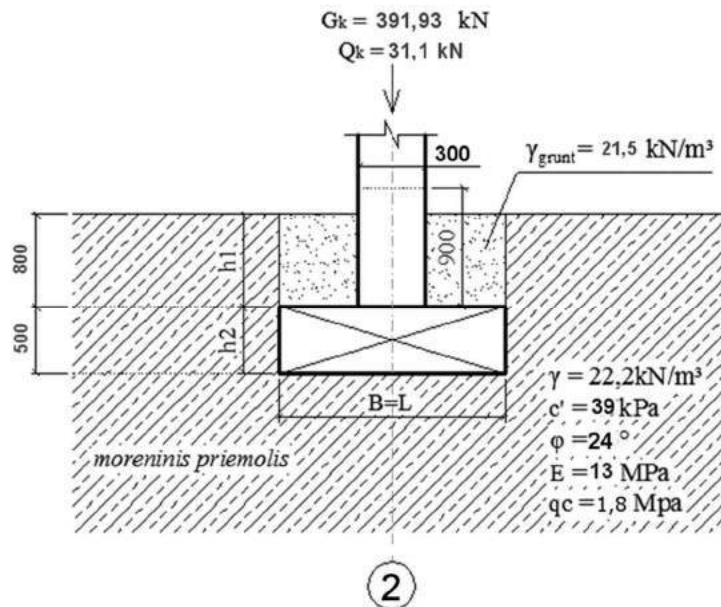
M_t – nedimensinis dydis, lygus neigiamų mėnesio vidutinių temperatūrų per žiemą absoliutinių reikšmių sumai. Skaičiuojama pagal Varėną [28].

$$M_t = -5,8 + (-4,6) + (-0,7) + (-2,8) = |-13,9| = 13,9 \quad (266)$$

Išvada: Pamatas įgilinamas 1,3 m nuo grunto paviršiaus, o nuo planuojamų grindų paviršiaus – 1,4 m.

Pamato projektavimas pagal EC7

Pamato skaičiuojamoji schema:



27 pav. Pamato skaičiuojamoji schema

Nedrenuojamos sąlygos

Pirmas projektavimo būdas (DA-1)

Pirma kombinacija- A1+M1+R1

Tikrinama sąlyga $V_d \leq R_d$ užsiduoto dydžio pamato plokštei.

Priimami pado plokštės matmenis:

$$B \times L \times H = 1,4\text{m} \times 1,4\text{m} \times 0,5\text{m}$$

Pamatą veikiančios apkrovos:

- nuolatinė apkrova: $G_k = 391,93$ kN;
- laikinoji apkrova: $Q_k = 31,1$ kN.

Išsirenkami derinių koeficientai:^[4]

9 lentelė. Derinio daliniai koeficientai

	A1	M1	R1
γ_G	1,35		
γ_Q	1,5		
γ_{cu}		1	
$\gamma_{R,v}$			1

Pamato plokštės svoris:

$$\begin{aligned}
 G_{\text{pam}} &= B \cdot L \cdot H \cdot \gamma_{\text{bet}} \\
 &= 1,4\text{m} \cdot 1,4\text{m} \cdot 0,5\text{m} \\
 &\quad \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 24,5\text{kN}
 \end{aligned}
 \tag{267}$$

Igilintos kolonos dalies svoris:

$$G_{\text{kol}} = b \cdot l \cdot h \cdot \gamma_{\text{bet}} = 0,3 \cdot 0,3 \cdot 0,9 \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 2,025 \text{ kN}
 \tag{268}$$

Supilto grunto svoris:

$$\begin{aligned}
 G_{\text{grunt}} &= (B \cdot L - b \cdot l) \cdot h_1 \cdot \gamma_{\text{grunt}} \\
 &= (1,4 \cdot 1,4 - 0,3 \cdot 0,3) \cdot 0,8 \cdot 21,5 \text{ kN/m}^3 = 32,16 \text{ kN}
 \end{aligned}
 \tag{269}$$

Visa nuolatinė apkrova:

$$\begin{aligned}
 V_k &= G_k + G_{\text{pam}} + G_{\text{kol}} + G_{\text{grunt}} \\
 &= 391,93 \text{ kN} + 24,5 \text{ kN} + 2,025 \text{ kN} + 32,16 \text{ kN} \\
 &= 450,62 \text{ kN}
 \end{aligned}
 \tag{270}$$

Skaičiuojamoji apkrova:

$$V_d = \gamma_G \cdot V_k + \gamma_Q \cdot Q_k = 1,35 \cdot 450,62 \text{ kN} + 1,5 \cdot 31,1 \text{ kN} = 655 \text{ kN}
 \tag{271}$$

Skaičiuojamasis atsparumas:

$$\frac{R_v}{A'} = (2 + \pi) \cdot c_{u,d} \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q_d
 \tag{272}$$

$$R_v = A' \cdot ((2 + \pi) \cdot c_{u,d} \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q_d);
 \tag{273}$$

$$A' = B \cdot L = 1,4\text{m} \cdot 1,4\text{m} = 1,96\text{m}^2 - \text{pamato plotas}; \quad (274)$$

Nedrenuojamo kirpimo stiprumas:

$$c_{u,k} = \frac{q_c}{14 + 5 \cdot \ln \cdot q_c} = \frac{1,8}{14 + 5 \cdot \ln \cdot 1,8} = 106,26 \text{ kPa} \quad (275)$$

$$c_{u,d} = \frac{c_{u,d}}{\gamma_{cu}} = \frac{106,26}{1} = 106,26 \text{ kPa} \quad (276)$$

Pamato formos koeficientai:

$$s_c = 1 + 0,2(B/L) = 1 + 0,2 \cdot (1,4/1,4) = 1,2 \quad (277)$$

$b_c=1$ – pamatas ir grunto paviršius horizontalus;

$i_c=1$ – veikia tik vertikalios jėgos

$$q_d = h_1 \cdot \gamma + h_2 \cdot \gamma = 0,8 \cdot 22,2 + 0,5 \cdot 22,2 = 28,86 \text{ kN/m}^2 \quad (278)$$

(ekvivalentinė vienodai išskirstyta grunto atodangos apkrova ^[5 p.12])

$$R_v = 1,96 \cdot ((2 + 3,14) \cdot 106,26 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 + 28,86) = 1341,62 \text{ kN} \quad (279)$$

$$R_d = \frac{R_v}{\gamma_{R,v}} = \frac{1341,62 \text{ kN}}{1} = 1341,62 \text{ kN} \quad (280)$$

Tikrinama sąlyga:

$$\begin{aligned} V_d &\leq R_d \\ 655 \text{ kN} &< 1341,62 \text{ kN} \end{aligned} \quad (281)$$

Sąlyga tenkinama.

Apskaičiuojama atsparumo poveikiui atsarga:

$$\frac{R_d - V_d}{R_d} \cdot 100\% = \frac{1341,62\text{kN} - 655\text{kN}}{1341,62 \text{ kN}} \cdot 100\% = 51,18 \% \quad (282)$$

Ekvivalentinis deterministinis visuminės saugos koeficientas (OFS):

$$OFS = \frac{R_d}{V_k + Q_k} = \frac{1341,62\text{kN}}{450,623\text{kN} + 31,1\text{kN}} = 2,79 \quad (283)$$

Analogiškai skaičiuojamos ir kitos derinių kombinacijos

Nedrenuojamos sąlygos
Pirmas projektavimo būdas (DA-1)
Antra kombinacija- A2+M2+R1

Parenkami pamato pado plokštės matmenis: B x L x H = 1,4m x 1,4m x 0,5m

10 lentelė. Derinio daliniai koeficientai

	A2	M2	R1
γ_G	1		
γ_Q	1,3		
γ_{cu}		1,4	
$\gamma_{R,v}$			1

Pamato plokštės svoris:

$$G_{\text{pam}} = B \cdot L \cdot H \cdot \gamma_{\text{bet}} = 1,4\text{m} \cdot 1,4\text{m} \cdot 0,5\text{m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 24,5\text{kN} \quad (284)$$

Įgilintos kolonos dalies svoris:

$$G_{\text{kol}} = 2,025\text{kN} \quad (285)$$

Supilto grunto svoris:

$$\begin{aligned} G_{\text{grunt}} &= (B \cdot L - b \cdot l) \cdot h_1 \cdot \gamma_{\text{grunt}} \\ &= (1,4 \cdot 1,4 - 0,5 \cdot 0,5) \cdot 0,8 \cdot 21 \text{ kN/m}^3 = 32,16 \text{ kN} \end{aligned} \quad (286)$$

Visa nuolatinė apkrova:

$$\begin{aligned} V_k &= G_k + G_{\text{pam}} + G_{\text{kol}} + G_{\text{grunt}} = 391,93 \text{ kN} + 24,5\text{kN} + \\ &2,025\text{kN} + 32,16\text{kN} = 450,62 \text{ kN} \end{aligned} \quad (287)$$

Skaičiuojamoji apkrova:

$$V_d = \gamma_G \cdot V_k + \gamma_Q \cdot Q_k = 1,0 \cdot 450,62 \text{ kN} + 1,3 \cdot 31,1 \text{ kN} = 491,06 \text{ kN} \quad (288)$$

Skaičiuojamasis atsparumas:

$$R_v = A' \cdot ((2 + \pi) \cdot c_{u,d} \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q_d); \quad (289)$$

$$A' = B \cdot L = 1,4 \text{ m} \cdot 1,4 \text{ m} = 1,96 \text{ m}^2 \text{- pamato plotas}; \quad (290)$$

Nedrenuojamo kirpimo stiprumas:

$$c_{u,k} = \frac{q_c}{14 + 5 \cdot \ln \cdot q_c} = \frac{1,8}{14 + 5 \cdot \ln \cdot 1,8} = 106,26 \text{ kPa} \quad (291)$$

$$c_{u,d} = \frac{c_{u,d}}{\gamma_{cu}} = \frac{106,26}{1,4} = 75,9 \text{ kPa} \quad (292)$$

Pamato formos koeficientai:

$$s_c = 1 + 0,2(B/L) = 1 + 0,2 \cdot (1,4/1,4) = 1,2$$

$$b_c = 1$$

$$i_c = 1$$

(293)

$$q_d = 28,86 \text{ kN/m}^2 \quad (294)$$

$$R_v = 1,96 \cdot ((2 + 3,14) \cdot 75,9 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 + 28,86) = 974,46 \text{ kN} \quad (295)$$

$$R_d = \frac{R_v}{\gamma_{R,v}} = \frac{974,46 \text{ kN}}{1} = 974,46 \text{ kN} \quad (296)$$

Tikrinama sąlyga:

$$V_d \leq R_d$$

$$491,06 \text{ kN} < 974,46 \text{ kN}$$

(297)

Sąlyga tenkinama.

Apskaičiuojama atsparumo poveikiui atsarga:

$$\frac{R_d - V_d}{R_d} \cdot 100\% = \frac{974,46 \text{ kN} - 491,06 \text{ kN}}{974,46 \text{ kN}} \cdot 100\% = 49,61 \%$$
 (298)

Ekvivalentinis deterministinis visuminės saugos koeficientas (OFS):

$$\text{OFS} = \frac{R_d}{V_k + Q_k} = \frac{974,46 \text{ kN}}{450,62 \text{ kN} + 31,1 \text{ kN}} = 2,02$$
 (299)

Nedrenuojamos sąlygos
Antras projektavimo būdas (DA-2)
Kombinacija- A1+M1+R2

Parenkami pamato pado plokštės matmenys: B x L x H = 1,7m x 1,7m x 0,5m

11 lentelė. Derinio daliniai koeficientai

	A1	M1	R2
γ_G	1,35		
γ_Q	1,5		
γ_{cu}		1	
$\gamma_{R,v}$			1,4

Pamato plokštės svoris:

$$G_{\text{pam}} = B \cdot L \cdot H \cdot \gamma_{\text{bet}} = 1,7\text{m} \cdot 1,7\text{m} \cdot 0,5\text{m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 36,125\text{kN}$$
 (300)

Igilintos kolonos dalies svoris:

$$G_{\text{kol}} = 2,025 \text{ kN}$$
 (301)

Supilto grunto svoris:

$$\begin{aligned} G_{\text{grunt}} &= (B \cdot L - b \cdot l) \cdot h_1 \cdot \gamma_{\text{grunt}} \\ &= (1,7 \cdot 1,7 - 0,5 \cdot 0,5) \cdot 0,7 \cdot 21,5 \text{ kN/m}^3 = 48,16 \text{ kN} \end{aligned}$$
 (302)

Visa nuolatinė apkrova:

$$\begin{aligned}
V_k &= G_k + G_{\text{pam}} + G_{\text{kol}} + G_{\text{grunt}} \\
&= 391,93 \text{ kN} + 36,125 \text{ kN} + 2,025 \text{ kN} + 48,16 \text{ kN} \\
&= 478,244 \text{ kN}
\end{aligned} \tag{303}$$

Skaičiuojamoji apkrova:

$$\begin{aligned}
V_d &= \gamma_G \cdot V_k + \gamma_Q \cdot Q_k = 1,35 \cdot 478,24 \text{ kN} + 1,5 \cdot 31,1 \text{ kN} \\
&= 692,29 \text{ kN}
\end{aligned} \tag{304}$$

Skaičiuojamasis atsparumas:

$$R_v = A' \cdot ((2 + \pi) \cdot c_{u,d} \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q_d); \tag{305}$$

$$A' = B \cdot L = 1,7 \text{ m} \cdot 1,7 \text{ m} = 2,89 \text{ m}^2 - \text{ pamato plotas}; \tag{306}$$

Nedrenuojamo kirpimo stiprumas:

$$c_{u,k} = \frac{q_c}{14 + 5 \cdot \ln \cdot q_c} = \frac{1,8}{14 + 5 \cdot \ln \cdot 1,8} = 106,26 \text{ kPa} \tag{307}$$

$$c_{u,d} = \frac{c_{u,d}}{\gamma_{cu}} = \frac{106,26}{1} = 106,26 \text{ kPa} \tag{308}$$

Pamato formos koeficientai:

$$s_c = 1,2$$

$$b_c = 1$$

$$i_c = 1$$

$$q_d = 28,86 \text{ kN/m}^2 \tag{309}$$

$$R_v = 2,89 \cdot ((2 + 3,14) \cdot 106,26 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 + 28,86) = 1978,2 \text{ kN} \tag{310}$$

$$R_d = \frac{R_v}{\gamma_{R,v}} = \frac{1978,2 \text{ kN}}{1,4} = 1413 \text{ kN} \tag{311}$$

Tikrinama sąlyga:

$$V_d \leq R_d$$
$$692,29\text{kN} < 1413\text{ kN} \quad (312)$$

Sąlyga tenkinama.

Apskaičiuojama atsparumo poveikiui atsarga:

$$\frac{R_d - V_d}{R_d} \cdot 100\% = \frac{1413\text{ kN} - 692,29\text{kN}}{1413\text{ kN}} \cdot 100\% = 51,01\% \quad (313)$$

Ekvivalentinis deterministinis visuminės saugos koeficientas (OFS):

$$\text{OFS} = \frac{R_d}{V_k + Q_k} = \frac{1413\text{ kN}}{478,24\text{ kN} + 31,1\text{ kN}} = 2,77 \quad (314)$$

Nedrenuojamos sąlygos

Trečias projektavimo būdas (DA-3)

Kombinacija- A1+M2+R3

Prenkami pamato pado plokštės matmenys: $B \times L \times H = 1,6\text{m} \times 1,6\text{m} \times 0,5\text{m}$

12 lentelė. Derinio daliniai koeficientai

	A1	M2	R3
γ_G	1,35		
γ_Q	1,5		
γ_{cu}		1,4	
$\gamma_{R,v}$			1

Pamato plokštės svoris:

$$G_{\text{pam}} = B \cdot L \cdot H \cdot \gamma_{\text{bet}} = 1,6\text{m} \cdot 1,6\text{m} \cdot 0,5\text{m} \cdot 25\text{ kN/m}^3 = 32\text{kN} \quad (315)$$

Įgilintos kolonos dalies svoris:

$$G_{\text{kol}} = 2,025\text{kN} \quad (316)$$

Supulto grunto svoris:

$$\begin{aligned}
 G_{\text{grunt}} &= (B \cdot L - b \cdot l) \cdot h_1 \cdot \gamma_{\text{grunt}} \\
 &= (1,6 \cdot 1,6 - 0,5 \cdot 0,5) \cdot 0,7 \cdot 21,5 \text{ kN/m}^3 = 42,48 \text{ kN}
 \end{aligned}
 \tag{317}$$

Visa nuolatinė apkrova:

$$\begin{aligned}
 V_k &= G_k + G_{\text{pam}} + G_{\text{kol}} + G_{\text{grunt}} \\
 &= 391,93 \text{ kN} + 32 \text{ kN} + 2,025 \text{ kN} + 42,48 \text{ kN} \\
 &= 468,443 \text{ kN}
 \end{aligned}
 \tag{318}$$

Skaičiuojamoji apkrova:

$$\begin{aligned}
 V_d &= \gamma_G \cdot V_k + \gamma_Q \cdot Q_k = 1,35 \cdot 468,443 \text{ kN} + 1,5 \cdot 31,1 \text{ kN} \\
 &= 679,05 \text{ kN}
 \end{aligned}
 \tag{319}$$

Skaičiuojamasis atsparumas:

$$R_v = A' \cdot ((2 + \pi) \cdot c_{u,d} \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q_d);
 \tag{320}$$

$$A' = B \cdot L = 1,6 \text{ m} \cdot 1,6 \text{ m} = 2,56 \text{ m}^2
 \tag{321}$$

Nedrenuojamo kirpimo stiprumas:

$$c_{u,k} = \frac{q_c}{14 + 5 \cdot \ln \cdot q_c} = \frac{1,8}{14 + 5 \cdot \ln \cdot 1,8} = 106,26 \text{ kPa}
 \tag{322}$$

$$c_{u,d} = \frac{c_{u,d}}{\gamma_{cu}} = \frac{106,26}{1,4} = 75,9 \text{ kPa}
 \tag{323}$$

Pamato formos koeficientai:

$$s_c = 1,2$$

$$b_c = 1$$

$$i_c = 1$$

$$q_d = 28,86 \text{ kN/m}^2
 \tag{325}$$

$$R_v = 2,56 \cdot ((2 + 3,14) \cdot 75,9 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 + 28,86) = 1272,77 \text{ kN}
 \tag{326}$$

$$R_d = \frac{R_v}{\gamma_{R,v}} = \frac{1272,77\text{kN}}{1} = 1272,77\text{kN} \quad (327)$$

Tikrinama sąlyga:

$$\begin{aligned} V_d &\leq R_d \\ 679,08 \text{ kN} &< 1272,77 \text{ kN} \end{aligned} \quad (328)$$

Sąlyga tenkinama.

Apskaičiuojama atsparumo poveikiui atsarga:

$$\frac{R_d - V_d}{R_d} \cdot 100\% = \frac{1272,77\text{kN} - 679,08\text{kN}}{1272,77\text{kN}} \cdot 100\% = 46,65\% \quad (329)$$

Ekvivalentinis deterministinis visuminės saugos koeficientas (OFS):

$$\text{OFS} = \frac{R_d}{V_k + Q_k} = \frac{1272,77\text{kN}}{468,44 \text{ kN} + 31,1\text{kN}} = 2,55 \quad (330)$$

Drenuojamos sąlygos

Pirmas projektavimo būdas (DA-1)

Pirma kombinacija- A1+M1+R1

Turi būti patikrinta sąlyga $V_d \leq R_d$ duoto dydžio pamato plokštei.

Imami minimalūs pado plokštės matmenys:

$$B \times L \times H = 0,9\text{m} \times 0,9\text{m} \times 0,5\text{m}$$

Pamatą veikiančios apkrovos:

- nuolatinė apkrova: $G_k = 391,93 \text{ kN}$;
- laikina apkrova: $Q_k = 31,1 \text{ kN}$;

Išsirenkami derinių koeficientai:

13 lentelė. Derinio daliniai koeficientai

	A1	M1	R1
γ_G	1,35		
γ_Q	1,5		
$\gamma_{\varphi'}$		1	
$\gamma_{c'}$		1	
$\gamma_{R,v}$			1

Pamato plokštės svoris:

$$G_{\text{pam}} = B \cdot L \cdot H \cdot \gamma_{\text{bet}} = 0,9\text{m} \cdot 0,9\text{m} \cdot 0,5\text{m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 10,125\text{kN} \quad (331)$$

Įgilintos kolonos dalies svoris:

$$G_{\text{kol}} = 2,025 \text{ kN} \quad (332)$$

Supilto grunto svoris:

$$\begin{aligned} G_{\text{grunt}} &= (B \cdot L - b \cdot l) \cdot h_1 \cdot \gamma_{\text{grunt}} \\ &= (0,9 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 0,5) \cdot 0,8 \cdot 21,5 \text{ kN/m}^3 = 12,38\text{kN} \end{aligned} \quad (333)$$

Visa nuolatinė apkrova:

$$\begin{aligned} V_k &= G_k + G_{\text{pam}} + G_{\text{kol}} + G_{\text{grunt}} \\ &= 391,93\text{kN} + 10,125\text{kN} + 2,025\text{kN} + 12,38\text{kN} \\ &= 416,468 \text{ kN} \end{aligned} \quad (334)$$

Skaičiuojamoji apkrova:

$$V_d = \gamma_G \cdot V_k + \gamma_Q \cdot Q_k = 1,35 \cdot 416,47\text{kN} + 1,5 \cdot 31,1\text{kN} = 608,89\text{kN} \quad (335)$$

Skaičiuojamasis atsparumas:

$$\begin{aligned} \frac{R_v}{A'} &= c'_d \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_q \\ &\quad \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \end{aligned} \quad (336)$$

$$R_v = A' \cdot (c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma) \quad (337)$$

$$A' = B \cdot L = 0,9\text{m} \cdot 0,9\text{m} = 0,81\text{m}^2 \quad (338)$$

$c' = 39\text{kPa}$ - pagal turimą geologijos ataskaita (Priedas Nr.6)

$$c'_d = \frac{c'}{\gamma_{c'}} = \frac{39}{1} = 39\text{kPa} \quad (339)$$

$\varphi'_{k=24^\circ}$, tai

$$\varphi'_d = \tan^{-1} \left(\frac{\tan \varphi'}{\gamma_{\varphi'}} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{\tan 24}{1} \right) = 24^\circ; \quad (340)$$

Grunto koeficientai^[4 p.55]:

$$N_c = 19,09;$$

$$N_q = 9,60;$$

$$N_\gamma = 7,74;$$

Pamato pado pasvirimo nedimensiniai koeficientai^[4 p. 48]:

$$b_c = 1; b_q = 1; b_\gamma = 1.$$

Pasvirusios jėgos, atsiradusios nuo horizontalios jėgos H, koeficientai:

$$i_c = 1; i_q = 1; i_\gamma = 1.$$

Pamato formos nedimensiniai koeficientai:

$$s_q = 1 + \sin \varphi'_d = 1 + \sin 24 = 1,41 - \text{kvadratiniam pamatui}; \quad (341)$$

$$s_c = \frac{s_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{1,41 \cdot 9,60 - 1}{9,60 - 1} = 1,45 \quad (342)$$

$$s_\gamma = 0,7 - \text{kvadratiniam pamatui}$$

$$q = h_1 \cdot \gamma + h_2 \cdot \gamma = 0,8 \cdot 22,2 + 0,5 \cdot 22,2 = 28,86 \text{ kN/m}^2 \quad (343)$$

$$\gamma' = \gamma = 22,2\text{kN/m}^3 \quad (344)$$

$$\begin{aligned}
R_v &= 0,81 \cdot (39 \cdot 19,09 \cdot 1 \cdot 1,41 \cdot 1 + 28,86 \cdot 9,60 \cdot 1 \cdot 1,41 \cdot 1 + 0,5 \cdot 22,2 \cdot 0,9 \cdot 7,74 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1) \\
&= 1236,39 \text{ kN}
\end{aligned} \tag{345}$$

$$R_d = \frac{R_v}{\gamma_{R,v}} = \frac{1236,39 \text{ kN}}{1} = 1236,39 \text{ kN} \tag{346}$$

Tikrinama sąlyga:

$$\begin{aligned}
V_d &\leq R_d \\
608,89 \text{ kN} &< 1236,39 \text{ kN}
\end{aligned} \tag{347}$$

Sąlyga tenkinama.

Apskaičiuojama atsparumo poveikiui atsarga:

$$\frac{R_d - V_d}{R_d} \cdot 100\% = \frac{1236,39 \text{ kN} - 608,89 \text{ kN}}{1236,39 \text{ kN}} \cdot 100\% = 50,75\% \tag{348}$$

Ekvivalentinis deterministinis visuminės saugos koeficientas (OFS):

$$OFS = \frac{R_d}{V_k + Q_k} = \frac{1236,39 \text{ kN}}{416,47 \text{ kN} + 31,1 \text{ kN}} = 2,76 \tag{349}$$

Analogiškai skaičiuojamos ir kitos derinių kombinacijos.

Drenuojamos sąlygos
Pirmas projektavimo būdas (DA-1)
Antra kombinacija- A1+M2+R1

Prenkami pamato pado plokštės matmenys: B x L x H = 0,9m x 0,9m x 0,5m

14 lentelė. Derinio daliniai koeficientai

	A1	M2	R1
γ_G	1		
γ_Q	1,3		
$\gamma_{\varphi'}$		1,25	
$\gamma_{c'}$		1,25	
$\gamma_{R,v}$			1

Pamato plokštės svoris:

$$G_{\text{pam}} = B \cdot L \cdot H \cdot \gamma_{\text{bet}} = 0,9\text{m} \cdot 0,9\text{m} \cdot 0,5\text{m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 10,125\text{kN} \quad (350)$$

Įgilintos kolonos dalies svoris:

$$G_{\text{kol}} = 2,025\text{kN} \quad (351)$$

Supilto grunto svoris:

$$\begin{aligned} G_{\text{grunt}} &= (B \cdot L - b \cdot l) \cdot h_1 \cdot \gamma_{\text{grunt}} \\ &= (0,9 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 0,5) \cdot 0,8 \cdot 21,5 \text{ kN/m}^3 = 12,38 \text{ kN} \end{aligned} \quad (352)$$

Visa nuolatinė apkrova:

$$\begin{aligned} V_k &= G_k + G_{\text{pam}} + G_{\text{kol}} + G_{\text{grunt}} \\ &= 391,93 \text{ kN} + 10,125\text{kN} + 2,025\text{kN} + 12,38\text{kN} \\ &= 416,47 \text{ kN} \end{aligned} \quad (353)$$

Skaičiuojamoji apkrova:

$$V_d = \gamma_G \cdot V_k + \gamma_Q \cdot Q_k = 1,0 \cdot 416,47\text{kN} + 1,3 \cdot 31,1\text{kN} = 456,9\text{kN} \quad (354)$$

Skaičiuojamasis atsparumas:

$$\begin{aligned} R_v &= A' \cdot (c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \\ &\quad \cdot b_q \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma) \end{aligned} \quad (355)$$

$$A' = B \cdot L = 0,9\text{m} \cdot 0,9\text{m} = 0,81\text{m}^2 \quad (356)$$

$c' = 39\text{kPa}$ – pagal turimą geologijos ataskaitą.

$$c'_d = \frac{c'}{\gamma_{c'}} = \frac{39}{1,25} = 31,2\text{kPa} \quad (357)$$

$\varphi'_k = 24^\circ$, tai

$$\varphi'_d = \tan^{-1} \left(\frac{\tan \varphi'}{\gamma_{\varphi'}} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{\tan 24}{1,25} \right) = 19,61^\circ; \quad (358)$$

pagal [4 p.48] formules:

$$\begin{aligned} N_q &= e^{\pi \cdot \text{tg} \varphi} \cdot \text{tg}^2 \left(45 + \frac{\varphi'_d}{2} \right) = 2,72^{3,14 \cdot \text{tg} 19,61} \cdot \text{tg}^2 \left(45 + \frac{19,61}{2} \right) \\ &= 6,15 \end{aligned} \quad (359)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \varphi'_d = (6,15 - 1) \cdot \cot 19,61 = 14,47 \quad (360)$$

$$N_\gamma = 2(N_q - 1) \cdot \text{tg} \varphi'_d = 2(6,15 - 1) \cdot \text{tg} 19,61 = 3,67 \quad (361)$$

Pamato pado pasvirimo nedimensiniai koeficientai:

$$b_c = 1; b_q = 1; b_\gamma = 1; \quad (362)$$

Pasvirusios jėgos, atsiradusios nuo horizontalios jėgos H, koeficientai:

$$i_c = 1; i_q = 1; i_\gamma = 1; \quad (363)$$

Pamato formos nedimensiniai koeficientai:

$$s_q = 1 + \sin \varphi'_d = 1 + \sin 19,61 = 1 + 0,364 = 1,364 \quad (364)$$

kvadratiniam pamatui:

$$s_c = \frac{s_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{1,364 \cdot 6,15 - 1}{6,15 - 1} = 1,4 \quad (365)$$

$$\begin{aligned}
 s_y &= 0,7 \\
 q &= 28,86 \text{ kN/m}^2 \\
 \gamma' = \gamma &= 22,2 \text{ kN/m}^3
 \end{aligned}
 \tag{366}$$

$$\begin{aligned}
 R_v & \\
 &= 0,81 \cdot (31,2 \cdot 14,47 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1 + 28,86 \cdot 6,15 \cdot 1 \cdot 1,34 \cdot 1 + 0,5 \cdot 22,2 \cdot 0,9 \cdot 3,67 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1) \\
 &= 725,11 \text{ kN}
 \end{aligned}
 \tag{367}$$

$$R_d = \frac{R_v}{\gamma_{R,v}} = \frac{725,11 \text{ kN}}{1} = 725,11 \text{ kN}
 \tag{368}$$

Tikrinama sąlyga:

$$\begin{aligned}
 V_d &\leq R_d \\
 456,9 \text{ kN} &< 725,11 \text{ kN}
 \end{aligned}
 \tag{369}$$

Sąlyga tenkinama.

Apskaičiuojama atsparumo poveikiui atsarga:

$$\frac{R_d - V_d}{R_d} \cdot 100\% = \frac{725,11 \text{ kN} - 456,9 \text{ kN}}{725,11 \text{ kN}} \cdot 100\% = 36,99\%
 \tag{370}$$

Ekvivalentinis deterministinis visuminės saugos koeficientas (OFS):

$$\text{OFS} = \frac{R_d}{V_k + Q_k} = \frac{725,11 \text{ kN}}{416,47 \text{ kN} + 31,1 \text{ kN}} = 1,62
 \tag{371}$$

Drenuojamos sąlygos

Antras projektavimo būdas (DA-2)

Kombinacija- A1+M1+R2

Prenkami pamato pado plokštės matmenys: B x L x H = 0,9m x 0,9m x 0,5m

15 lentelė. Derinio daliniai koeficientai

	A1	M1	R2
γ_G	1,35		
γ_Q	1,5		
$\gamma_{\varphi'}$		1	
$\gamma_{c'}$		1	
$\gamma_{R,v}$			1,4

Pamato plokštės svoris:

$$G_{\text{pam}} = B \cdot L \cdot H \cdot \gamma_{\text{bet}} = 0,9\text{m} \cdot 0,9\text{m} \cdot 0,5\text{m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 10,125\text{kN} \quad (372)$$

Įgilintos kolonos dalies svoris:

$$G_{\text{kol}} = 2,025\text{kN} \quad (373)$$

Supilto grunto svoris:

$$\begin{aligned} G_{\text{grunt}} &= (B \cdot L - b \cdot l) \cdot h_1 \cdot \gamma_{\text{grunt}} \\ &= (0,9 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 0,5) \cdot 0,8 \cdot 21,5 \text{ kN/m}^3 = 12,38 \text{ kN} \end{aligned} \quad (374)$$

Visa nuolatinė apkrova:

$$\begin{aligned} V_k &= G_k + G_{\text{pam}} + G_{\text{kol}} + G_{\text{grunt}} \\ &= 391,93\text{kN} + 10,125\text{kN} + 2,025\text{kN} + 12,38\text{kN} \\ &= 416,47 \text{ kN} \end{aligned} \quad (375)$$

Skaičiuojamoji apkrova:

$$\begin{aligned} V_d &= \gamma_G \cdot V_k + \gamma_Q \cdot Q_k = 1,35 \cdot 416,47\text{kN} + 1,5 \cdot 31,1\text{kN} \\ &= 608,89 \text{ kN} \end{aligned} \quad (376)$$

Skaičiuojamasis atsparumas:

$$\begin{aligned} R_v &= A' \cdot (c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \\ &\quad \cdot b_q \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma) \end{aligned} \quad (377)$$

$$A' = B \cdot L = 0,9\text{m} \cdot 0,9\text{m} = 0,81\text{m}^2 \quad (378)$$

$c' = 39\text{kPa}$ - pagal turimą geologijos ataskaitą.

$$c'_d = \frac{c'}{\gamma_{c'}} = \frac{39}{1} = 39\text{kPa} \quad (379)$$

$\varphi'_k = 24^\circ$, tai

$$\varphi'_d = \tan^{-1}\left(\frac{\tan \varphi'}{\gamma_{\varphi'}}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{\tan 24}{1}\right) = 24^\circ; \quad (380)$$

Iš [4 p.55] puslapio lentelės:

$$N_c = 19,32;$$

$$N_q = 9,6;$$

$$N_\gamma = 7,66.$$

Pamato pado pasvirimo nedimensiniai koeficientai:

$$b_c = 1; b_q = 1; b_\gamma = 1. \quad (381)$$

Pasvirusios jėgos, atsiradusios nuo horizontalios jėgos H, koeficientai:

$$i_c = 1; i_q = 1; i_\gamma = 1 \quad (382)$$

Pamato formos nedimensiniai koeficientai:

$$s_q = 1 + \sin \varphi'_d = 1 + \sin 24 = 1,41\text{- kvadratiniam pamatui.} \quad (383)$$

$$s_c = \frac{s_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{1,41 \cdot 9,6 - 1}{9,6 - 1} = 1,45 \quad (384)$$

$$s_y = 0,7\text{- kvadratiniam pamatui;} \quad (385)$$

$$q = h_1 \cdot \gamma + h_2 \cdot \gamma = 0,8 \cdot 22,2 + 0,5 \cdot 22,2 = 28,86 \text{ kN/m}^2 \quad (386)$$

$$\gamma' = \gamma = 22,2 \text{ kN/m}^3 \quad (387)$$

R_v

$$= 0,81 \cdot (39 \cdot 19,32 \cdot 1 \cdot 1,45 \cdot 1 + 28,86 \cdot 9,6 \cdot 1 \cdot 1,41 \cdot 1 + 0,5 \cdot 22,2 \cdot 0,9 \cdot 7,66 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1) = \quad (388)$$

$$1246,77 \text{ kN}$$

$$R_d = \frac{R_v}{\gamma_{R,v}} = \frac{1246,77\text{kN}}{1,4} = 890,55\text{kN} \quad (389)$$

Tikrinama sąlyga:

$$V_d \leq R_d$$

$$608,89\text{kN} < 890,552\text{kN} \quad (390)$$

Sąlyga tenkinama.

Apskaičiuojama atsparumo poveikiui atsargą:

$$\frac{R_d - V_d}{R_d} \cdot 100\% = \frac{890,55\text{kN} - 608,89\text{kN}}{890,55\text{kN}} \cdot 100\% = 31,63\% \quad (391)$$

Ekvivalentinis deterministinis visuminės saugos koeficientas (OFS):

$$\text{OFS} = \frac{R_d}{V_k + Q_k} = \frac{890,55\text{kN}}{416,47\text{kN} + 31,1\text{kN}} = 1,99 \quad (392)$$

Drenuojamos sąlygos

Trečias projektavimo būdas (DA-3)

Kombinacija - A1+M2+R3

Prenkami pamato pado plokštės matmenys: B x L x H = 0,9m x 0,9m x 0,5m

16 lentelė. Derinio daliniai koeficientai

	A1	M2	R3
γ_G	1,35		
γ_Q	1,5		
$\gamma_{\varphi'}$		1,25	
$\gamma_{c'}$		1,25	
$\gamma_{R,v}$			1

Pamato plokštės svoris:

$$G_{\text{pam}} = B \cdot L \cdot H \cdot \gamma_{\text{bet}} = 0,9\text{m} \cdot 0,9\text{m} \cdot 0,5\text{m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 10,125\text{kN} \quad (393)$$

Igilintos kolonos dalies svoris:

$$G_{kol} = 2,025 \text{ kN} \quad (394)$$

Supilto grunto svoris:

$$\begin{aligned} G_{grunt} &= (B \cdot L - b \cdot l) \cdot h_1 \cdot \gamma_{grunt} \\ &= (0,9 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 0,5) \cdot 0,8 \cdot 21,5 \text{ kN/m}^3 = 12,38 \text{ kN} \end{aligned} \quad (395)$$

Visa nuolatinė apkrova:

$$\begin{aligned} V_k &= G_k + G_{pam} + G_{kol} + G_{grunt} \\ &= 391,93 \text{ kN} + 10,125 \text{ kN} + 2,025 \text{ kN} + 12,38 \text{ kN} \\ &= 416,47 \text{ kN} \end{aligned} \quad (396)$$

Skaičiuojamoji apkrova:

$$V_d = \gamma_G \cdot V_k + \gamma_Q \cdot Q_k = 1,35 \cdot 416,47 + 1,5 \cdot 31,1 \text{ kN} = 608,89 \text{ kN} \quad (397)$$

Skaičiuojamasis atsparumas:

$$\begin{aligned} R_v &= A' \cdot (c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \\ &\quad \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma) \end{aligned} \quad (398)$$

$$A' = B \cdot L = 0,9 \text{ m} \cdot 0,9 \text{ m} = 0,81 \text{ m}^2 \quad (399)$$

$c' = 39 \text{ kPa}$ - pagal geologijos ataskaita:

$$c'_d = \frac{c'}{\gamma_{c'}} = \frac{39}{1,25} = 31,2 \text{ kPa} \quad (400)$$

$\varphi'_k = 24^\circ$, tai

$$\varphi'_d = \tan^{-1} \left(\frac{\tan \varphi'}{\gamma_{\varphi'}} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{\tan 24}{1,25} \right) = 19,61^\circ; \quad (401)$$

pagal ^[4] formules:

$$N_q = e^{\pi \cdot \text{tg} \varphi} \cdot \text{tg}^2 \left(45 + \frac{\varphi'_d}{2} \right) = 2,72^{3,14 \cdot \text{tg} 19,61} \cdot \text{tg}^2 \left(45 + \frac{19,61}{2} \right) = 6,15 \quad (402)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \varphi'_d = (6,15 - 1) \cdot \cot 19,61 = 14,47 \quad (403)$$

$$N_y = 2(N_q - 1) \cdot \text{tg} \varphi'_d = 2(6,15 - 1) \cdot \text{tg} 19,61 = 3,67 \quad (404)$$

Pamato pado pasvirimo nedimensiniai koeficientai:

$$b_c = 1; b_q = 1; b_\gamma = 1; \quad (405)$$

Pasvirusios jėgos, atsiradusios nuo horizontalios jėgos H, koeficientai:

$$i_c = 1; i_q = 1; i_\gamma = 1; \quad (406)$$

Pamato formos nedimensiniai koeficientai:

$$s_q = 1 + \sin \varphi'_d = 1 + \sin 19,61 = 1,34 \quad (407)$$

$$s_c = \frac{s_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{1,34 \cdot 6,15 - 1}{6,15 - 1} = 1,4 \quad (408)$$

$$s_y = 0,7$$

$$q = 28,86 \text{ kN/m}^2 \quad (409)$$

$$\gamma' = \gamma = 22,2 \text{ kN/m}^3$$

R_v

$$= 0,81 \cdot (31,2 \cdot 14,47 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1 + 28,86 \cdot 6,15 \cdot 1 \cdot 1,34 \cdot 1 + 0,5 \cdot 22,2 \cdot 0,9 \cdot 3,67 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1) = 725,11 \text{ kN} \quad (410)$$

$$R_d = \frac{R_v}{\gamma_{R,v}} = \frac{725,11 \text{ kN}}{1} = 725,11 \text{ kN} \quad (411)$$

Tikrinama sąlyga:

$$V_d \leq R_d \quad (412)$$

$$608,89\text{kN} < 725,11\text{kN}$$

Sąlyga tenkinama.

Apskaičiuojama atsparumo poveikiui atsarga:

$$\frac{R_d - V_d}{R_d} \cdot 100\% = \frac{725,11\text{kN} - 608,89\text{kN}}{725,11\text{kN}} \cdot 100\% = 16,03\% \quad (413)$$

Ekvivalentinis deterministinis visuminės saugos koeficientas (OFS):

$$\text{OFS} = \frac{R_d}{V_k + Q_k} = \frac{725,11\text{kN}}{416,47\text{kN} + 31,1\text{kN}} = 1,62 \quad (414)$$

Parinkti pamato matmenys ir gauti rezultatai surašomi į 17 lentelę.

17 lentelė. Gautų pamatų skaičiavimo reikšmės

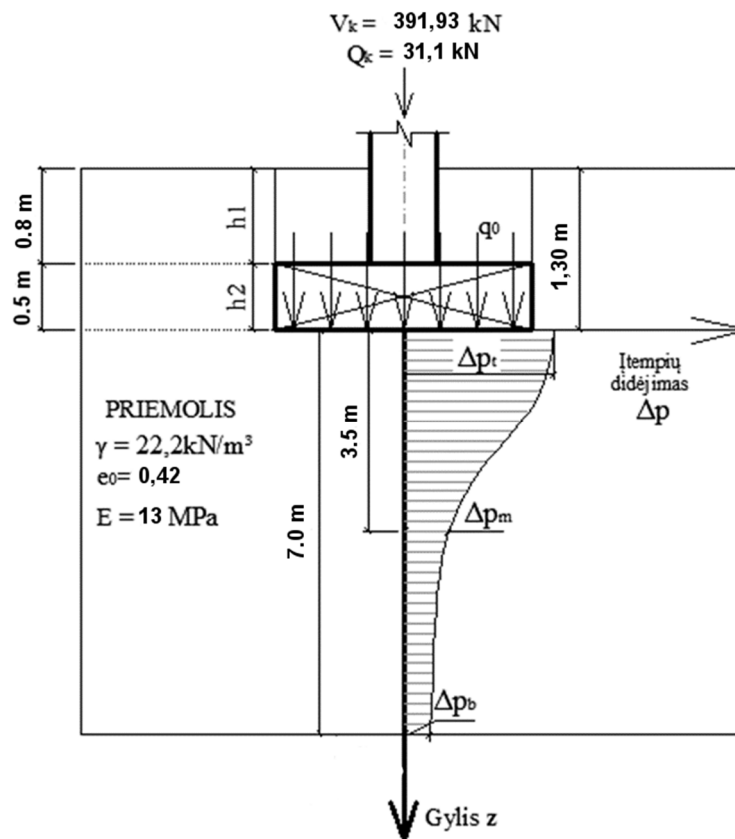
Projektavimo būdas	Pamato pado matmenys, m	Poveikio dydis, kN	Atspario poveikiui dydis, kN	Atsparumo poveikiui atsarga, %	Ekvivalentinis deterministinis visuminės saugos koeficientas OFS
Nedrenuojamos sąlygos					
DA 1-1	1,40x1,40x0,5	655	1341,62	51,18	2,79
DA 1-2	1,40x1,40x0,5	491,06	974,46	49,61	2,02
DA 2	1,70x1,70x0,5	692,29	1413	51,01	2,77
DA 3	1,60x1,60x0,5	679,05	1272,77	46,65	2,55
Drenuojamos sąlygos					
DA 1-1	0,90x0,90x0,5	608,89	1236,39	50,75	2,76
DA 1-2	0,90x0,90x0,5	456,9	725,11	36,99	1,62
DA 2	0,90x0,90x0,5	608,89	890,55	31,63	1,99
DA 3	0,90x0,90x0,5	608,89	725,11	16,03	1,62

Išvada: Didžiausia atsarga, gauta DA-1-1 būdu, nedrenuojančiomis sąlygomis, parenkant pamatą 1,4 x1,4 x0,5

Pamato nuosėdžių skaičiavimas

Ribinis būvis patikrinamas suskaičiuojant pamato nuosėdį. Apskaičiuojami tamprieji ir konsolidacijos nuosėdžiai. Skaičiuojami nuosėdžiai drenuojamomis sąlygomis DA-1-1 būdu

suprojektuotam pamatui, kurio matmenys – 1,4 m x 1,4 m x 0,5 m, ir kuris remiasi 1,3 m į priemolio gruntą:



28 pav. Įtempių išdėstymas

Tamprusis nuosėdis – S_e . Tamprieji (pirminiai) nuosėdžiai apskaičiuojami pagal formulę:

$$S_e = \frac{B \cdot q_0}{E_s} \cdot (1 - \mu_s^2) \cdot \alpha_r \quad (415)$$

q_0 – grynujų įtempių padidėjimas nuo anstato apkrovos:

$$q_0 = \frac{V_k + Q_k}{A} - q' = \frac{391,93 + 31,1}{1,4^2} - 28,86 = 186,97 \text{ kN/m}^2 \quad (416)$$

$q' = q_d = 28,86 \text{ kN/m}^2$ – paskaičiuota ankstesniuose skyriuose.

q_d – kontroliniai įtempimai nuo antstato V_k (nuolatinės, pamato, įgilintos kolonos dalies, atgal supilto grunto svorio) apkrovos ir nuo laikinos Q_k apkrovos.

B – pamato plotis 1,4 m

$E_s = 13 \text{ MPa} = 13000 \text{ kPa}$ – grunto deformacijų modulis pagal sklypo geologijos ataskaita.

μ_s - Puasono koeficientas. [5 p.30 4 lent.] Vidutinio kietumo molis – 0,25...0,4. Primama, kad $\mu_s = 0,3$
 $\alpha_r = 0,88$ – pamato pado ilgio ir pločio santykio įtakos pamato nuosėdžiui koeficientas. [5 p.28]

$$S_e = \frac{B \cdot q_0}{E_s} \cdot (1 - \mu_s^2) \cdot \alpha_r = \frac{1,4 \cdot 207,84}{13000} \cdot (1 - 0,3^2) \cdot 0,88 = 16,12 \text{ mm} \quad (417)$$

Konsolidacijos nuosėdžiai skaičiuojami pagal formulę:

$$S_c = \frac{C_c \cdot H_c}{1 + e_0} \cdot \log\left(\frac{p_0 + \Delta p_{av}}{p_0}\right); \quad (418)$$

Čia

$$C_c = 0,009 \cdot (LL - 10) = 0,009 \cdot (16,6 - 10) = 0,06 \quad (419)$$

– suspaudžiamumo (kompresijos) rodiklis.

$LL = 16,6$ – takumo riba pagal sklypo geologinę ataskaitą.

$H_c = 7\text{m}$ – priemolio grunto sluoksnio storis nuo pamato pado apačios (pagal geologinę ataskaitą).

$e_0 = 0,42$ – grunto poringumo koeficientas pagal sklypo geologinę ataskaitą.

p_0 = efektyvių įtempių priemolio sluoksnyje vidurkis prieš pamato įrengimą:

$$p_0 = h_1 \cdot \gamma + h_2 \cdot \gamma + \frac{H_c}{2} \cdot \gamma = 0,8 \cdot 22,2 + 0,5 \cdot 22,2 + \frac{7}{2} \cdot 22,2 = 106,56 \text{ kN/m}^2; \quad (420)$$

$$\Delta p_{av} = \frac{1}{6} \cdot (\Delta p_t + 4 \cdot \Delta p_m + \Delta p_b); \quad (421)$$

Priemolio sluoksnio viršus yra 0,0 m gylyje nuo pamato pado apačios, todėl:

$$\Delta p_t = \frac{q_0 \cdot B \cdot L}{(B + z)(L + z)} = \frac{186,97 \cdot 1,4 \cdot 1,4}{(1,4 + 0) \cdot (1,4 + 0)} = 186,97 \text{ kN/m}^2 \quad (422)$$

Priemolio sluoksnio vidurys yra 3,5 m gylyje nuo pamato pado apačios, todėl:

$$\Delta p_m = \frac{q_0 \cdot B \cdot L}{(B + z)(L + z)} = \frac{186,97 \cdot 1,4 \cdot 1,4}{(1,4 + 3,5) \cdot (1,4 + 3,5)} = 15,26 \text{ kN/m}^2 \quad (423)$$

Priemolio sluoksnio apačia yra 7,0 m gylyje nuo pamato pado apačios, todėl:

$$\Delta p_b = \frac{q_0 \cdot B \cdot L}{(B + z)(L + z)} = \frac{186,97 \cdot 1,4 \cdot 1,4}{(1,4 + 7) \cdot (1,4 + 7)} = 5,19 \text{ kN/m}^2 \quad (424)$$

Tuomet:

$$\Delta p_{av} = \frac{1}{6} \cdot (\Delta p_t + 4 \cdot \Delta p_m + \Delta p_b) = \frac{1}{6} \cdot (186,97 + 4 \cdot 15,26 + 5,19) = 42,2 \text{ kN/m}^2 \quad (425)$$

Tada:

$$S_c = \frac{C_c \cdot H_c}{1 + e_o} \cdot \log\left(\frac{p_0 + \Delta p_{av}}{p_0}\right) = \frac{0,06 \cdot 7}{1 + 0,42} \cdot \log\left(\frac{106,56 + 42,2}{106,56}\right) = 42,43 \text{ mm} \quad (426)$$

Bendri nuosėdžiai:

$$S = S_e + S_c = 16,12 + 42,43 = 58,55 \text{ mm} \quad (427)$$

Ribinis nuosėdis^[32 priedas 2 lent.1] yra 8 cm.

Išvada: Bendri nusėdimai sudėjus tampruosius ir konsolidacijos sėdimus tenkina leistinus nuosėdžius.

Pamato armavimo skaičiavimas

Skaičiavimui reikalingi duomenys:

- nuolatinė apkrova: $V_k = 391,93 \text{ kN}$;
- laikinoji apkrova: $Q_k = 31,1 \text{ kN}$;
- kolonos skerspjūvis: $b \times l = 300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$;

- kolona armuota 4Ø20 mm skersmens strypais;
- pamato matmenys: B x L x H = 1,4m x 1,4m x 0,5m;
- $f_y = 435$ MPa – armatūros S500 plieno takumo riba;
- $f_c = 20$ MPa – gniuždomo betono stipris, betonas C20/25.

Skaičiuotinis betono gniuždomasis stipris:

$$f'_c = \alpha \cdot \frac{f_c}{\gamma_c} = 0,9 \cdot \frac{20}{1,5} = 12 \text{ MPa} \quad (428)$$

Skaičiuojamoji apkrova pamatui:

$$V_d = \gamma_G \cdot V_k + \gamma_Q \cdot Q_k = 1,35 \cdot 391,93 + 1,5 \cdot 31,1 = 575,76 \text{ kN} \quad (429)$$

Skaičiuojamasis grunto atsparumas:

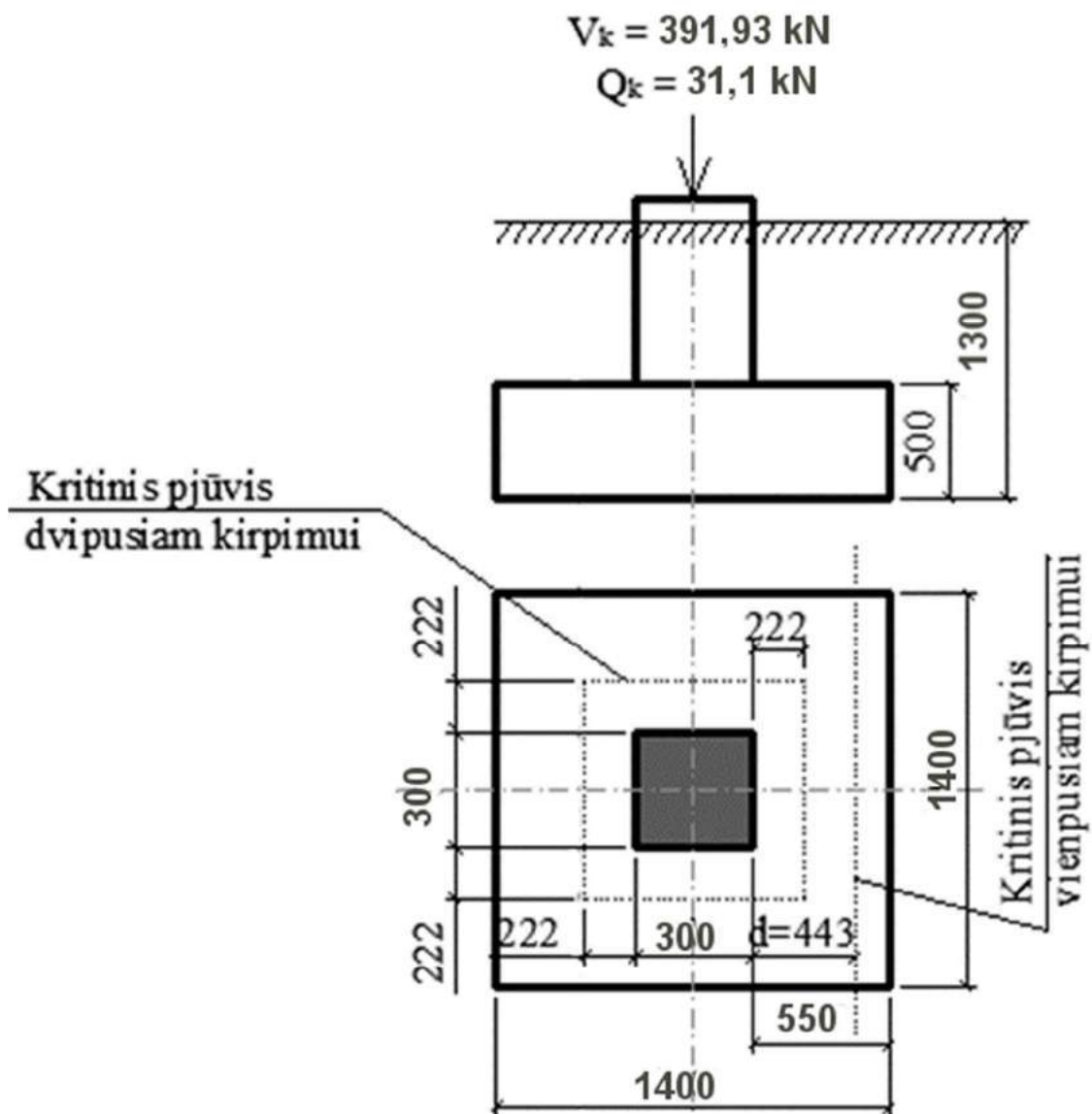
$$q_s = \frac{V_d}{B^2} = \frac{575,76 \text{ kN}}{1,4^2} = 293,75 \text{ kN/m}^2 \quad (430)$$

Priimamas armatūros skerspjūvis – 14mm=0,014m

Efektyvusis plokštės skerspjūvio aukštis:

$$d = H - 0,05 - \frac{0,014}{2} = 0,5 - 0,05 - 0,007 = 0,443 \text{ m} \quad (431)$$

Čia 0,05m – apsauginis pamato pado betono sluoksnis iki apatinės armatūros.



29 pav. Pamato patikrinimas kirpimui

Patikrinimas kirpimui:

$$V_u \leq \phi \cdot 0,17 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot B \cdot d; \quad (432)$$

$$V_u = q_s \cdot B \cdot \left(\left(\frac{B-b}{2} \right) - d \right) = 293,75 \cdot 1,4 \cdot \left(\left(\frac{1,4-0,3}{2} \right) - 0,443 \right) = 44 \text{ kN} \quad (433)$$

$$\phi V_c = 0,85 \cdot 0,17 \cdot \sqrt{12} \cdot 1,4 \cdot 0,443 \cdot 1000 = 310,45 \text{ kN} \quad (434)$$

$$V_u = 44 \text{ kN} \leq \phi V_c = 310,45 \text{ kN} \quad (435)$$

Sąlyga tenkinama.

Kritinis pjūvis praspaudimui yra per $d/2$ nuo kolonos krašto. Tuomet

$$V_c \leq \phi \cdot 0,34 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_0 \cdot d; \quad (436)$$

Formulėje (436) b_0 narys yra plokštės praspaudimo kritinio pjūvio perimetras:

$$b_0 = 4 \left(b + 2 \cdot \frac{d}{2} \right) = 4 \cdot \left(0,5 + 2 \cdot \frac{0,443}{2} \right) = 2,97 \text{ m} \quad (437)$$

Tada:

$$V_c = 0,85 \cdot 0,34 \cdot \sqrt{12} \cdot 2,97 \cdot 0,443 \cdot 1000 = 1318,08 \text{ kN} \quad (438)$$

$$V_u = q_s \cdot S_0 \quad (439)$$

Čia S_0 – kritinis plotas, kuris apskaičiuojamas taip:

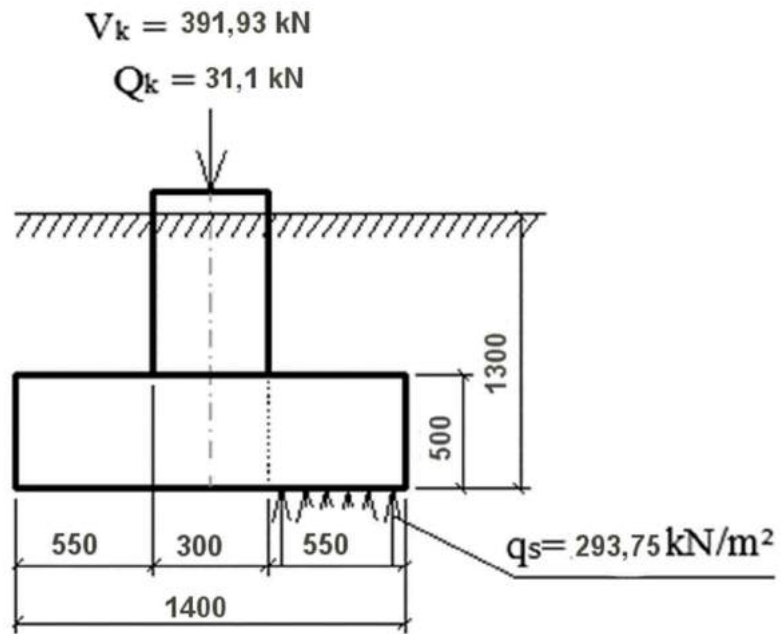
$$S_0 = B^2 - \left(b + 2 \cdot \frac{d}{2} \right)^2 = 1,4^2 - \left(0,5 + 2 \cdot \frac{0,443}{2} \right)^2 = 1,41 \text{ m}^2 \quad (440)$$

Tada:

$$V_u = 293,75 \cdot 1,41 = 413,59 \text{ kN} < V_c = 1318,08 \text{ kN} \quad (441)$$

Gautas pamato plokštės storis yra tinkamas.

Lenkiamos plokštės armatūros skaičiavimas:



30 pav. Lenkiamo elemento skaičiavimas

Lenkimo momentas kritiniame pjūvyje bus:

$$M_u = q_s \cdot B \cdot \left(\left(\frac{B-b}{2} \right)^2 / 2 \right) = 293,75 \cdot 1,4 \cdot \left(\left(\frac{1,4 \cdot 0,5}{2} \right)^2 / 2 \right) = 62,2 \text{ kNm} \quad (442)$$

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot B \cdot a}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 12 \cdot 1,4 \cdot a}{450} = 0,03a \quad (443)$$

$$\text{Iš lygties } M_u = \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right), \text{ kai } \phi = 0,9 \text{ ir } A_s = 0,03a \quad (444)$$

gaunama:

$$\phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = M_u \quad (445)$$

$$0,9 \cdot 0,03a \cdot 450000 \cdot \left(0,443 \cdot \frac{a}{2} \right) = 62,2 \quad (446)$$

$$a_1 = 0,011\text{m} \quad (447)$$

$$a_2 = 0,873\text{m} \quad (448)$$

Laikoma, kad $a=a_1=0,011\text{m}$

$$\text{Tada: } A_s = 0,03a = 0,03 \cdot 0,011 = 0,00035\text{m}^2 \quad (449)$$

Plokštės procentinis armavimas:

$$s = \frac{A_s}{B \cdot d} = \frac{0,00035}{1,4 \cdot 0,443} = 0,000563 < s_{\min} = 0,0018 \text{ (ACI 318 – 89)} \quad (450)$$

Todėl reikiamas armatūros skerspjūvio plotas:

$$A_s = s_{\min} \cdot B \cdot d = 0,0018 \cdot 1,4 \cdot 0,443 = 0,001116\text{m}^2 = 11,16\text{cm}^2 \quad (451)$$

Plokštė armuojama 8vnt $\varnothing 14\text{mm}$ armatūra, kurios $A_s = 8 \cdot 1,539 = 12,31 \text{ cm}^2$

Apskaičiuojamas pamato armatūros strypų ilgis:

$$L_d = 0,019 \cdot A_b \cdot \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} = 0,019 \cdot 153,9 \cdot \frac{450}{\sqrt{12}} = 379,85\text{mm} \quad (452)$$

$$\text{Taip pat } L_d \geq 0,058 \cdot d_b \cdot f_y = 0,058 \cdot 14 \cdot 450 = 365,4\text{mm} \quad (453)$$

$$\text{Tuomet priimama } L_d = 379,85\text{mm} \quad (454)$$

$$\text{Tikrasis } L_d = \frac{B-b}{2} - 0,02 = \frac{1,4-0,3}{2} - 0,02 = 0,53\text{m} \quad (455)$$

$$530\text{mm} > 379,85\text{mm} \quad (456)$$

Sąlyga išlaikyta.

Armatūrinių strypų ilgis pamate:

$$B - 2 \cdot 0,05 = 1,4 - 2 \cdot 0,05 = 1,3\text{m} \quad (457)$$

Atsparumo gniuždymui tikrinimas. Mažiausias atsparumas turi būti:

$$0,85 \cdot \phi \cdot f'_c \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}; \text{ kai ribojama } \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 2 \quad (458)$$

$$\text{šiuo atveju } \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{1,4 \cdot 1,4}{0,3 \cdot 0,3}} = 4,67 \quad (459)$$

Čia A_2 – pamato plotas;

A_1 – kolonos skerspjūvio plotas;

todėl naudojama $\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 2$ ir $\phi = 0,7$

$$\begin{aligned} 0,85 \cdot \phi \cdot f'_c \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} &= 0,85 \cdot 0,7 \cdot 12 \cdot 0,25 \cdot 2 = 3,57\text{MN} \\ &= 3570\text{kN} \end{aligned} \quad (460)$$

Skaičiuojamoji kolonos apkrova yra mažesnė už skaičiuojamąjį atsparumą t. y.

$$V_d = 575,76 < 3570\text{kN}$$

Sąlyga išlaikyta. (461)

Inkarinių strypų skaičiavimas

Apskaičiuojamas inkarinių strypų ilgis ^[5 p.75]. Skaičiavimuose naudojami 4Ø20mm inkariniai strypai:

$$L_d = \frac{0,24 \cdot f_y \cdot d_b}{\sqrt{f'_c}} = \frac{0,24 \cdot 450 \cdot 20}{\sqrt{12}} = 623,54\text{mm} \quad (462)$$

$$\text{Taip pat } L_d \geq 0,044 \cdot d_b \cdot f_y = 0,044 \cdot 16 \cdot 450 = 316,8\text{m} \quad (463)$$

Tuomet reikiamas $L_d = 623,54\text{mm}$

Ilgis nuo pamato viršaus iki užlenkiamos armatūros centro:

$$\begin{aligned} L_d &= H - 0,05 - 2 \cdot d_{b1} - \frac{d_b}{2} = 0,5 - 0,05 - 2 \cdot 0,014 - \frac{0,020}{2} \\ &= 0,412\text{m} \end{aligned} \quad (464)$$

Čia d_{b1} – pamato armatūros skerspjūvio diametras.

Inkarinės armatūros išlenkimo spindulys:

$$r = 6 \cdot d_b = 6 \cdot 20 = 120 \text{ mm} \quad (465)$$

Inkarinių strypų dalies virš pamato minimus aukštis $4 \cdot d_b = 4 \cdot 20 = 80 \text{ mm}$. (466)

Priimama, kad inkariniai strypai bus išlindę virš pamato 400 mm – sujungimui su kolonos išilgine armatūra. Užlenkiamos inkarinio strypo horizontalios dalies ilgis:

$$l = 5 \cdot d_b = 5 \cdot 20 = 100 \text{ mm} \quad (467)$$

Vertikalios inkarinio strypo dalies ilgis:

$$300 + 412 - 100 = 592 \text{ mm} \quad (468)$$

Paskaičiuojamas lenktos dalies ilgis:

$$l = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{4} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 120}{4} = 188,5 \text{ mm} \quad (469)$$

Inkarinio strypo pamate ilgis:

$$412 - 120 + 188,5 + 100 = 580,5 \text{ mm} \quad (470)$$

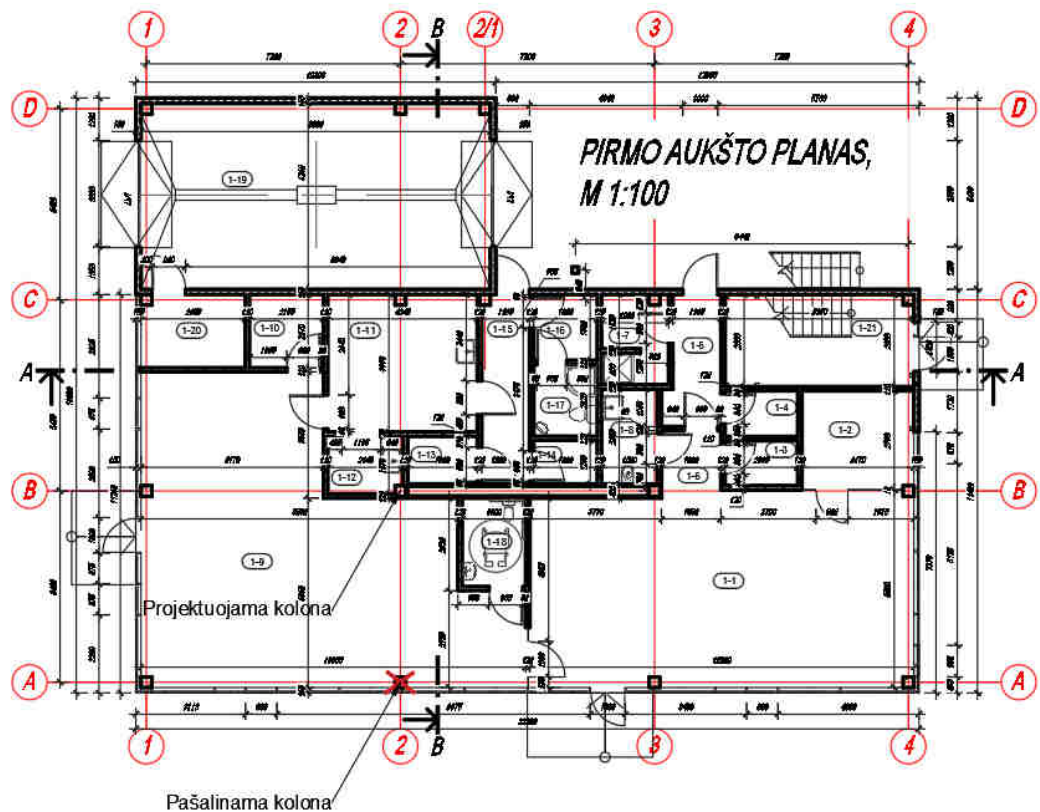
$$L_d = 623,54 \text{ mm} > 580,5 \text{ mm} \quad (471)$$

Inkarinės armatūros ilgis pamate pakankamas

Inkarinių strypų ilgis: $L = 623,54 + 100 + 188,5 = 880,5 \text{ mm}$ (472)

4. PROGRESYVIOSIOS GRIŪTIES GALIMYBIŲ VERTINIMO SKAIČIAVIMAI

Išanalizavus pastatą nustatyta, kad pavojingiausiais atvejais griūčiai atsirasti yra ašyje 2 priekinės kolonos elemento laikomosios galios netekimas. Magistrinio darbo gauti rezultatai leidžia įvertinti pastato elgseną netekus laikomosios galios vienam iš rėmo laikančiųjų elementų. Pateikiami gauti rezultatai, kokia būtų pasekmė netekus kolonai laikomosios galios. Įvertinama galimybė, jeigu pastatas būtų suprojektuotas taip, kad konstrukcinė geba vertintų pastato galimybę laikyti elementus, netekus galios pirmo aukšto kolonai.

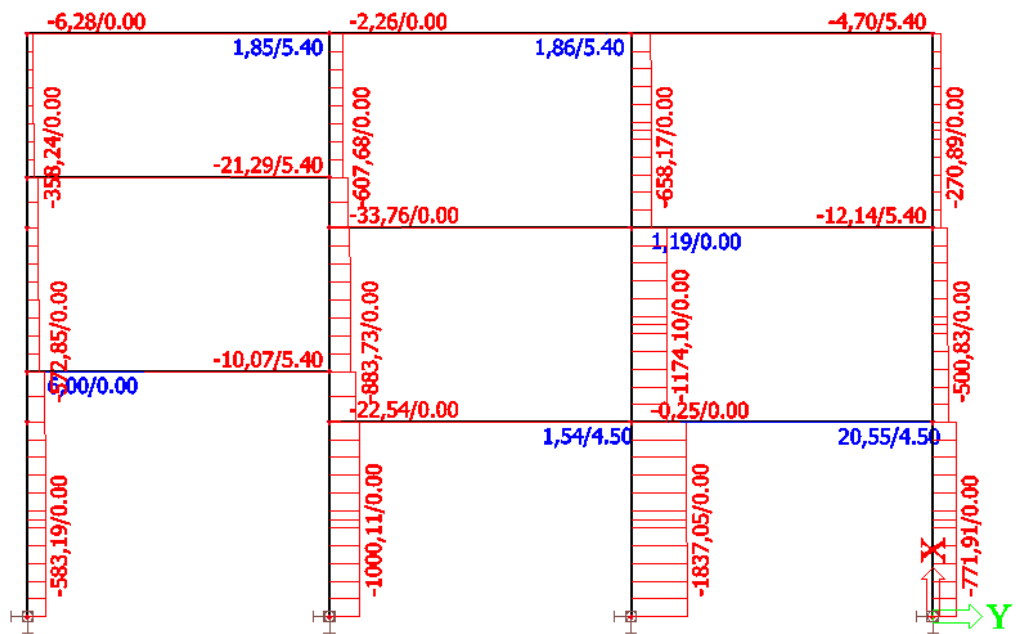


31 pav. Nagrinėjamo pastato schema.

31 pav. pateikta nagrinėjamo pastato schema, analizuojami du atvejai:

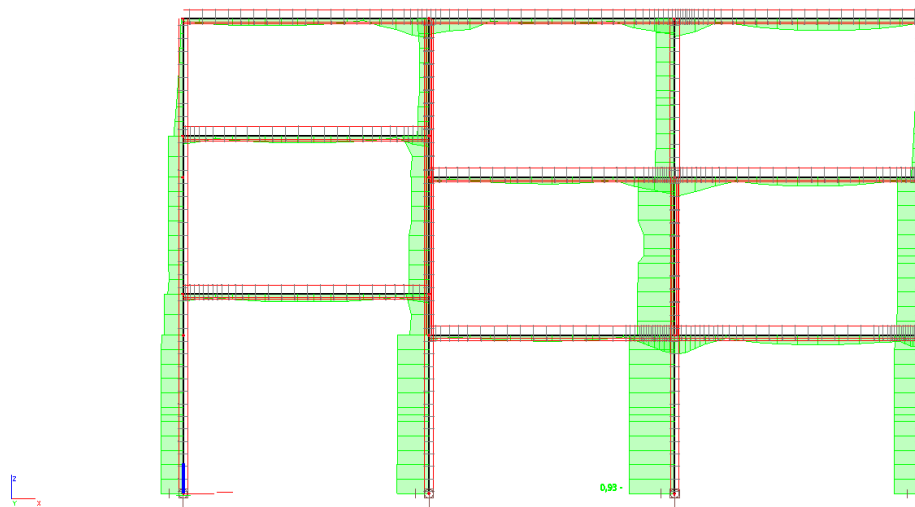
1. projektuojama kolona esant pastatui standartinėmis sąlygomis;
2. projektuojama kolona vertinant aplinkybę, kai kolona ašių sankirtoje A ir 2 netenka savo laikomosios galios.

Gauti pirmojo varianto rezultatai nuo pavojingiausio ULS derinio pateikiami 7 pav. Didžiausios kolonos įrašos, gaunamos sankirtoje ašių B ir 2, yra lygios 1837,05 kN. 2 pav. parodytas rėmo A-D įrašų pasiskirtymas ašyje 2.^[3,21]



32 pav. Ašinės jėgos nuo pavojingiausio derinio ašys D-A, ašyje 2 su kolona

Pagal gautas įrašas yra atliekamas rėmo armavimas ir patikrinama laikančioji geba (žr. 33 pav.).



33 pav. Rėmo armavimas

Pateikiamas kolonos armavimas:

Column B87	Rectangle (300; 300)
EC EN 1992-1-1	Section 0 [dx = 0 m]

Member length	Ld = 3.47 m
Buckling length y	Ly = 3.57 m
Buckling length z	Lz = 3.93 m

Materials	
Concrete	C30/37
Reinforcement	B 400A

Coefficients

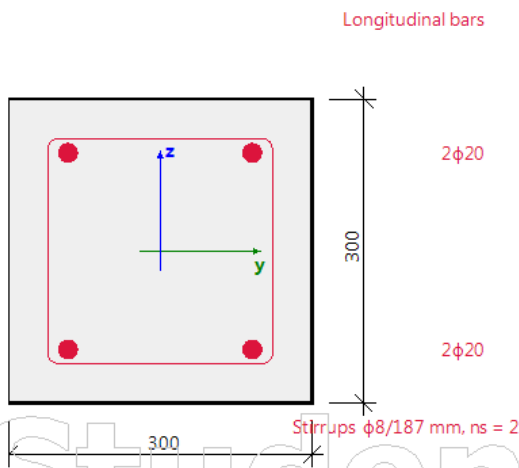
Code	EC EN 1992-1-1
Concrete parameters	$\gamma_c = 1.5, \alpha_{cc} = 1$
Reinforcement parameters	$\gamma_s = 1.15$

Reinforcement

Long. bars: 4 ϕ 20 mm, Tot. area = 1257 mm²
 Stirrups: $\phi = 8$ mm, $A_{sw} = 101$ mm², $A_{sw,s} = 538$ mm²/m

Cover of stirrup:

Top	35 mm
Bottom	35 mm
Left	35 mm
Right	35 mm



34 pav. Kolonos gautas armavimas.^[15]

Beam B60	T g (420; 700; 150; 300)
EC EN 1992-1-1:2004/AC:2008	Section 0 [dx = 0 m]

Member length:	L = 5.4 m
Buckling y-y	Ly = 6.73 m (sway)
Buckling z-z	Lz = 15.4 m (sway)

Concrete: C30/37	
Bi-linear stress-strain diagram	
Exposure class: XC3	

Longitudinal reinforcement: B 400A

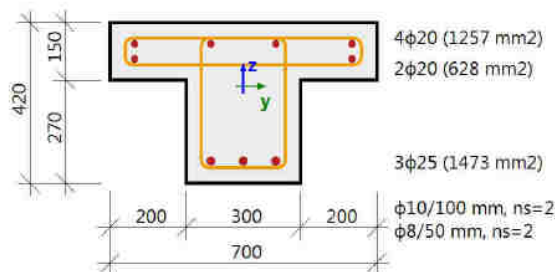
Bi-linear with an inclined top branch
 6 ϕ 20 mm + 3 ϕ 25 mm ($A_s = 3358$ mm²)
 $\rho_l = 1.805$ % (26.4 kg/m)

Shear reinforcement: B 400A

Bi-linear with an inclined top branch
 ϕ 10/100 mm ($n_s = 2$), ϕ 8/50 mm ($n_s = 2$)
 $\phi_{w,avg} = 9.06/71.9$ mm ($A_{sw} = 129$ mm²)
 $\rho_w = 0.963$ % (14.1 kg/m) ($A_{sw,m} = 1791$ mm²/m)

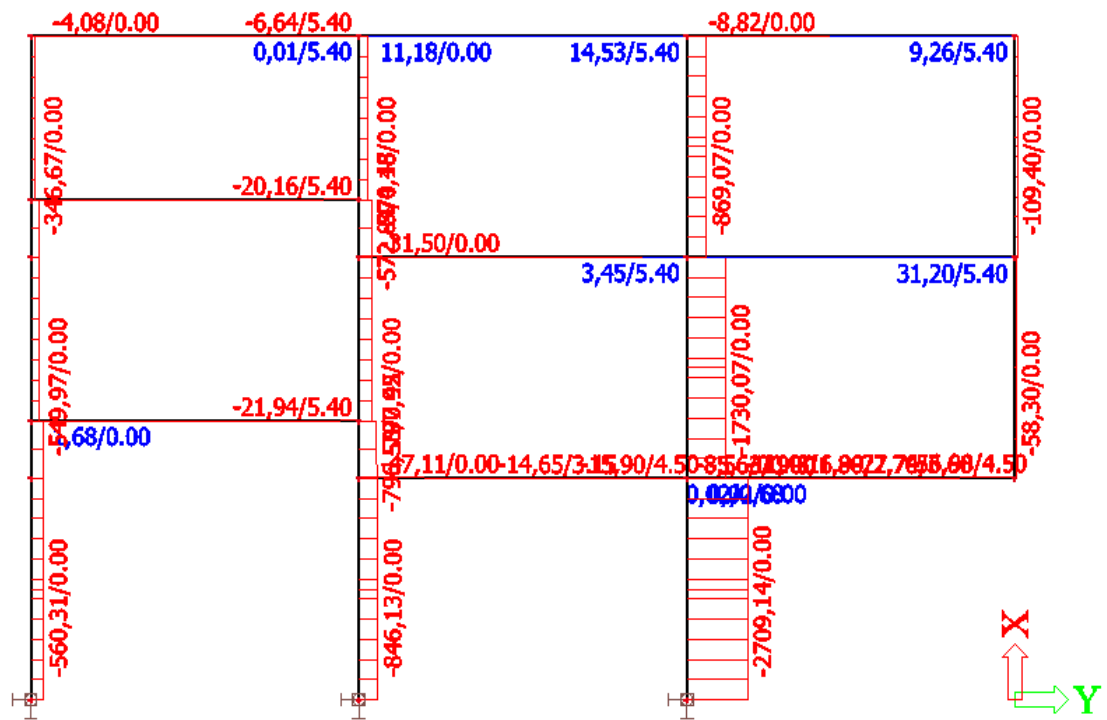
Cover (stirrup)

Top	36 mm
Bottom	36 mm
Left	36 mm
Right	36 mm



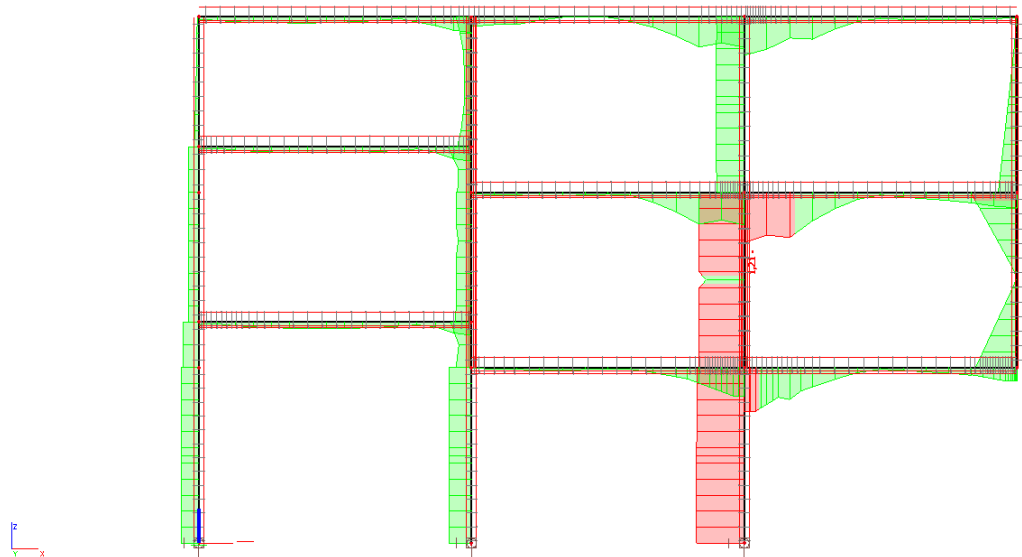
35 pav. Rėmsijės gautas armavimas

Perskaičiuojami rezultatai esant variantui, kai pašalinama kolona (žr. 36 pav.). Gauti rezultatai pateikiami 37–38 pav. Tokiu atveju didžiausia kolonos įrąža padidėja maždaug tris kartus, taip pat nelaiko, viršuje esanti kolona ir abidvi rėmsijės.



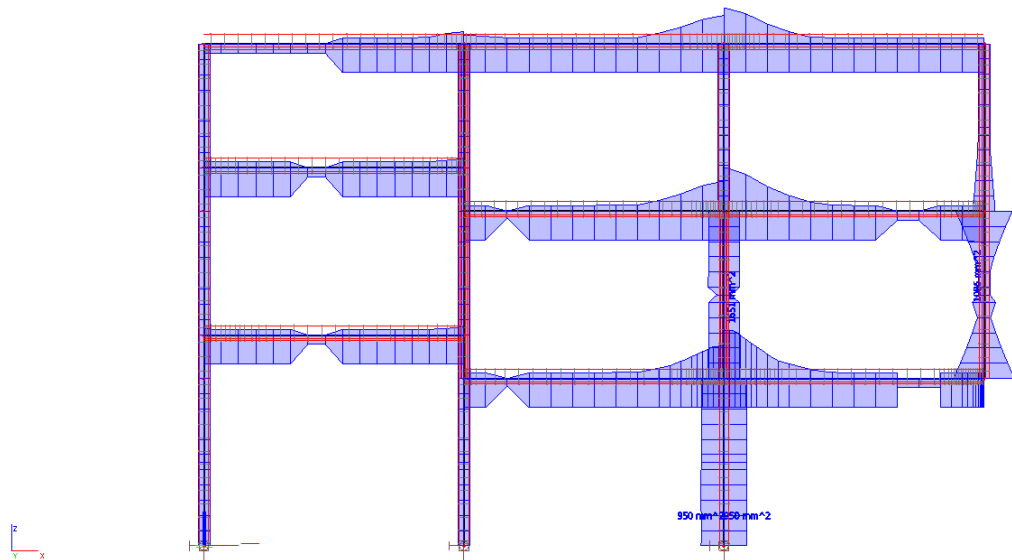
36 pav. Ašinės jėgos nuo pavojingiausio derinio ašys D-A, ašyje 2, kai nėra kolonos.

Gauti rezultatai rėmo pateikiami 37 pav. Kad atsitikus tokiai kritinei situacijai pastatas nesugriūtų, projektuojant reikalinga įvertinti šio atvejo reikalingą skerspjūvį:



37 pav. Kolonų išnaudojimas, kai nėra elemento

Pagal gautus rezultatus (žr. 38 pav.) nustatomas reikalingas rėmo armavimo skerspjūvis.



38 pav. Reikalingas armatūros diametras 2950 mm²

Atlikus įvertinimą reikalingas kolonos armavimas ir patikrinama laikančioji galia. Rezultatai pateikiami 39–40 pav.

Column B87		Rectangle (300; 300)
EC EN 1992-1-1		Section 3 [dx = 0,946 m]
Member length	Ld = 3,47 m	Materials Concrete C30/37 Reinforcement B 600B
Buckling length y	Ly = 3,64 m	
Buckling length z	Lz = 3,9 m	
		Coefficients Code EC EN 1992-1-1 Concrete parameters $\gamma_c = 1,5, \alpha_{cc} = 1$ Reinforcement parameters $\gamma_s = 1,15$
		Reinforcement Long. bars: 3 ϕ 30 mm + 5 ϕ 32 mm, Tot. area = 6142 mm ² Stirrups: $\phi = 8$ mm, $A_{sw} = 101$ mm ² , $A_{sw,s} = 367$ mm ² /m Cover of stirrup: Top 35 mm Bottom 35 mm Left 35 mm Right 35 mm

Longitudinal bars

4 ϕ 32

3 ϕ 30 1 ϕ 32

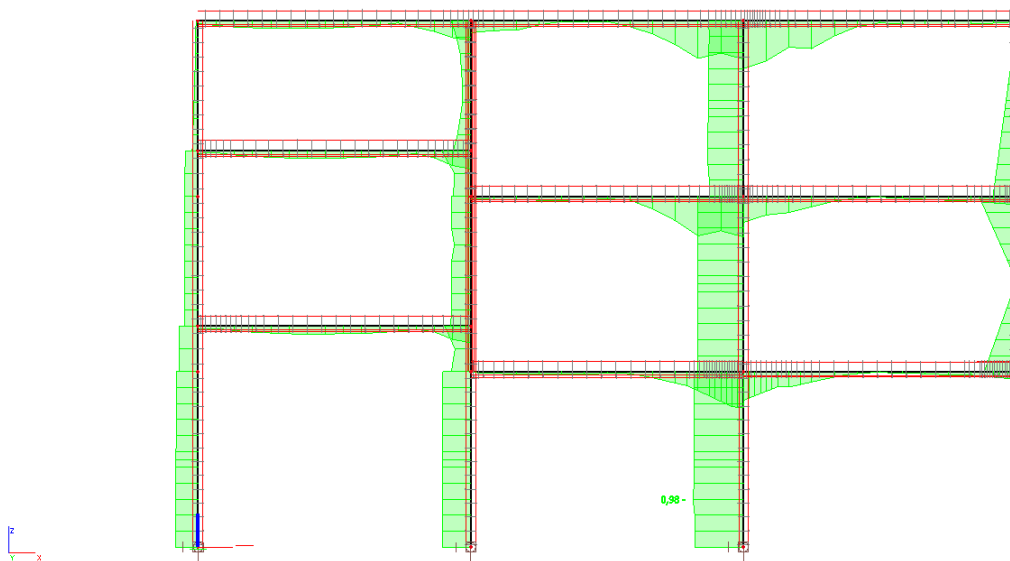
Stirrups ϕ 8/274 mm, ns = 2

39 pav. Suteiktas naujas armavimas

Beam B60		T g (420; 700; 150; 300)
EC EN 1992-1-1:2004/AC:2008		Section 0 [dx = 0 m]
Member length:	L = 5.4 m	Concrete: C30/37
Buckling y-y	$L_y = 8.45$ m (sway)	Bi-linear stress-strain diagram
Buckling z-z	$L_z = 24.5$ m (sway)	Exposure class: XC3
	4 ϕ 30 (2827 mm ²)	Longitudinal reinforcement: B 600C
	2 ϕ 30 (1414 mm ²)	Bi-linear with an inclined top branch
	3 ϕ 30 (2121 mm ²)	9 ϕ 30 mm ($A_s = 6362$ mm ²)
	ϕ 10/100 mm, ns=2 ϕ 8/50 mm, ns=2	$\rho_l = 3.420$ % (49.9 kg/m)
		Shear reinforcement: B 400A
		Bi-linear with an inclined top branch
		ϕ 10/100 mm ($n_s = 2$), ϕ 8/50 mm ($n_s = 2$)
		$\phi_{w,avg} = 9.06/71.9$ mm ($A_{s,w} = 129$ mm ²)
		$\rho_w = 0.963$ % (14.1 kg/m) ($A_{s,swm} = 1791$ mm ² /m)
		Cover (stirrup)
		Top: 36 mm
		Bottom: 36 mm
		Left: 36 mm
		Right: 36 mm

40 pav. Rėmsijės gautas armavimas.

Bendra rėmo būklė įvertinama (žr. 41 pav.) pakeitus armavimą greta esančiuose elementuose.



41 pav. Suteiktas armavimas nesant kolonai

IŠVADOS

1. Atlikta įvairių šalių (JAV, ES, Ukrainos, NVS, JK), valstybių progresyvosios griūties reglamentuojamų dokumentų analizė. Analizei pasirenkami deriniai, kuriais vertinami pastatai tikrinant progresyvosios griūties išvengimo galimybes. Paminėtos pasyvios ir aktyvios priemonės norint išvengti progresyvosios griūties.
2. Praktinėje darbo dalyje paskaičiuotos pagrindinės laikančiosios konstrukcijos:
 - g/b surenkamoji kiaurymėtė plokštė, kurios laikomoji armatūra $3\emptyset 12 Y1100 A_{p1} = 339 \text{ mm}^2$, betonas C30/37 klasė ,XC0, įlinkis – 12,2 mm;
 - g/ surenkama rėmsijė su laikančiąja armatūras $4\emptyset 22 S400 A_s = 1520 \text{ mm}^2$, C50/60, XC0, įlinkis 7,31 mm;
 - g/b surenkama kolona kurios laikomoji armatūra $4\emptyset 20 S500 A_s = 1260 \text{ mm}^2$, C35/40 klasė XC0
 - g/b pamatas, kurio gabaritai – 1400x1400x500. Pamato suskaičiuota armatūra $8\emptyset 14 A_s = 1231 \text{ mm}^2$ S500 C20/25 klasė XC2, bendri nuosėdžiai 58,55 mm
3. Atlikus įrašų skaičiavimus didžiausia ašinė jėga yra lygi 1837,05 kN, pašalinus koloną ašinė jėga toje pačioje vietoje gaunasi 2709,14 kN, t.y. 1,5 karto didesnė.
4. Atliktas degalinės pastato progresyvosios griūties grėsmės įvertinimo modeliavimas, pašalinus tikėtiną struktūrinį elementą, kuris galėjo netekti savo laikančios galios, įvažiavus į pastatą motorizuotai transporto priemonei, ar pvz., padėjus sprogmenį panašioje vietoje. Nustatyta, kad atsitikus tokiam įvykiui degalinė sugriūtų, šalia esantys konstrukciniai elementai netektų savo galios – kas ir iššauktų viso pastato griūtį. Norint išvengti tokios avarijos, projektuojant pastatą reikėtų įvertinti atvejį, kaip statinys reaguotų, jeigu struktūrinio elemento nebūtų. Tokiu būdu kolonos armatūros strypų diametrą reikėtų padidinti nuo $\emptyset 20$ mm su $A_s = 1257 \text{ mm}^2$ iki $\emptyset 32$ mm su $A_s = 6142 \text{ mm}^2$. Rėmsijės armatūrą – nuo $\emptyset 20$ mm su $A_s = 3358 \text{ mm}^2$ iki $\emptyset 30$ su $A_s = 6362 \text{ mm}^2$. Gauti rezultatai parodo, kad pakeitus kolonos ir rėmsijės armavimą, progresyvioji griūtis neįvyktų. Rezultatuose pateikiamas reikiamo armavimo pavyzdys, didžiausias įrašas tenkančiai kolonai.

LITERATŪRA

1. BERNARDINAI.LT "Karigės" gamybos pastatas Kaune sugriuvo dėl netinkamo eksploatavimo - Bernardinai.lt. In [interaktyvus]. 2005. [žiūrėta 2017-05-13]. Prieiga per internetą: <<http://www.bernardinai.lt/straipsnis/2005-06-30-kariges-gamybos-pastatas-kaune-sugriuvo-del-netinkamo-eksploatavimo/19890>>.
2. BYFIELD, M. - PARAMASIVAM, S. Murrah Building Collapse: Reassessment of the Transfer Girder. In *Journal of Performance of Constructed Facilities* . 2012. Vol. 26, no. 4, p. 371–376. .
3. CYRIL HECK [EN] What is New in SCIA Engineer 16 - YouTube. In *SCIA* [interaktyvus]. 2016. [žiūrėta 2017-05-13]. Prieiga per internetą: <<https://www.youtube.com/watch?v=W6Inwl99pME>>.
4. ČERNIUS, B. *Pamatų projektavimo pagal 7 Eurokodą vadovas*. . Kaunas: Technologija, 2014. 123 p.
5. ČERNIUS, B. *SEKLIEJI PAMATAI*. . Kaunas: TechnologijaL, 2014. 76 p.
6. DELFI.LT Tragedija "Karigėje" virsta skandalu - DELFI. In [interaktyvus]. 2005. [žiūrėta 2017-05-13]. Prieiga per internetą: <<http://www.delfi.lt/news/daily/crime/tragedija-karigeje-virsta-skandalu.d?id=6322696>>.
7. DILIŪNAS, S. et al. *Skerspjūvio geometrinės charakteristikos: paprastai ir ne tik : mokomoji knyga / Saulius Diliūnas ... [et al.] ; Kauno technologijos universitetas. Deformuojamų kūnų mechanikos katedra*. . Kaunas: Technologija, 2013. ISBN 9786090209691.
8. DOD, (Department of Defense) Design of Buildings To Resist Progressive Collapse. In *Unified Facilities Criteria 4-023-03* . 2009. no. June, p. 245. .
9. E.JUŠKEVIČIUS *ADMINISTRACINIO PASTATO SU KAVINE IR PREKYBOS SALE ALYTUJE PROJEKTAVIMAS*. [s.l.]: Kauno technikos kolegija, 2012. .
10. EN 1991-1-7 Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-7: General actions - Accidental actions. In *European Committee for Standardization* . 2006. Vol. 7, no. 2006, p. 69. .
11. FU, F. Progressive collapse analysis of high-rise building with 3-D finite element modeling method. In *Journal of Constructional Steel Research* . 2009. Vol. 65, no. 6, p. 1269–1278. .
12. FU, F. (Structural engineer) *Structural analysis and design to prevent disproportionate collapse*. . [s.l.]: 2016, 2016. ISBN 1498706797.
13. GOVERNMENT PRINTING OFFICE. 2003 Facilities Standards (P100) Overview. In [interaktyvus]. 2003. [žiūrėta 2017-05-13]. Prieiga per internetą: <<https://www.gsa.gov/portal/category/21049>>.

14. LJOKŪBAITIENĖ, V. JOKŪBAITIS, A. KUDZYS, P. V. *Gelžbetoninės konstrukcijos*. . Vilnius: Mokslas, 1988. 220 p. ISBN 5-420-00132-2.
15. JAROSLAV BROZ [EN] New intro video for Scia Concrete Section 2.1 - YouTube. In *SCIA Concrete section* [interaktyvus]. 2015. [žiūrėta 2017-05-13]. Prieiga per internetą: <<https://www.youtube.com/watch?v=XdAYVzAZ1Ko>>.
16. LISIAUSKAS, T. VERSLO CENTRO KAUNE STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ DALIES PROJEKTAS. In . 2016. .
17. MARČIUKAITIS, G. - VALIVONIS, J. *Statybinės konstrukcijos ir jų projektavimo pagal euronormas pagrindai : vadovėlis / Gediminas Marčiukaitis, Juozas Valivonis ; Vilniaus Gedimino technikos universitetas*. . Vilnius: Technika, 2010. ISBN 9789955286769.
18. NAIR, R.S. Progressive collapse basics. In *Modern Steel Construction* . 2004. Vol. 44, no. 3, p. 37–44. .
19. R. BARAUSKAS, R. BELEVIČIUS, R. K. *Baigtinių elementų metodo pagrindai*. . Vilnius: Technika, 2004. 612 p. ISBN 9986-05-792-2.
20. SASHI K. KUNNATH “Progressive Collapse Analysis of Reinforced Concrete Frame Buildings following Sudden Column Loss” - YouTube. In *Monday, 22 August 2016 at the Main Auditorium, AITCC, Asian Institute of Technology, Thailand* [interaktyvus]. 2016. [žiūrėta 2017-01-05]. Prieiga per internetą: <<https://www.youtube.com/watch?v=YU5zpbOL81Y&t=4s>>.
21. SCIA DAN MOANGHAN [EN] Scia Engineer General Overview - Webinar 20 Nov. 2013 - YouTube. In [interaktyvus]. 2013. [žiūrėta 2017-05-12]. Prieiga per internetą: <<https://www.youtube.com/watch?v=2j4gS9ITTW0>>.
22. U.S. GENERAL SERVICES ADMINISTRATION (GSA) Alternate path analysis and design guidelines for progressive collapse resistance. In *U.S. General Services Administration (GSA)* . 2013. .
23. VALIKONIS, J. - VENCKEVIČIUS, V. *Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas : metodiniai nurodymai / Juozas Valikonis, Vytautas Venckevičius ; Kauno politechnikos institutas. Statybinės technikos katedra. Statybinių konstrukcijų katedra*. . Kaunas: KPI, 1987. .
24. VASILIEVA, A. Progressive collapse, methods of prevention. In *Theses and Dissertations* . 2013. p. 112. .
25. VENCKEVI, V. - IPOLITAS, I. U.S. Pastatų perdangos su surenkamosiomis gelžbetoninėmis kiauromis tosiomis plokštėmis. In . 2007. .
26. WANG, J.F. - LI, G.Q. Testing of semi-rigid steel-concrete composite frames subjected to vertical loads. In *Engineering Structures* . 2007. Vol. 29, no. 8, p. 1903–1916. .
27. БАРАБАШ, М. Методика моделирования прогрессирующего обрушения на

примере реальных высотных зданий. In . 2014. Vol. 0. .

28. Vilnius: Lietuvos Respublikos Statybos ir Urbanistikos ministerija, 1995. .

29. STR 1.01.03:2017 „Statinių klasifikavimas“. In [interaktyvus]. 2016. [žiūrėta 2017-05-13]. Prieiga per internetą: <<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/c14e6210afe511e6b844f0f29024f5ac>>.

30. *STR 2.05.04:2003 Poveikiai ir Apkrovos. Statybos techninis reglamentas* [interaktyvus]. . Vilnius: Lietuvos respublikos aplinkos ministerija, 2003. 233 p.

31. *STR 2.05.05:2005 Betoninių ir Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. Statybos techninis reglamentas.* . Vilnius, Lietuva: Lietuvos respublikos aplinkos ministerija, 2010. 356 p.

32. *STR 2.05.21:2016 Geotechninis projektavimas. Bendrieji reikalavimai.* . [s.l.]: Lietuvos respublikos aplinkos ministerija, 2016. 158 p.

PRIEDAI

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS

Magistrantūros studijų programa "STATYBA"

T000M167 MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Temos pavadinimas lietuvių ir anglų k.	Ypatingos paskirties pastato griūties galimybių įvertinimo tyrimai Progressive Collapse Investigation of Load Bearing Structures
Trumpas projekto aprašas (iki 2000 ženklų)	<p><i>Mokslinė problema</i> Netekus, vieno elemento, laikomosios galios nėra aišku kaip pastato konstrukcija elgsis ar nebus viso pastato griūties.</p> <p><i>Darbo tikslas</i> Suprojektuoti ypatingos paskirties pastato konstrukcijas ir nustatyti konstrukcijų elgseną esant griūčiams.</p> <p><i>Tyrimų metodologija /Taikomi tyrimo metodai</i> Analitinis ir skaitmeninis modeliavimas.</p> <p><i>Preliminari darbo struktūra</i> Įvadas 1. Problemos apžvalga, darbo tikslas ir uždaviniai 2. Metodologinė dalis 3. Tyrimo rezultatai 4. Tyrimo rezultatų pritaikymas projektiniams sprendiniams 5. Išvados Literatūros sąrašas Priedai <i>Laukiami rezultatai</i> Suprojektuotas ypatingos paskirties pastato laikančiosios konstrukcijos. <i>Planuojamos publikacijos</i> Planuojamas vienas straipsnis. <i>Kiti svarbūs aspektai (jeigu yra), pvz.:</i> Planuojama naudoti programinę įrangą SCIA Engineer, AutoCad.</p>
Užbaigto darbo pateikimo terminas <u>2018 sausio mėn.</u>	
Magistro baigiamojo projekto vertinimo kriterijai:	
Recenzento vertinimas 30%, Projekto ataskaita 40%, Pristatymas 30%.	

Magistro baigiamojo projekto preliminarus rengimo grafikas:

Semestras, savaitė	Užduotis	Rezultatas	Įvykdymo terminas
Semestras 1	Temos pasirinkimas, literatūros paieška ir studijos.	Žodinis iliustruotas pranešimas	16 savaitė
Semestras 2	Magistro baigiamojo projekto išsami mokslinės literatūros analizė, tiriamojo projekto tikslų ir uždavinių formulavimas. Baigiamojo projekto rengimas – eksperimentai,	Žodinis iliustruotas pranešimas, projekto ataskaita.	20 savaitė

	modeliavimas, skaičiavimai, sprendimų paieška.		
Semestras 3	Gautų rezultatų apibendrinimas, galutinių sprendimų ir išvadų parengimas, darbo apiforminimas.	Projekto gynimas	2018 m. sausio mėn.

Studentas

Vardas, pavardė	Paulius Stasiulaitis
Kontaktinė informacija (el. paštas, tel. Nr.)	Paulius.stasiulaitis@ktu.edu Tel.: 867107929
Parašas, data	

Magistro baigiamojo projekto vadovas

Moksl. laipsnis/pedag.vardas, Vardas, pavardė	Dr. lekt. Nerijus Adamukaitis
Fakultetas, katedra, El. Paštas, tel. Nr.	Statybos ir architektūros fakultetas Statybinių konstrukcijų katedra Nerijus.adamukaitis@ktu.lt , tel.: 862759789
Parašas, data	

Konsultantas

Moksl. laipsnis/ pedag.vardas, Vardas, pavardė	Dr. Doc Minadaugas Augonis
Fakultetas, katedra, El. Paštas, tel. Nr.	Statybos ir architektūros fakultetas Statybinių konstrukcijų katedra Mindaugas.augonis@ktu.lt , tel.
Parašas, data	

Statybų technologijų studijų krypties programų komiteto sprendimas

Patvirtinta

Nepatvirtinta

SPK protokolo Nr. _____

Statybų technologijų studijų krypties programų vadovas

Vardas, pavardė	Doc. dr. Rasa Apanavičienė
Parašas, data	

KTU statybos fakultetui

SUTIKIMAS

2017 m. vasario 10 d.

Alytus

Duomenys apie sutikimo pateikėją

Eugenijus Juškevičius

Ryšio duomenys

El. paštas e.juskevicius@gmail.com

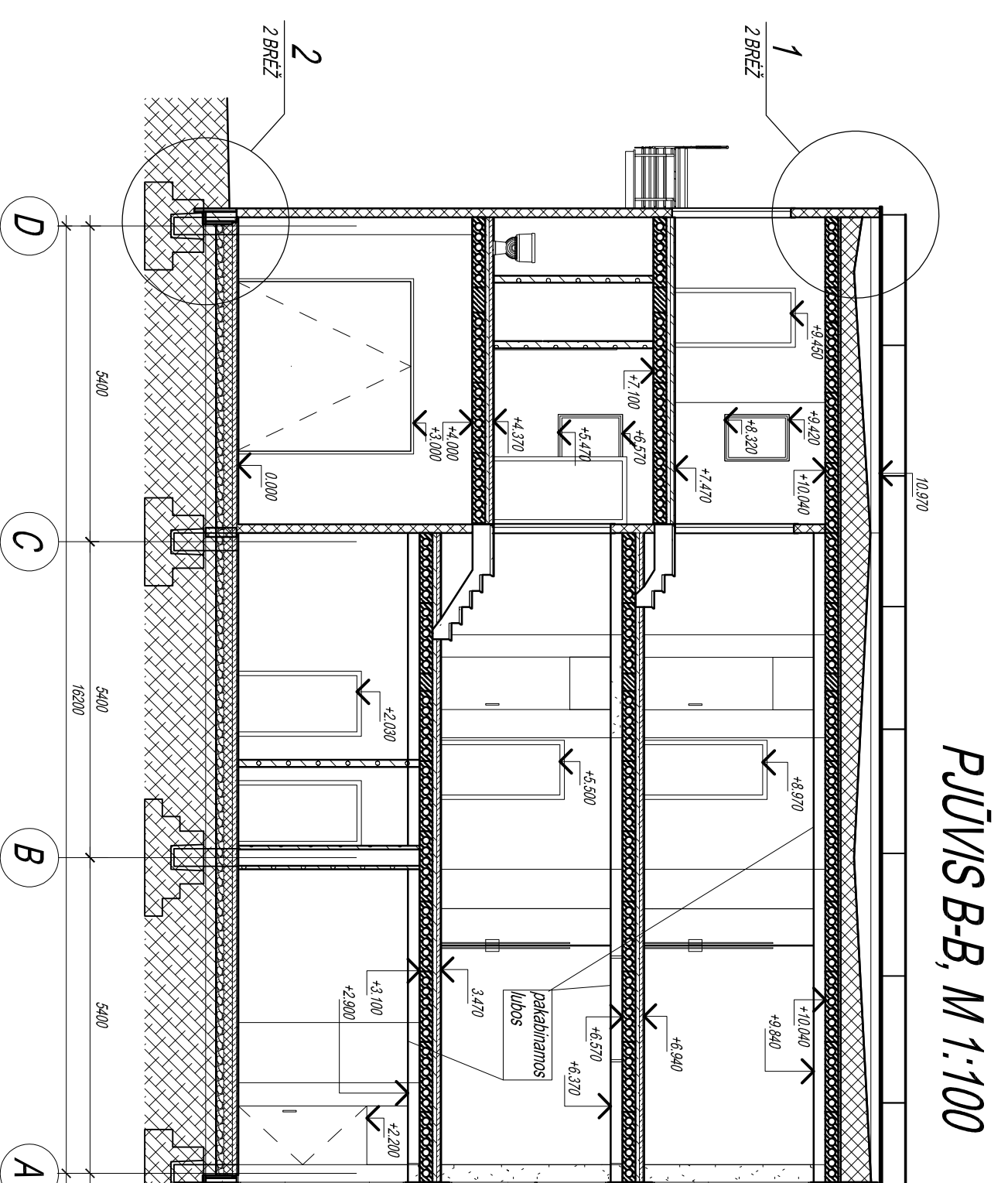
Sutinku, kad KTU studentas Paulius Stasiulaitis naudotų mano darbus moksliniams tyrimams.

Eugenijus Juškevičius

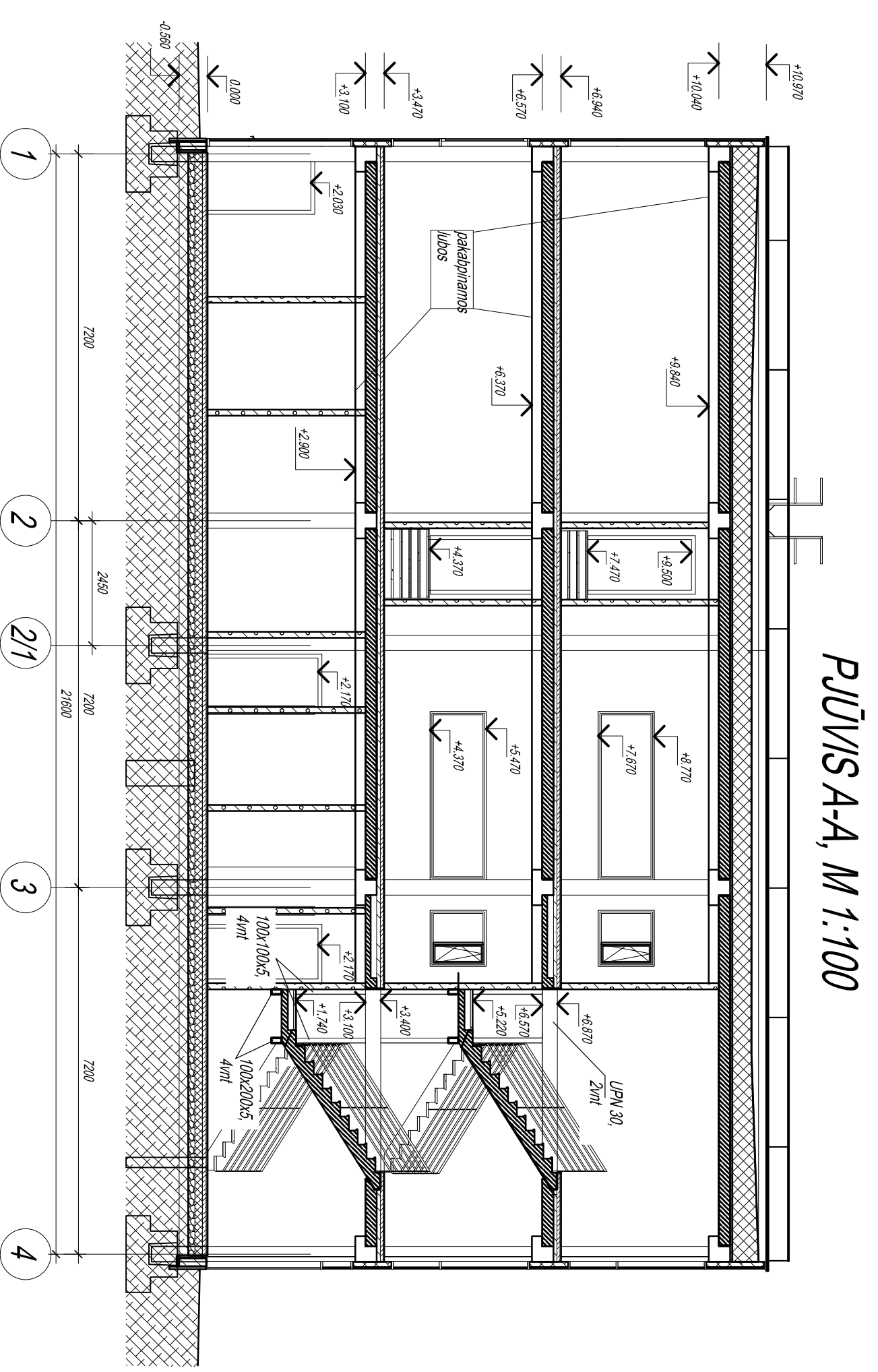


2017-02-10

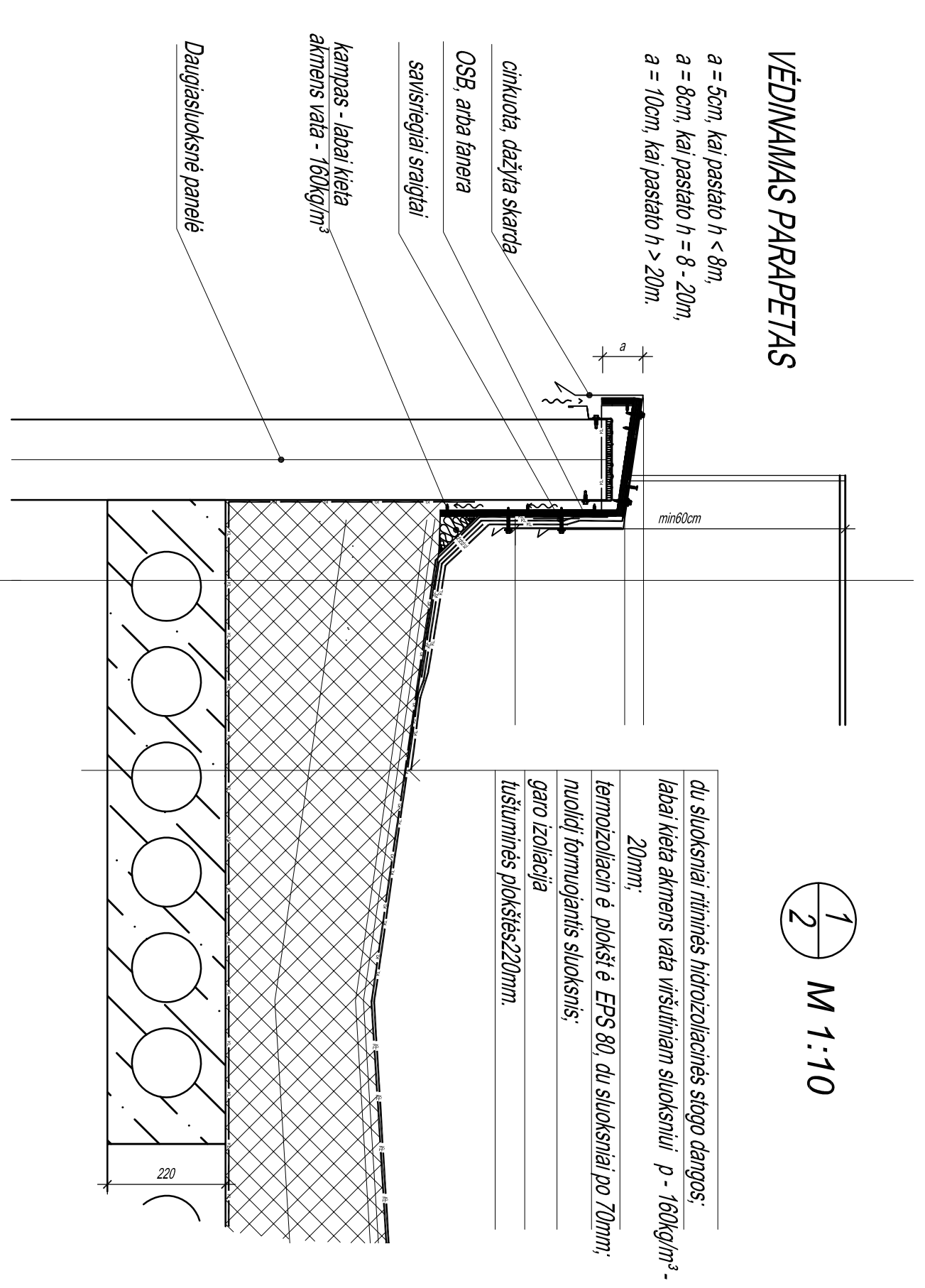
(pateikėjo vardas, pavardė, parašas, data)



PŪVIS-B-B, M 1:100

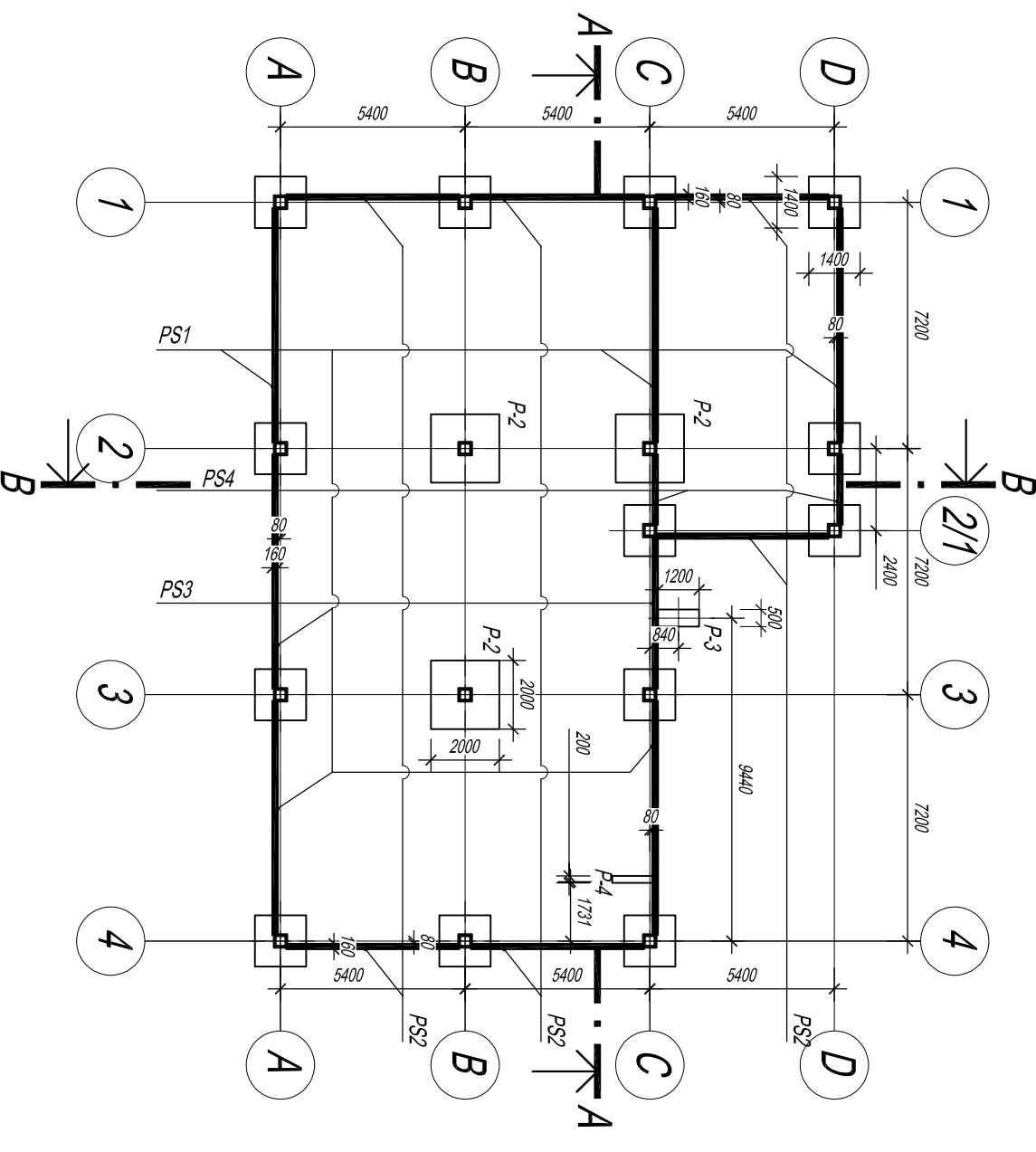


PŪVIS-A-A, M 1:100

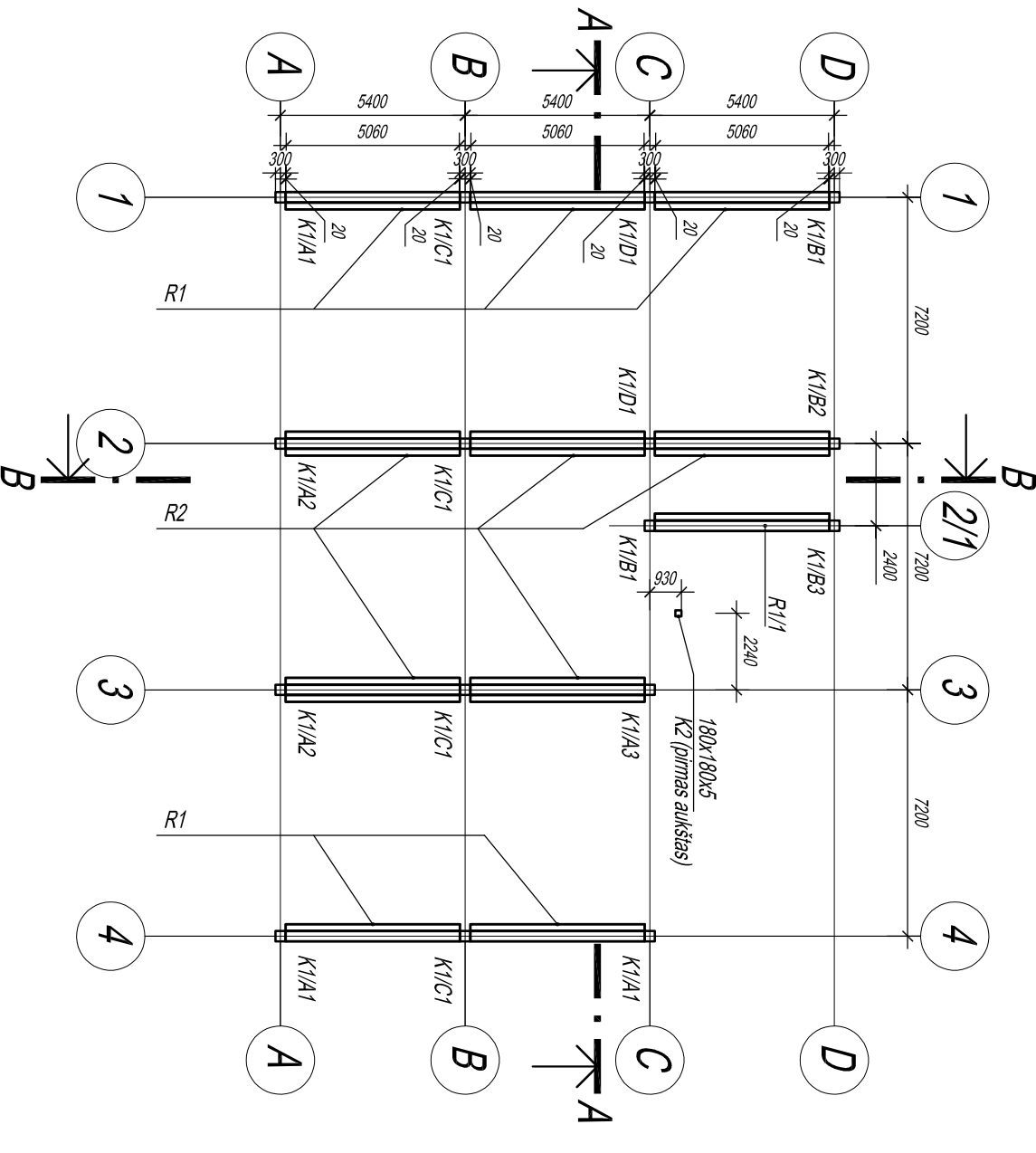


M 1:10

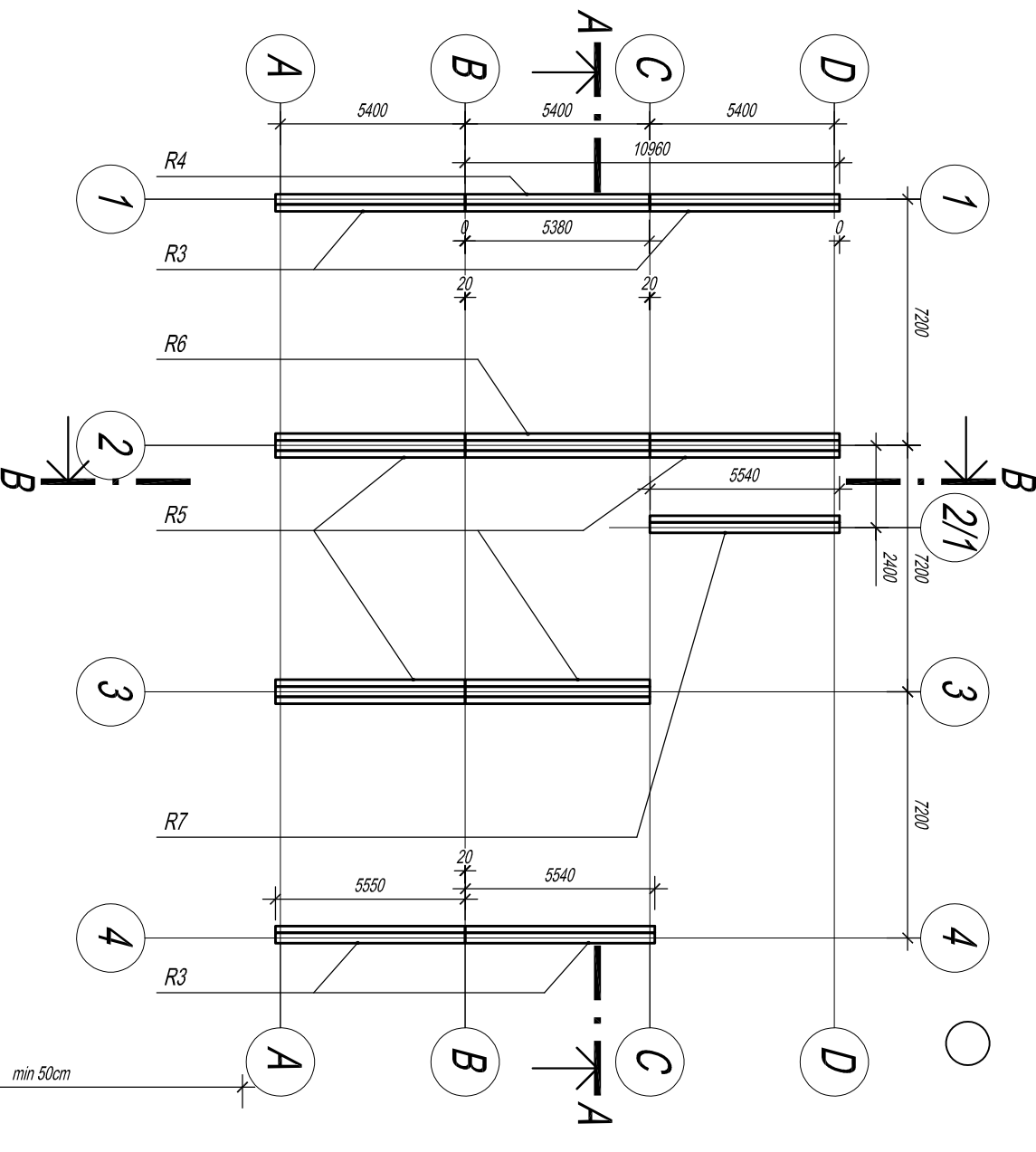
PAMATŲ PLANAS, M 1:200
PASTABA: nepažymėti pamatai - P-1



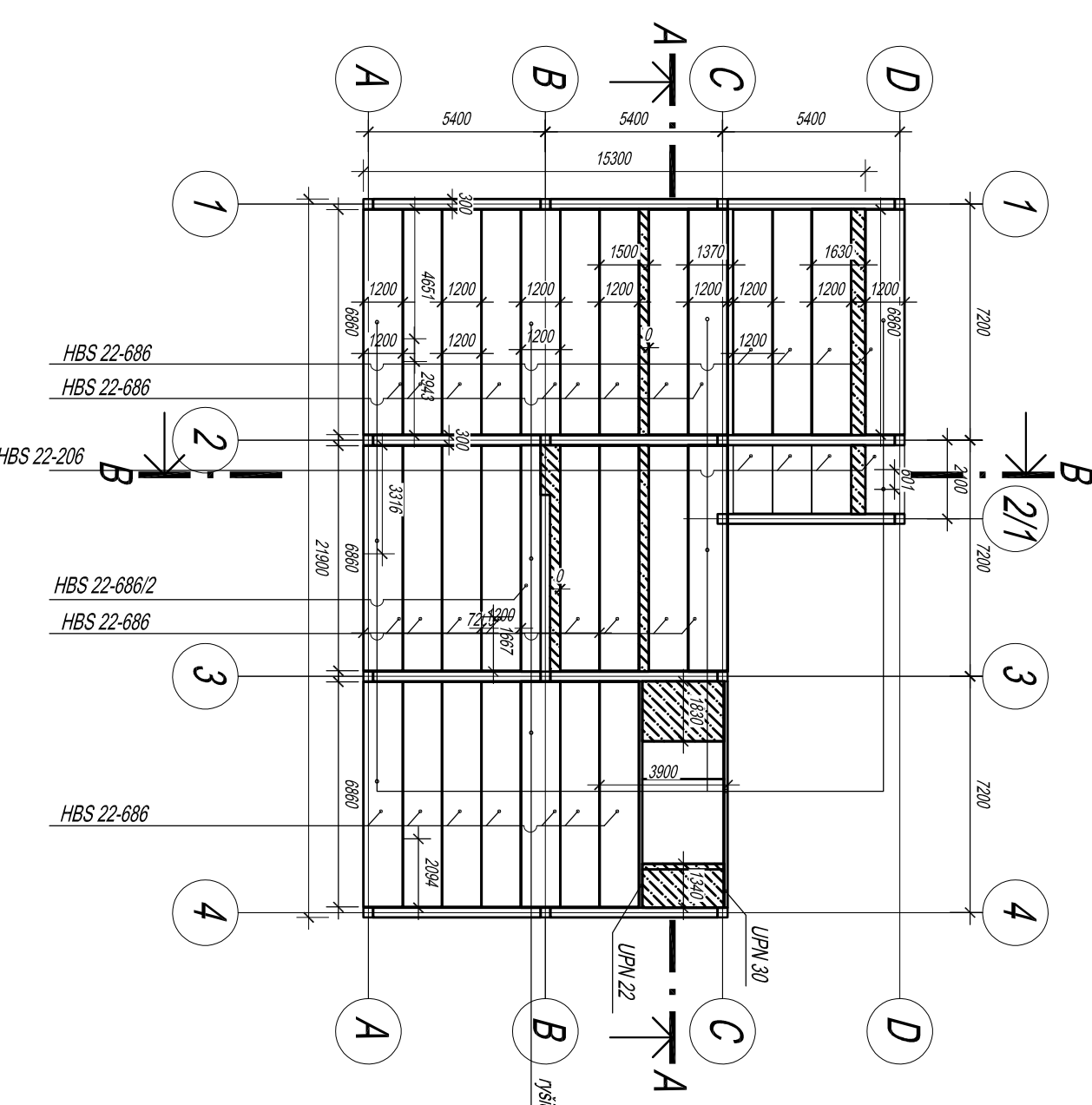
PIRMO AUKŠTO KONSTRUKCIJŲ SCHEMA, M 1:200
(antro aukšto konstrukcijų schema analogiška)



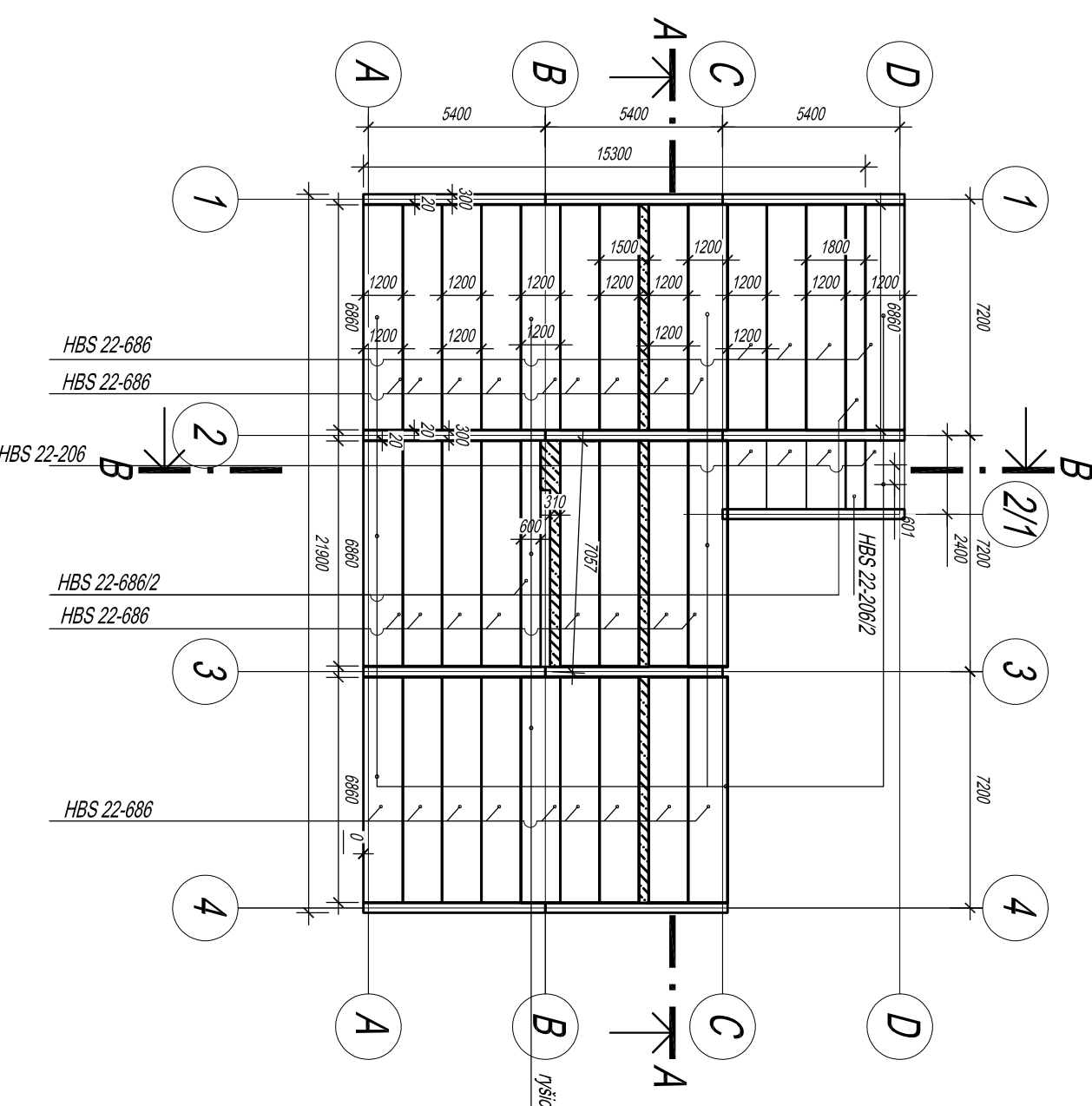
TREČIO AUKŠTO KONSTRUKCIJŲ SCHEMA, M 1:200



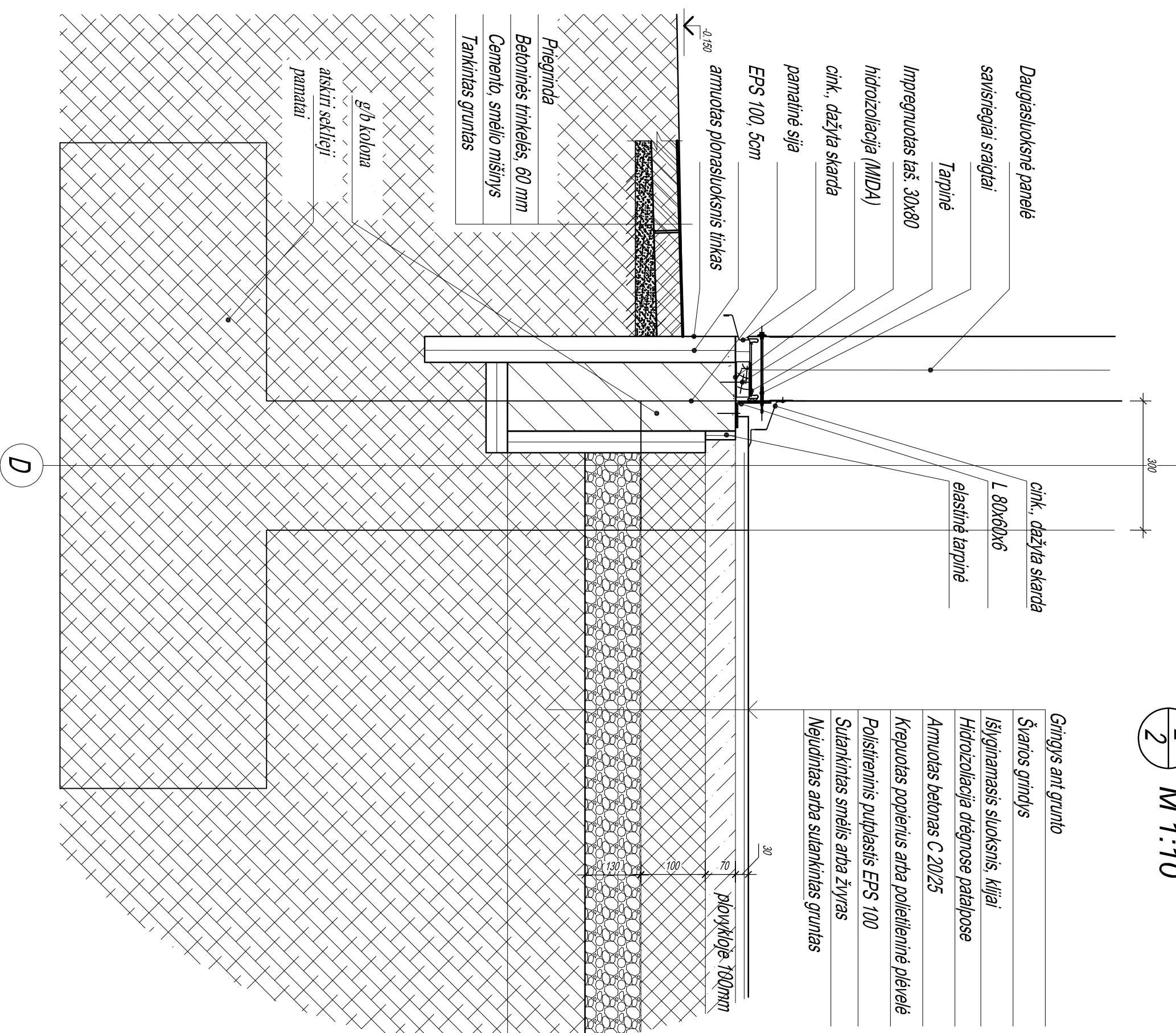
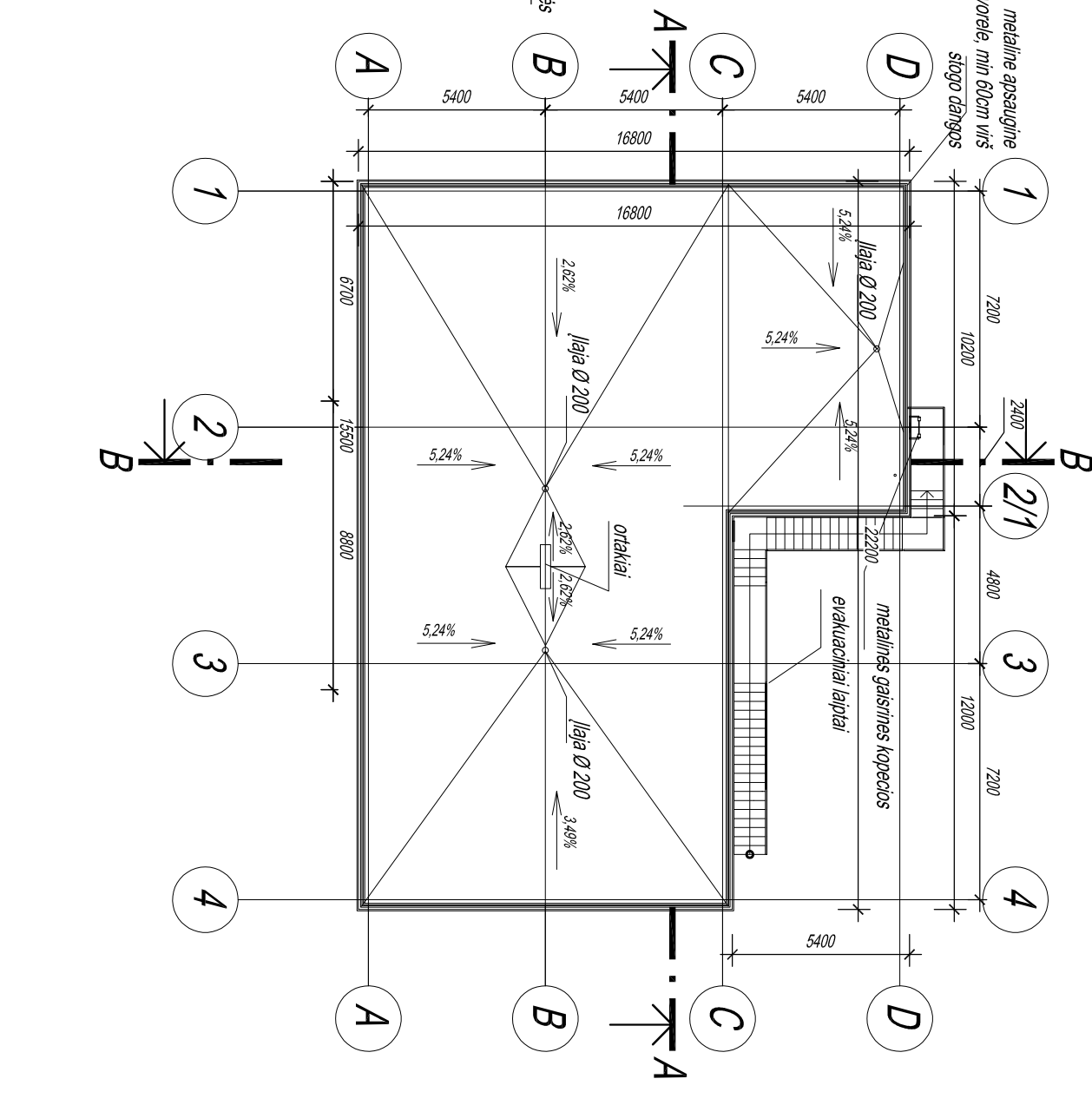
PIRMO AUKŠTO PERDANGOS PLANAS, M 1:200
(antro aukšto perdangos planas analogiška)



DENGINIO PLANAS, M 1:200



STOGO PLANAS, M 1:200

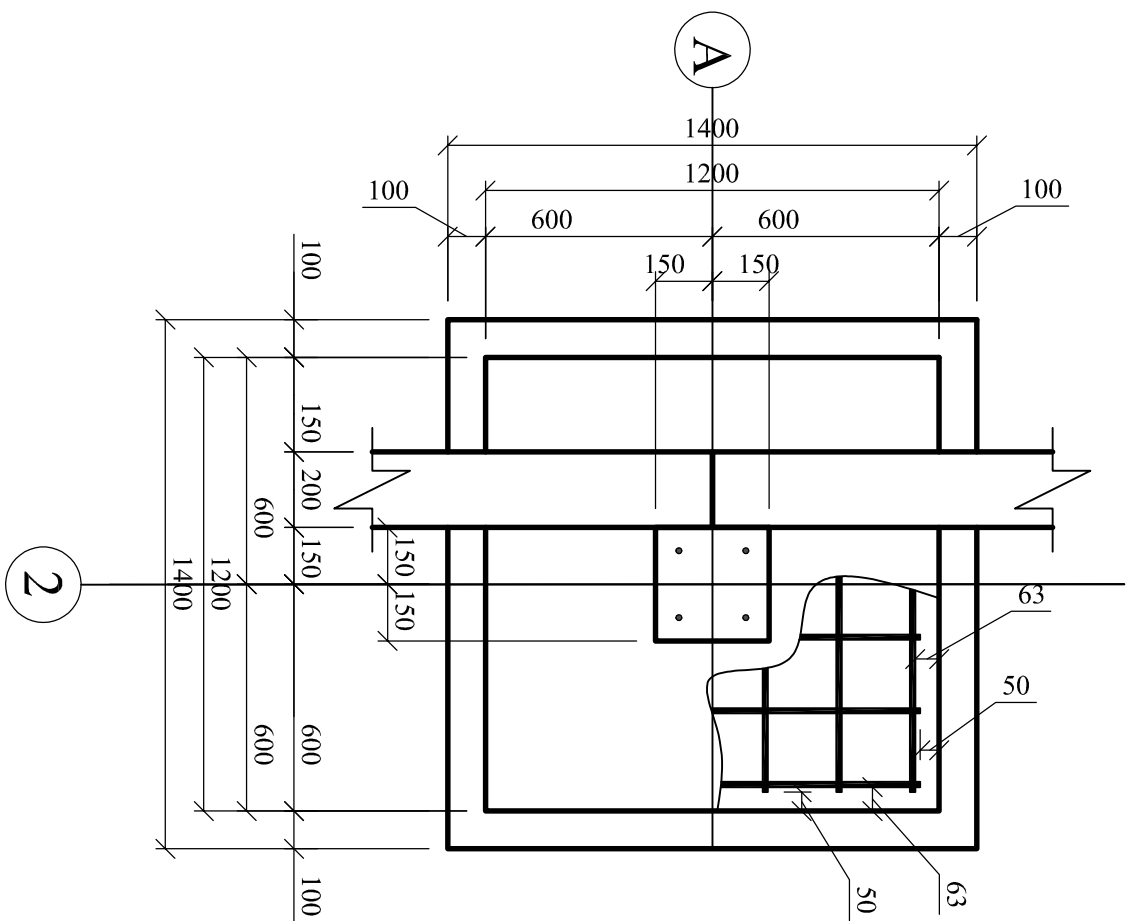


M 1:10

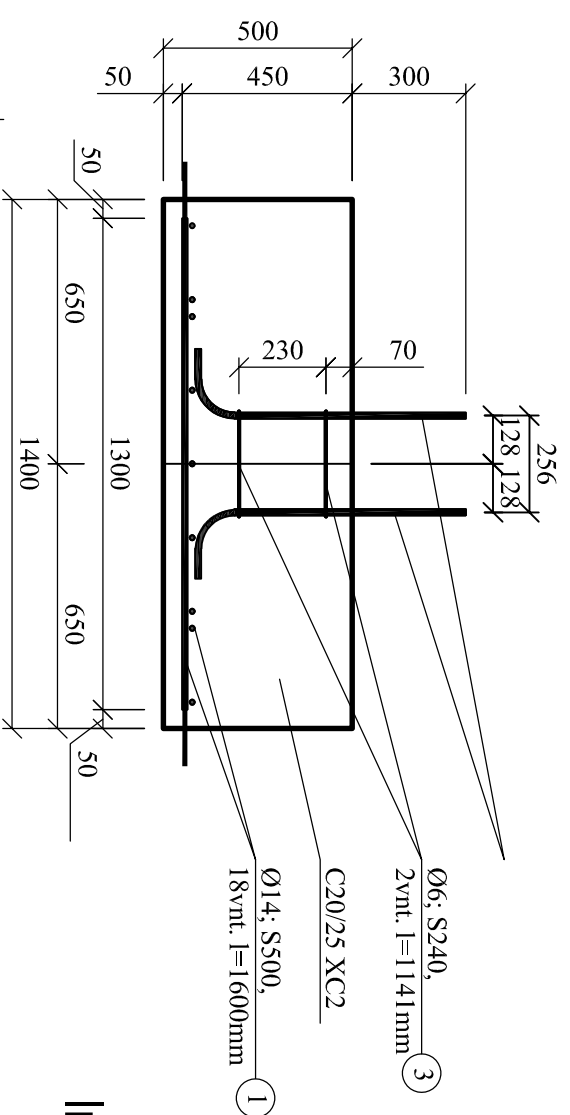
Pastaba: * Pagal E. Juškevičiaus darbo architektūrinis sprendimus

Grupė		KTU Statybos ir Architektūros fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
SMK-5	Studentas P. Šišulskis	2018-01	2018-01	P/01/MB-4A-BA PAMATŲ PLANAS_AUKŠTŲ KONSTRUKCIJŲ/PIRMO AUKŠTO PERDANGOS PLANAS_STOGO PLANAS_M1:200	Laida
	Docentas N. Adamauskis	2018-01	2018-01		A
	Konsultantai N. Augonys				Lapas
Pradėtas	12/18/01				2
KD	18-MB-SK				6

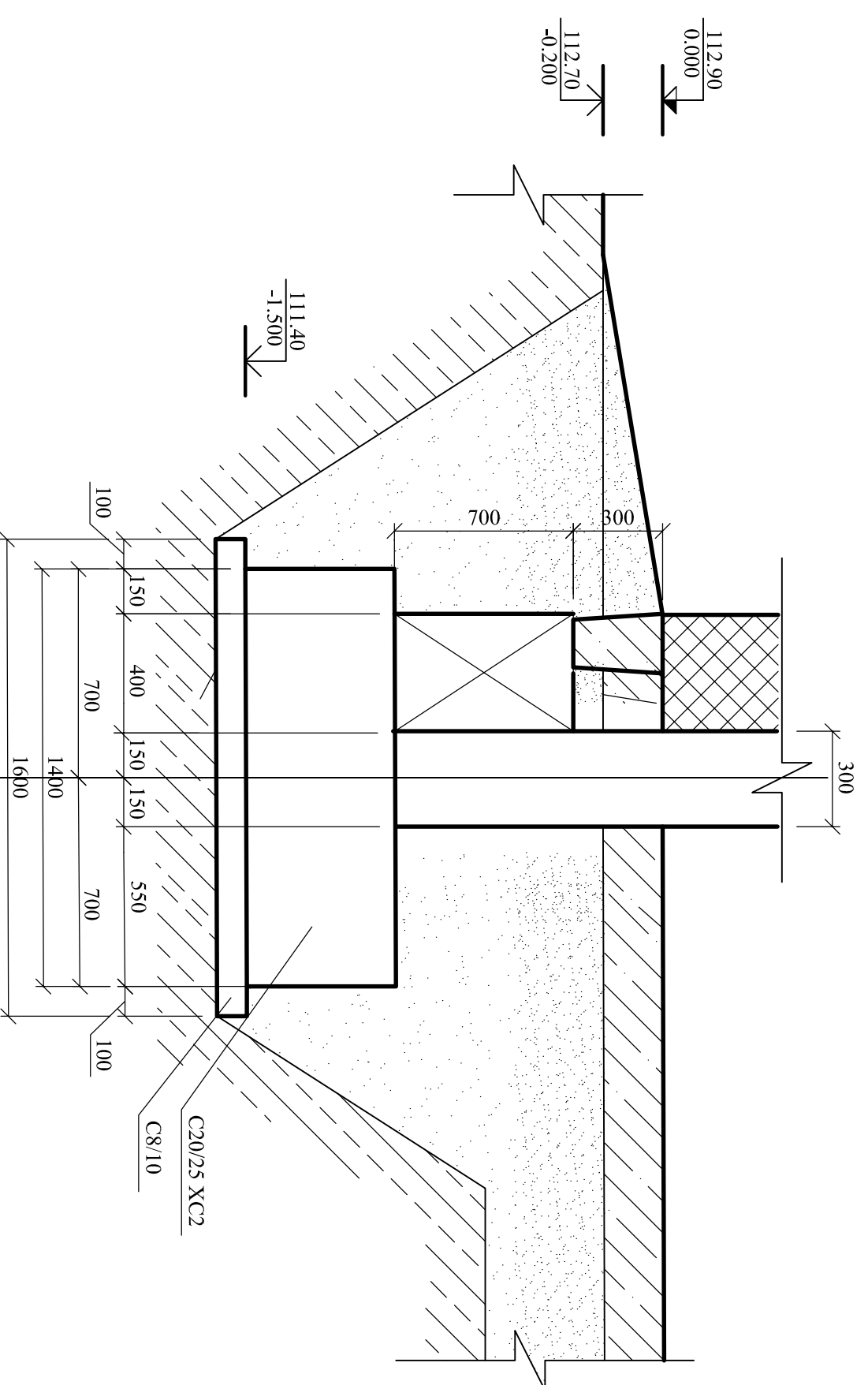
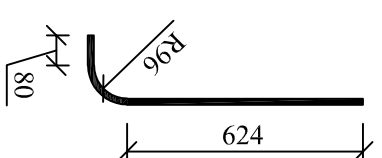
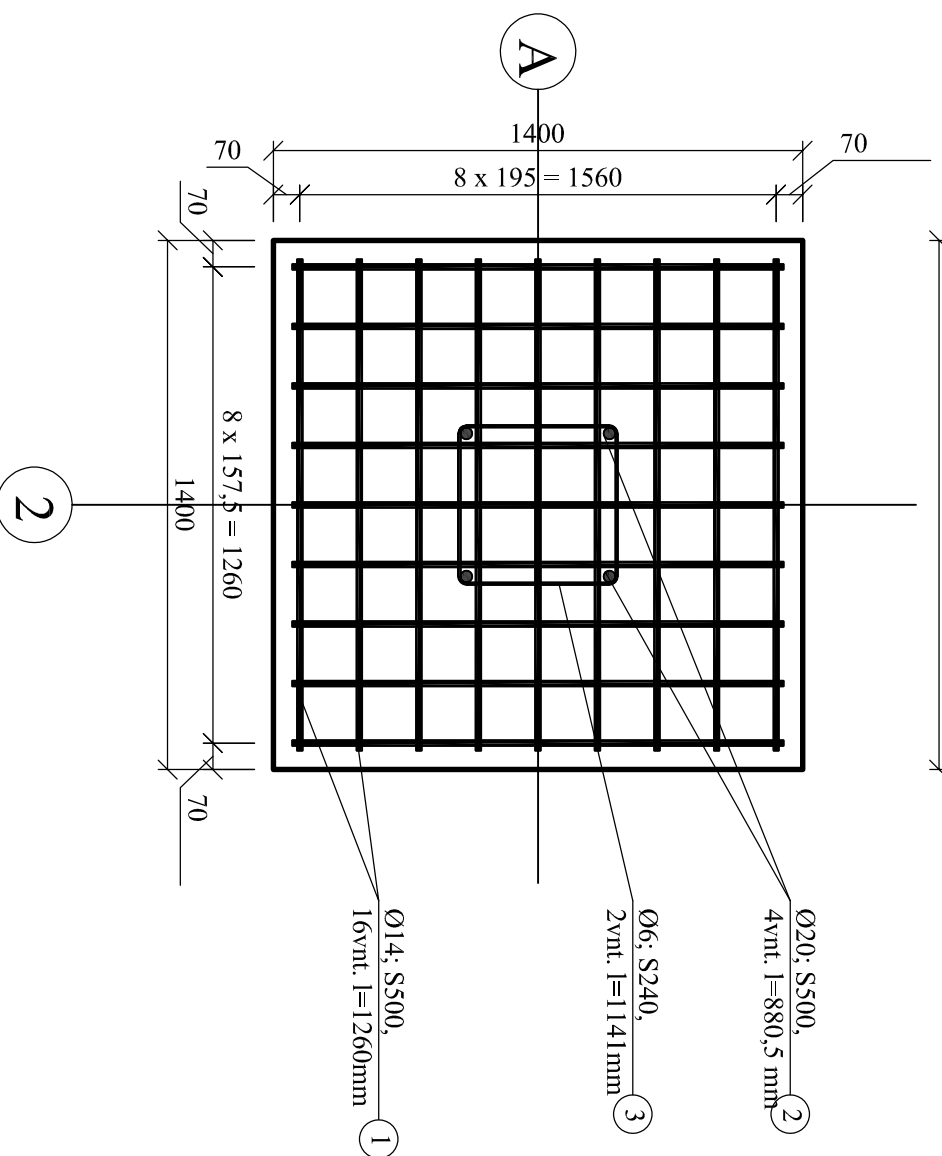
Pamatas A-2 M:20



Pamato A-2 armavimas M 1:20



Inkarinis strypas Mastelis 1:20



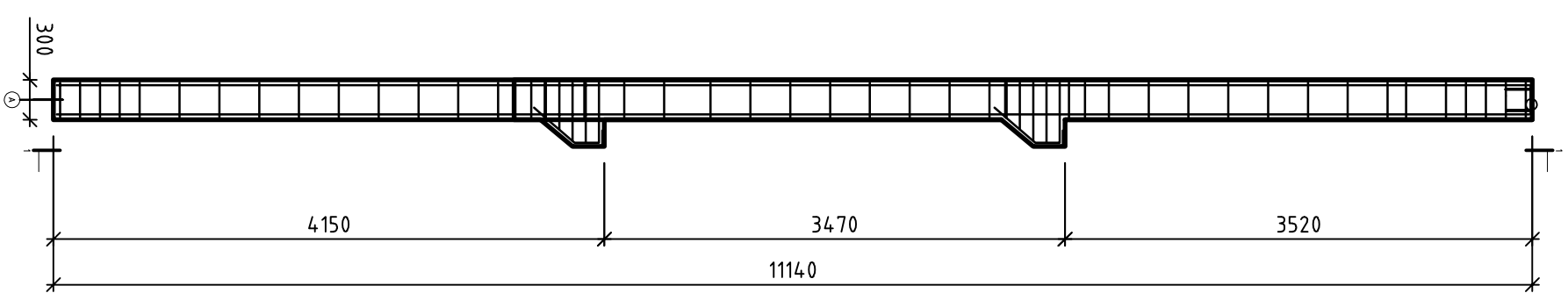
Pamatas A-2 M:20

MEDŽIAGŲ ŽINIARAŠTIS						
Markė poz.	Žymėjimas	Pavadinimas	Kiekis, vnt.	Mato vnt.	Vnt.	Viso
1	LST EN ISO 15630-1:2003	Atskiras pamatas 1400x1400x500	1	Σkg	47.09	47.09
2	LST EN ISO 15630-1:2003	Arm. Ø 14 S500	16	kg	1.52	24.36
3	LST EN ISO 15630-1:2003	Arm. Ø 20 S500	10	kg	2.17	21.71
		Arm. Ø 6 S240	4	kg	0.25	1.01
	LST EN 206-1:2002	Betonas C20/25 XC2		m³	0.98	0.98
	LST EN 206-1:2002	Betonas C8/C10 XC2		m³	0.10	0.10
		Arm. plienas Viso:		Σ kg	47.09	47.09
		Betonas C20/25. Viso:		Σ m³	1.08	1.08

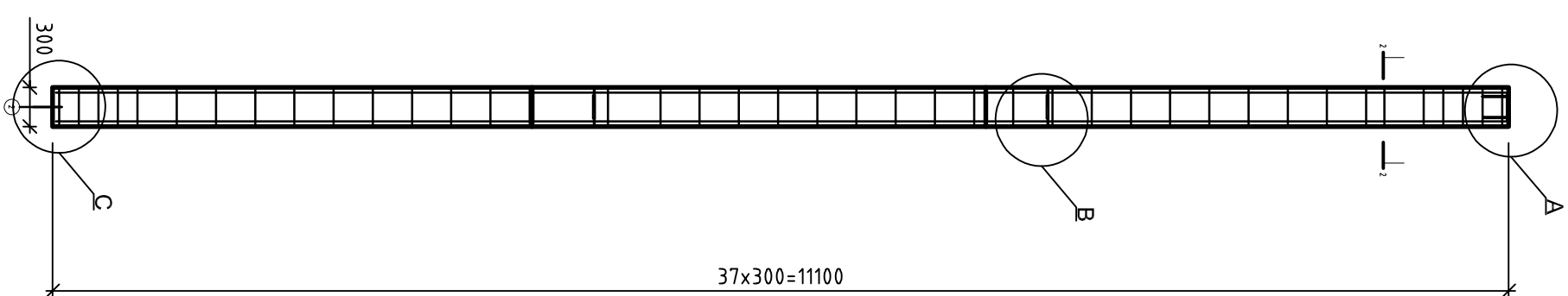
Pastabos:
1. Aplinkos sąlygų klasė - XC2.

Grupė		KTU Statybos ir Architektūros fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
SMM-6	Studentas P.Sasiliūtis	2018-01	2018-01	Skaitinio pamato darbo brėžinys. Ašys A-2	Laida
	dirbadoras N.Adamukaitis	2018-01	2018-01		O
	Konsultant. M.Augonis	2018-01	2018-01		
Prielapas	Statybinų konstrukcijų katedra	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	18-MB-SK	Lapai
KD	LT - 51367 Studentų 48, Kaunas	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	18-MB-SK	Lapai

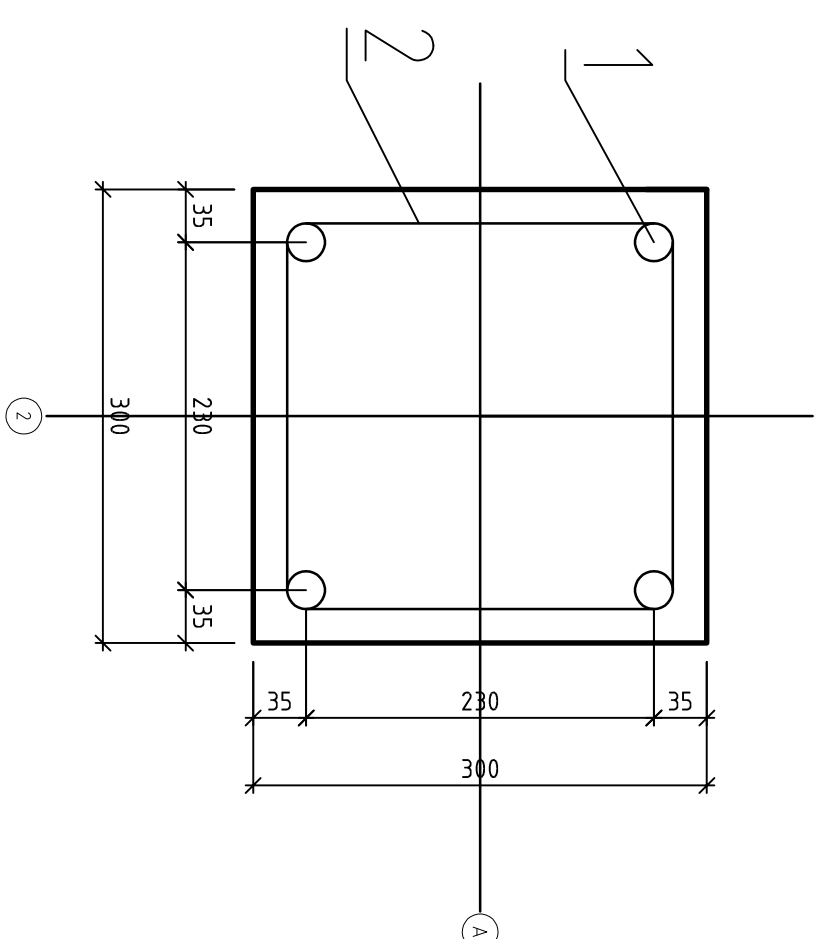
Kolono armavimas M1:50



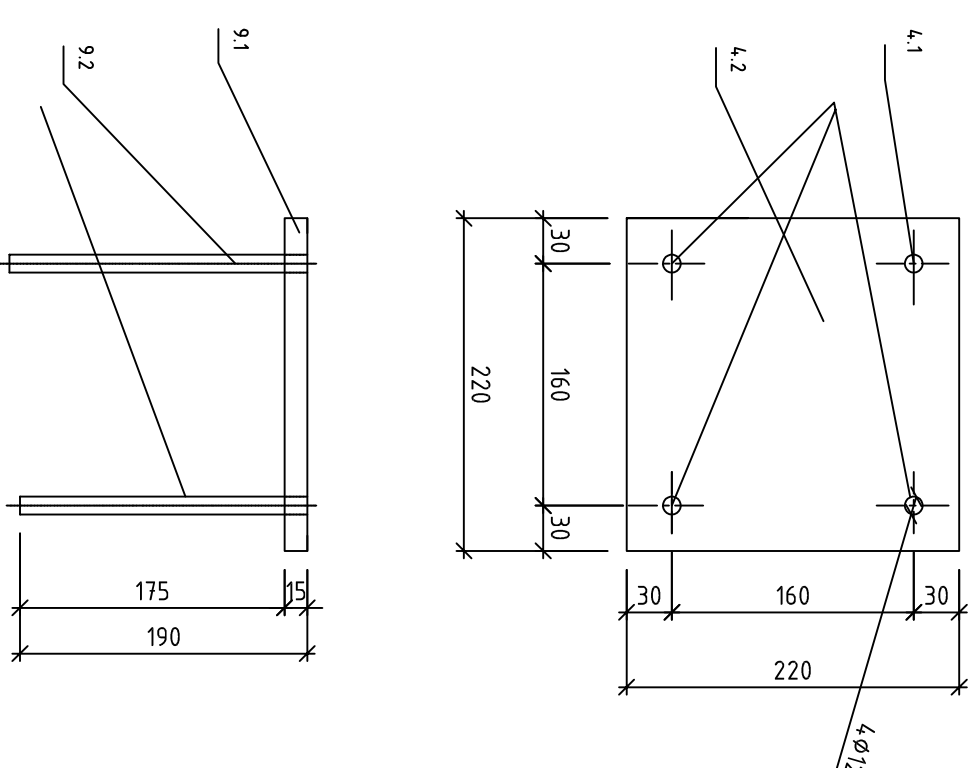
Pjūvis 1-1 M1:50



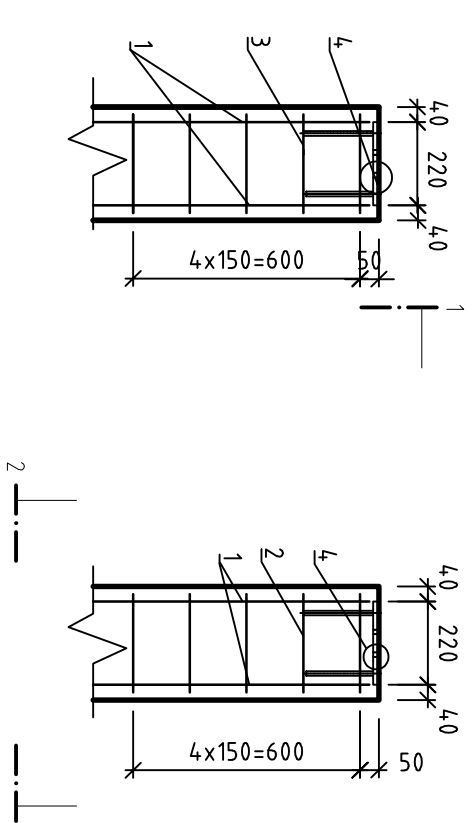
Pjūvis 2-2 M1:5



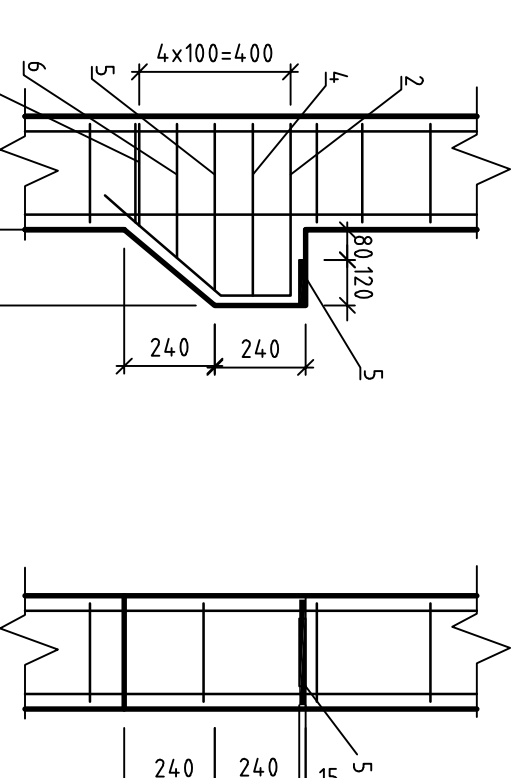
Poz.4 M1:5



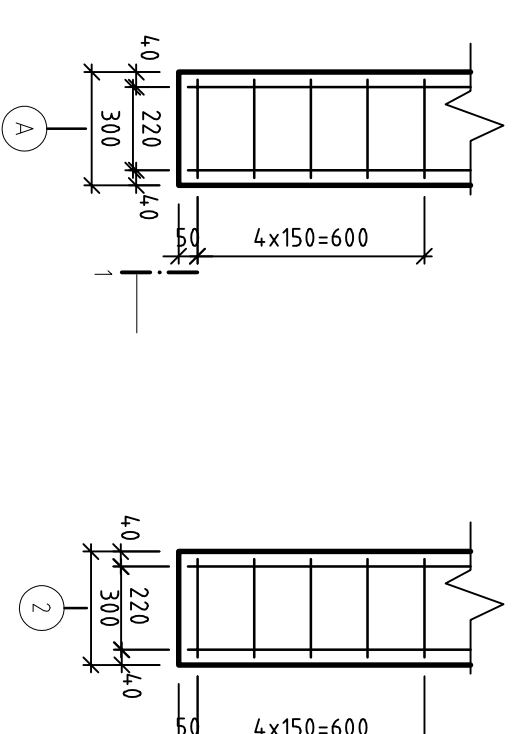
Detalė A M1:20



Detalė B M1:20



Detalė C M1:20

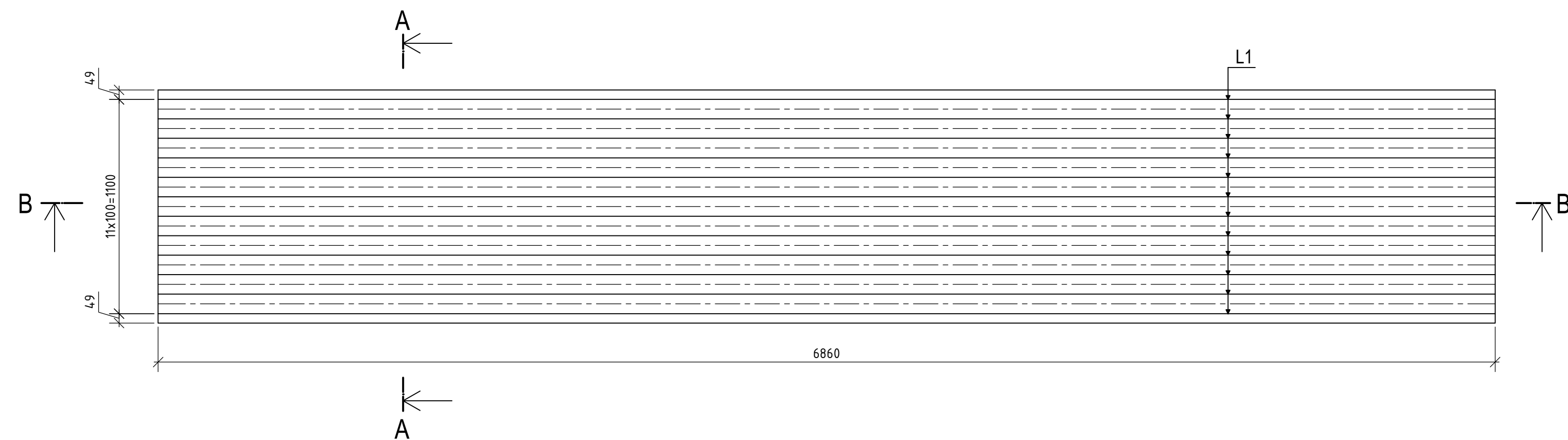


Pastabos:

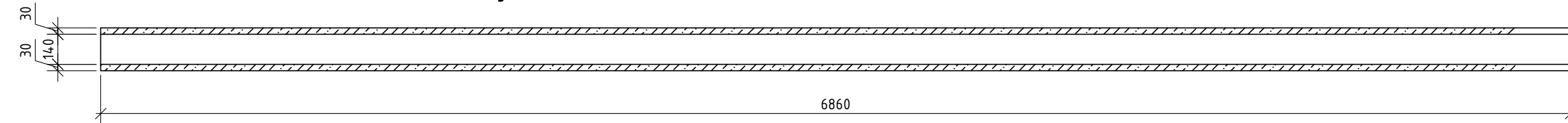
1. Aplinkos sąlygų klasė - XC0.

Grupė		KTU Statybos ir Architektūros fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
SMM-6	Studentas P.Šasulaitis	2018-01		Statytos kolonos darbo brėžinys. Ašys A-2	Laidis
	dir vadovė N. Adamkaitis	2018-01			O
	Konsultant. M. Augonis	2018-01			
Priėmimas	Statybinių konstrukcijų katedra				Lapas
KD	LT - 51367 Studentų 48, Kaunas				Lapų
	18-MB-SK				4
					6

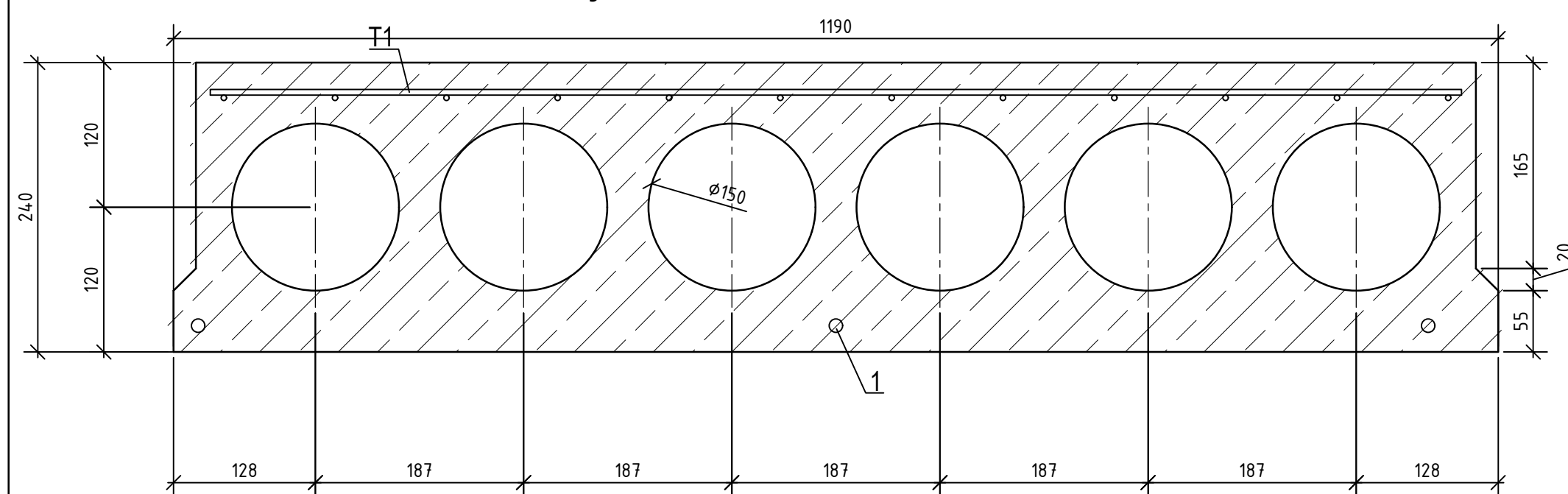
Kiaurymėtoji denginio plokštė. Mastelis 1:20



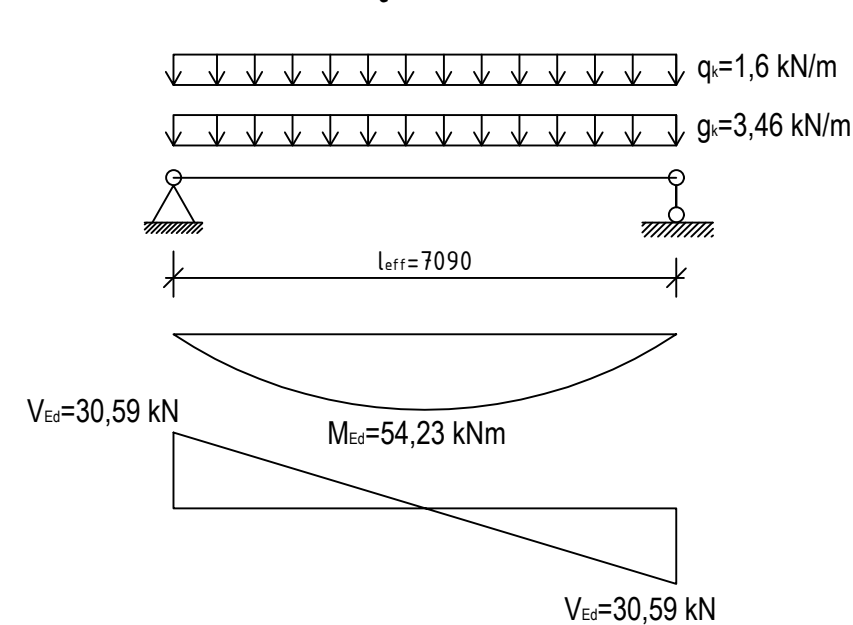
Pjūvis B-B. Mastelis 1:20



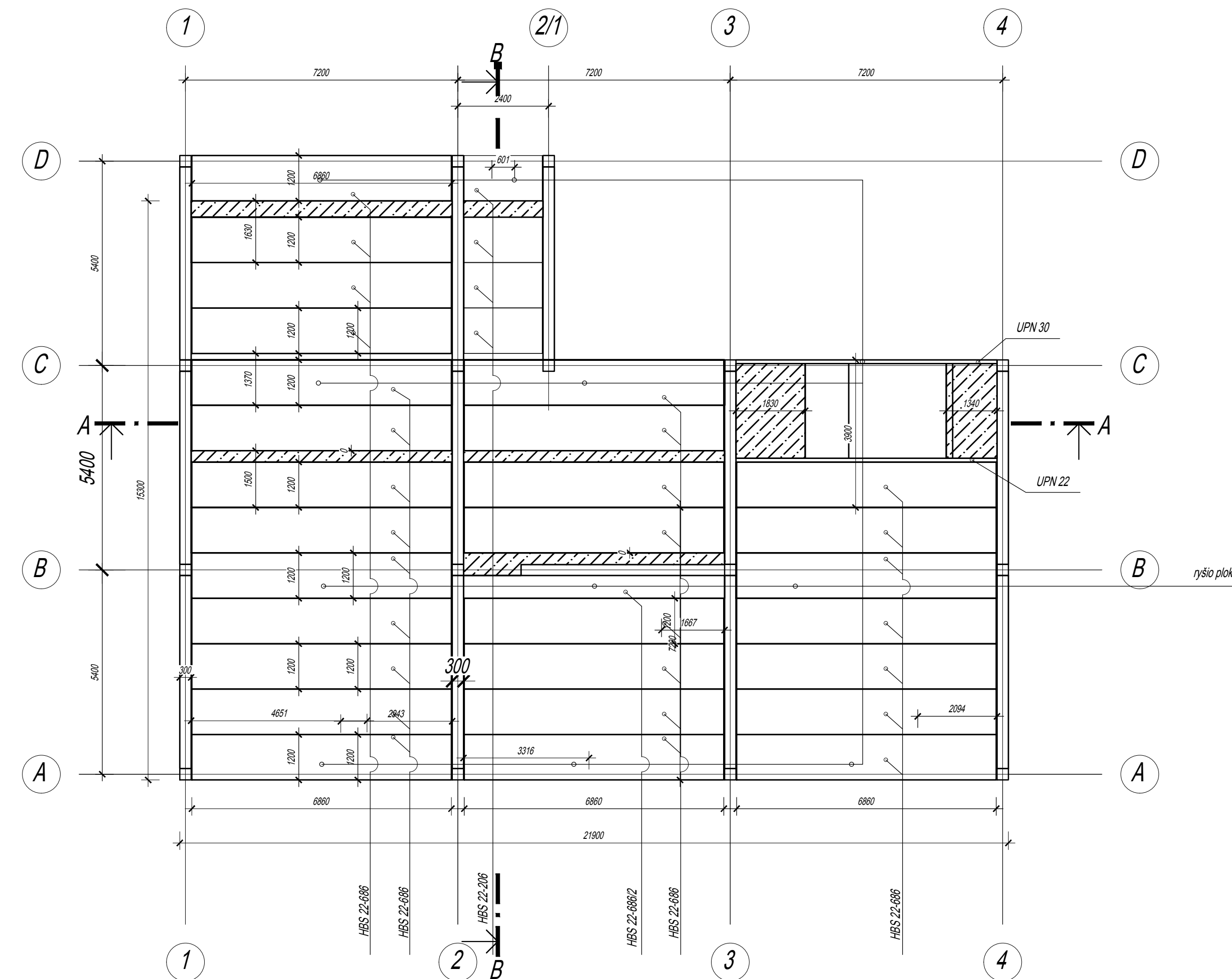
Pjūvis A-A. Mastelis 1:5



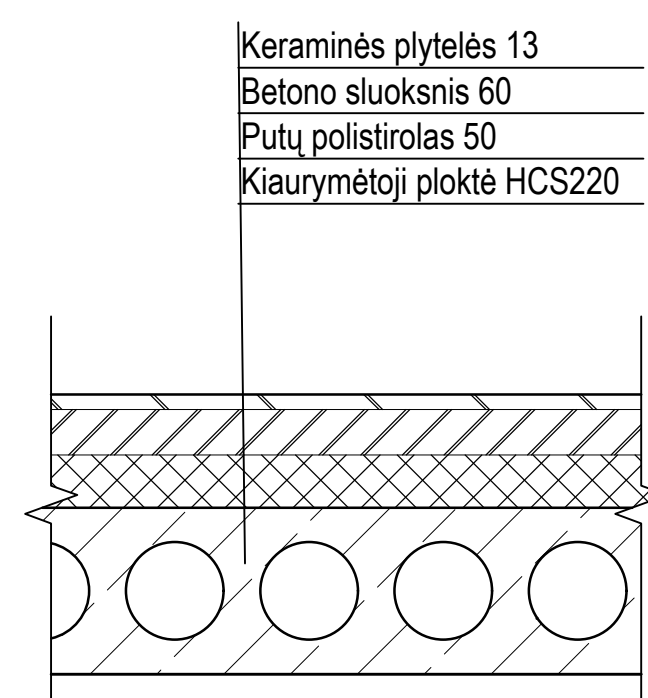
Plokštės skaičiuojamoji schema ir įrašos



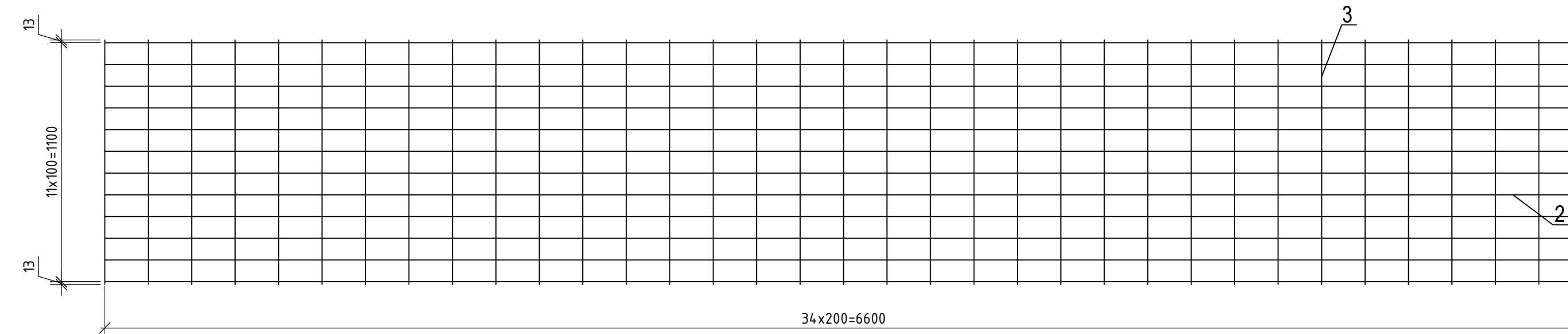
Konstrucijų i dėstymo planas. Mastelis 1:50



Perdangos detalė. Mastelis 1:10



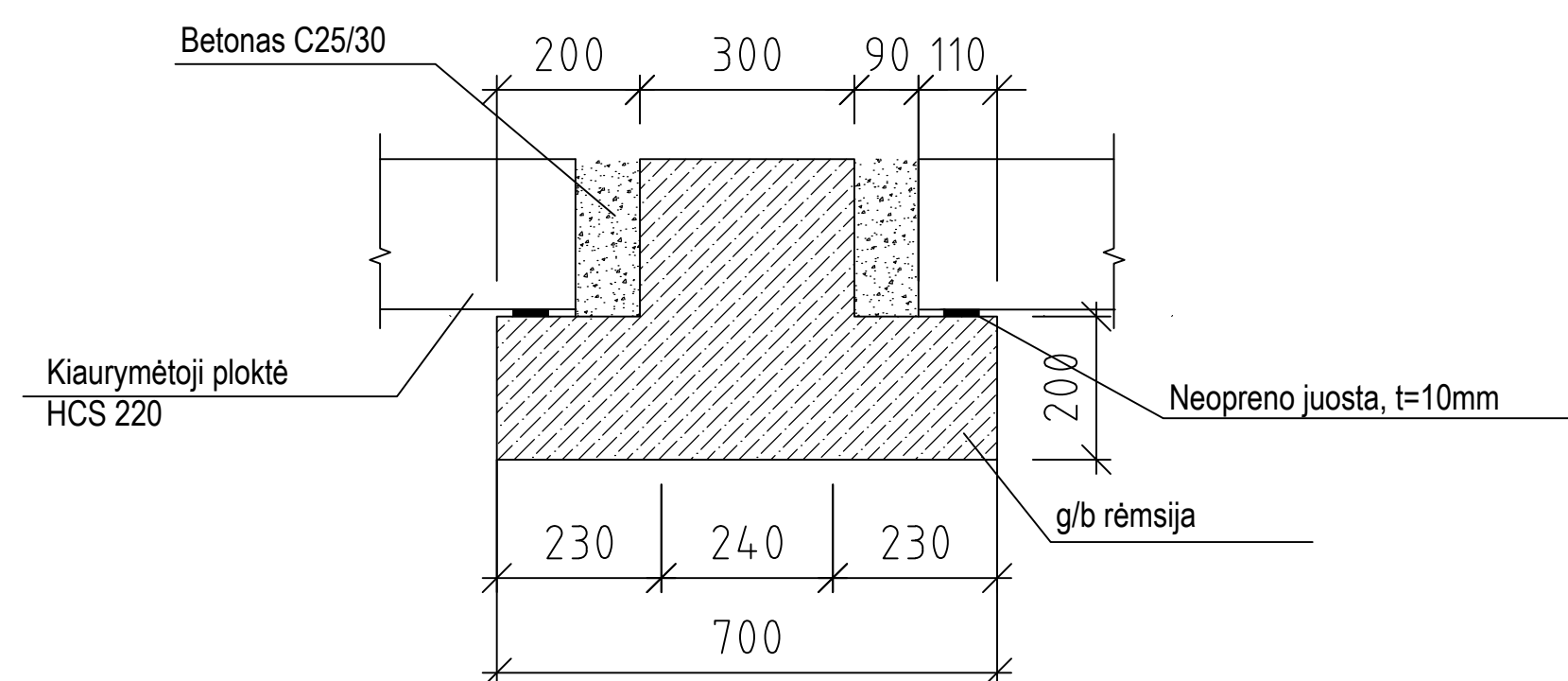
Armatūros tinklas T-1. Mastelis 1:20



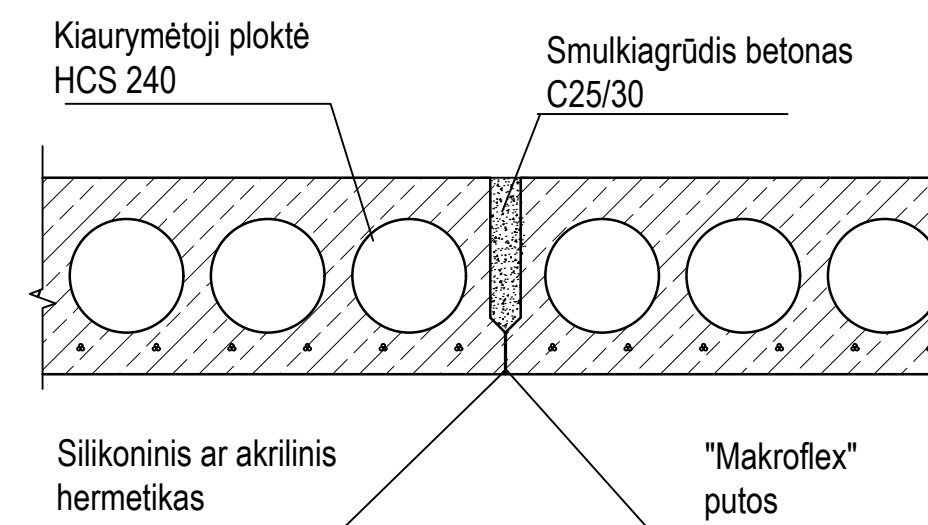
Sutartiniai žymėjimai:
K1 - Geležbetoninės kolonos 300x300
S1 - Geležbetoninės rėmsijos
PL1 - Kiaurymėtosios plokštės HCS240, plotis 1190 mm

KIAURYMĖTOS PLOKŠTĖS MEDŽIAGŲ ŽINIARAŠTIS							
Pozicija	Žymėjimas	Pavadinimas	Ilgis, mm	Kiekis, vnt	Masė, kg		Pastabos
					vieneto	viso	
	LST EN 206:2014	Betonas C30/37			1	1.00	m ³
		Strypai L-1		1		3.41	
1	LST EN ISO 15835:2010	ø12, Y1100	6860	3	1.14	3.41	
		Tinklas T-1		1		18.57	
2	LST EN ISO 15630-1:2011	ø5, S400	6860	12	1.06	12.68	
3	LST EN ISO 15630-1:2011	ø5, S400	1125	34	0.17	5.89	
					Iš viso metalo	21.98	

Plokščių atrėmimo ant sijos mazgas. Mastelis 1:10



Plokščių sandūrų įrengimo mazgas. Mastelis 1:10



- Pastabos:
1. Naudojami lynai Ø6,5 mm Y1860S3, skerspjūvio plotas 21,2 mm²;
 2. Charakteristinis lynų tempiamasis stipris 1860 MPa;
 3. Betono klasė C30/37;
 4. Vieno lyno įtempimo jėga 23,744 kN;
 5. Lynus atleisti betonui pasiekus 70% stiprumą;
 6. Norminis kubinis betono stiprumas gaminių pakėlimo metu turi būti ne mažesnis už 8 MPa;
 7. Betono apsauginis sluoksnis lynams - 30 mm., neįtemptai armatūrai - 25 mm.;
 8. Aplinkos sąlygų klasė - XC1.

Grupė		KTU Statybos ir Architektūros fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
SSM-6	Studentas P. Stasiulaitis	2018-01	2018-01	Konstrucijų išdėstymo planas; Kiaurymėtoji perdangos plokštė; Pjūviai; Armatūros tinklas T-1; Rėmsijos detalė; plokštės skaičiuojamoji schema ir įrašos; Mazgai	Laida
	Vadovasti M. Adamukaitis	2018-01	2018-01		O
	Konsultant, M. Augonis	2018-01	2018-01		
Pr. etapas	Statybinių konstrukcijų katedra			Lapas	Lapų
KD	LT - 51367 Studentų 48, Kaunas			18-MB-SK	6 6

Check capacity-interaction diagram

Linear calculation
 Load case: SW
 Extreme 1D: Global
 Selection: B87

Priedas Nr. 4
 SCIA analizēs ataskaita
 (komercinē programma)

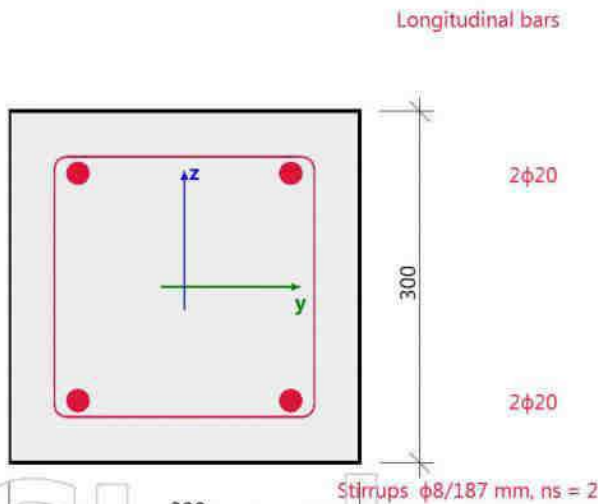
Column B87	Rectangle (300; 300)
EC EN 1992-1-1	Section 0 [dx = 0 m]

Member length $L_d = 3.47$ m
 Buckling length y $L_y = 3.57$ m
 Buckling length z $L_z = 3.93$ m

Materials
 Concrete C30/37
 Reinforcement B 400A

Coefficients
 Code EC EN 1992-1-1
 Concrete parameters $\gamma_c = 1.5, \alpha_{cc} = 1$
 Reinforcement parameters $\gamma_s = 1.15$

Reinforcement
 Long. bars: $4\phi 20$ mm, Tot. area = 1257 mm²
 Stirrups: $\phi = 8$ mm, $A_{sw} = 101$ mm², $A_{sw,s} = 538$ mm²/m
 Cover of stirrup:
 Top 35 mm
 Bottom 35 mm
 Left 35 mm
 Right 35 mm



Material characteristics

Design concrete compressive strength

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1.5} = 20 \text{ MPa}$$

Design yield strength of longitudinal reinforcement

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 348 \text{ MPa} \quad (3.15)$$

Forces

From FEM analysis

$$N = -950 \text{ kN} \quad M_y = -1.16 \text{ kNm} \quad M_z = -2.28 \text{ kNm}$$

Recalculation bending moments:

Second order effect: Yes

Imperfections: Yes

$$N_{Ed} = -950 \text{ kN} \quad M_{Edy} = -49.5 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = -55.3 \text{ kNm}$$

Member is taken as isolated member: No

Use for calculation equivalent moments: Yes

Input data for generation of interaction diagrams

Method of interaction diagram check $N_u M_u$
 Division of vertical strains 250
 Number of vertical cuts 36
 Resultant value of bending moment $M_{res} = 74.2$ kNm
 Angle of resultant bending moment related to M_y direction in horizontal plane M_y - M_z $\alpha_{MyMz} = -48.2^\circ$
 Angle of resultant bending moment related to N direction in vertical plane N- M_{res} $\alpha_{NM} = -85.5^\circ$

Calculation of resistances

Resistances in positive direction $N_{Rd+} = 292$ kN $M_{Rdy-} = 15$ kNm $M_{Rdz+} = 17$ kNm
 Resistances in negative direction $N_{Rd-} = -1021$ kN $M_{Rdy-} = -53$ kNm $M_{Rdz-} = -59$ kNm

Summary of check

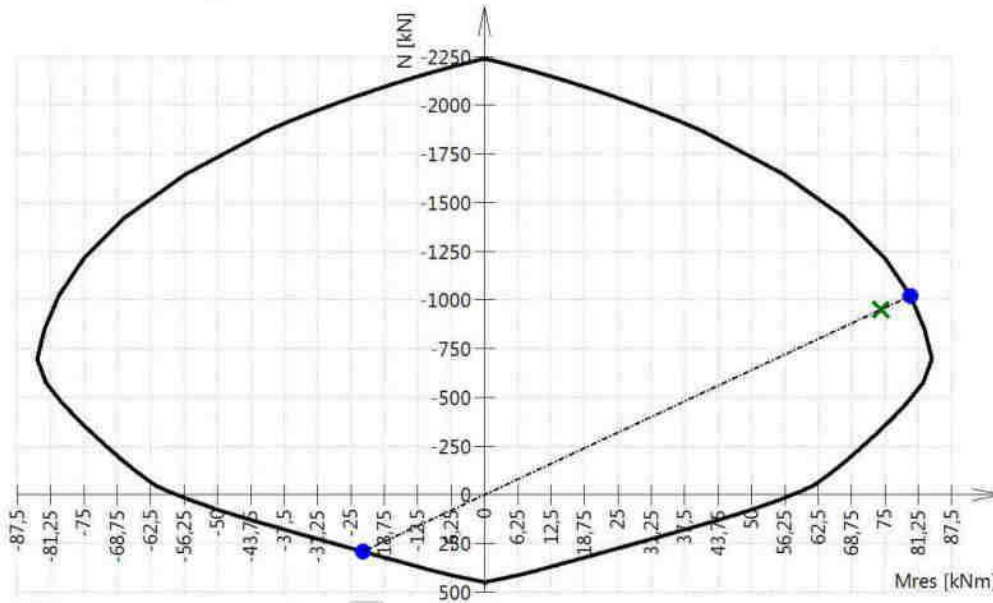
Forces: $N_{Ed} = -950 \text{ kN}$ $M_{Edy} = -49.5 \text{ kNm}$ $M_{Edz} = -55.3 \text{ kNm}$

Resistance: $N_{Rd} = -1021 \text{ kNm}$ $M_{Rdy} = -53 \text{ kNm}$ $M_{Rdz} = -59 \text{ kNm}$

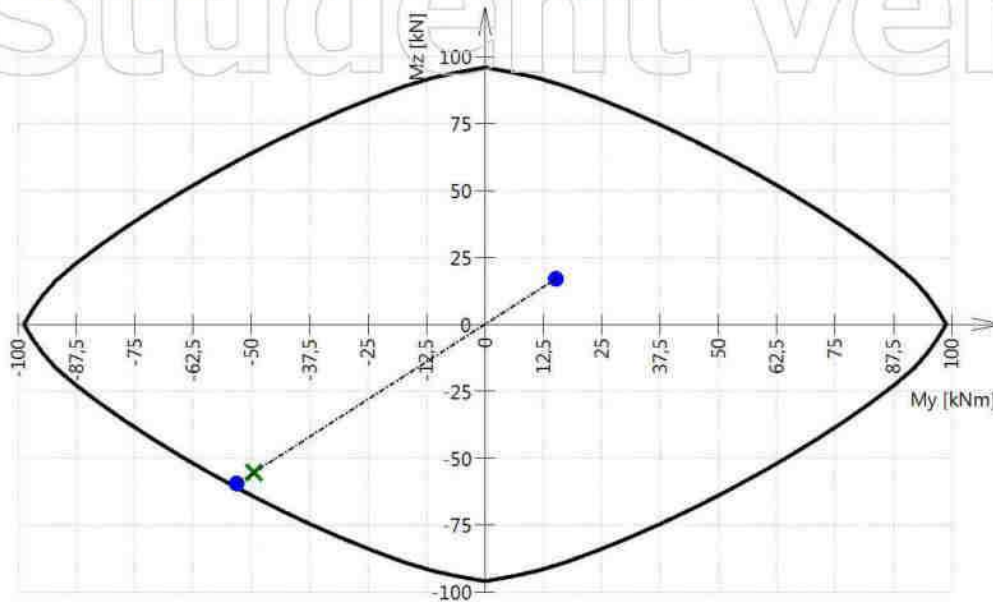
Calculation of unity check:

$$UC = \frac{\sqrt{N_{Ed}^2 + M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2}}{\sqrt{N_{Rd}^2 + M_{Rdy}^2 + M_{Rdz}^2}} = \frac{\sqrt{-950^2 + -49.5^2 + -55.3^2}}{\sqrt{-1021^2 + -53.2^2 + -59.4^2}} = 0.931 \leq 1 \text{ OK}$$

3D interaction diagram - Vertical section N-M_{res}



3D interaction diagram - Horizontal section My-Mz



Check capacity-interaction diagram

Linear calculation
 Load case: SW
 Extreme 1D: Global
 Selection: B5,B6,B21,B22,B37..B39,B58..B60,B64..B66,B69..B71,B86,B87,B89,B90

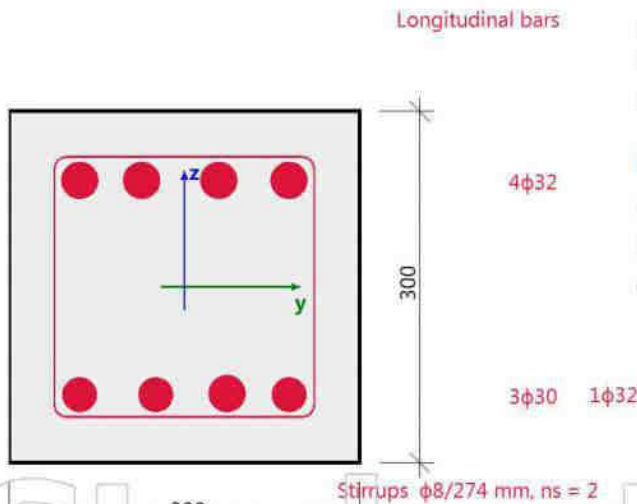
Column B87	Rectangle (300; 300)
EC EN 1992-1-1	Section 3 [dx = 0.946 m]

Member length $L_d = 3.47$ m
 Buckling length y $L_y = 3.64$ m
 Buckling length z $L_z = 3.9$ m

Materials
 Concrete C30/37
 Reinforcement B 600B

Coefficients
 Code EC EN 1992-1-1
 Concrete parameters $\gamma_c = 1.5, \alpha_{cc} = 1$
 Reinforcement parameters $\gamma_s = 1.15$

Reinforcement
 Long. bars: $3\phi 30$ mm + $5\phi 32$ mm, Tot. area = 6142 mm²
 Stirrups: $\phi = 8$ mm, $A_{sw} = 101$ mm², $A_{sw,s} = 367$ mm²/m
 Cover of stirrup:
 Top 35 mm
 Bottom 35 mm
 Left 35 mm
 Right 35 mm



Material characteristics

Design concrete compressive strength

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1.5} = 20 \text{ MPa}$$

Design yield strength of longitudinal reinforcement

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{600}{1.15} = 522 \text{ MPa} \quad (3.15)$$

Forces

From FEM analysis
 $N = -1406$ kN $M_y = 0.302$ kNm $M_z = 0.086$ kNm
 Recalculation bending moments:
 Second order effect: Yes
 Imperfections: Yes
 $N_{Ed} = -1406$ kN $M_{Edy} = 98.9$ kNm $M_{Edz} = 116$ kNm

Member is taken as isolated member: No
 Use for calculation equivalent moments: Yes

Input data for generation of interaction diagrams

Method of interaction diagram check $N_u M_u$
 Division of vertical strains 250
 Number of vertical cuts 36
 Resultant value of bending moment $M_{res} = 152$ kNm
 Angle of resultant bending moment related to M_y direction in horizontal plane M_y - M_z $\alpha_{MyMz} = 130^\circ$
 Angle of resultant bending moment related to N direction in vertical plane N- M_{res} $\alpha_{NM} = -83.8^\circ$

Calculation of resistances

Resistances in positive direction $N_{Rd+} = 1403$ kN $M_{Rdy+} = 101$ kNm $M_{Rdz+} = 118$ kNm
 Resistances in negative direction $N_{Rd-} = -1438$ kN $M_{Rdy-} = -99$ kNm $M_{Rdz-} = -116$ kNm

Summary of check

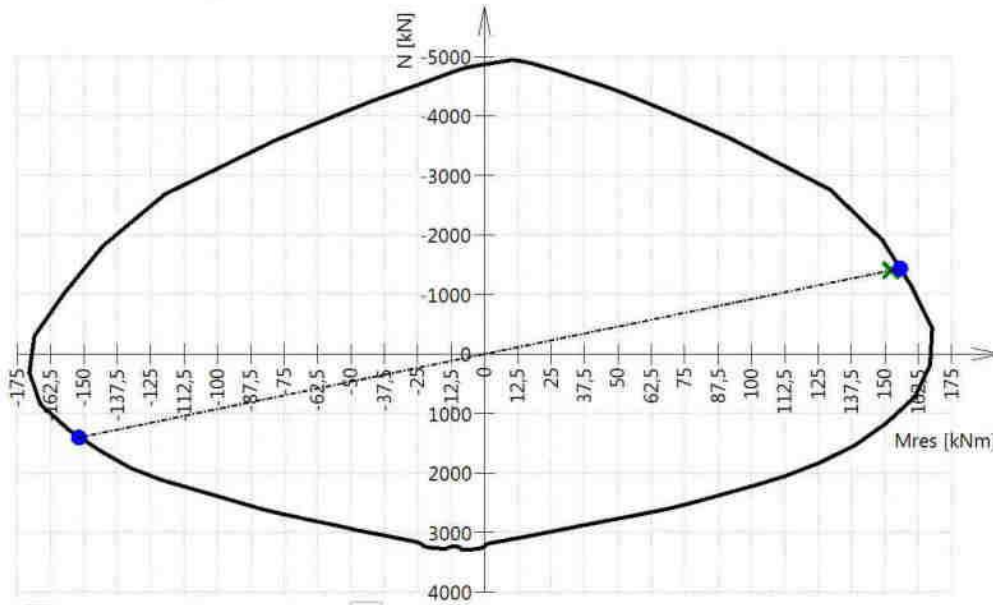
Forces: $N_{Ed} = -1406 \text{ kN}$ $M_{Edy} = 98.9 \text{ kNm}$ $M_{Edz} = 116 \text{ kNm}$

Resistance: $N_{Rd} = -1433 \text{ kNm}$ $M_{Rdy} = 101 \text{ kNm}$ $M_{Rdz} = 118 \text{ kNm}$

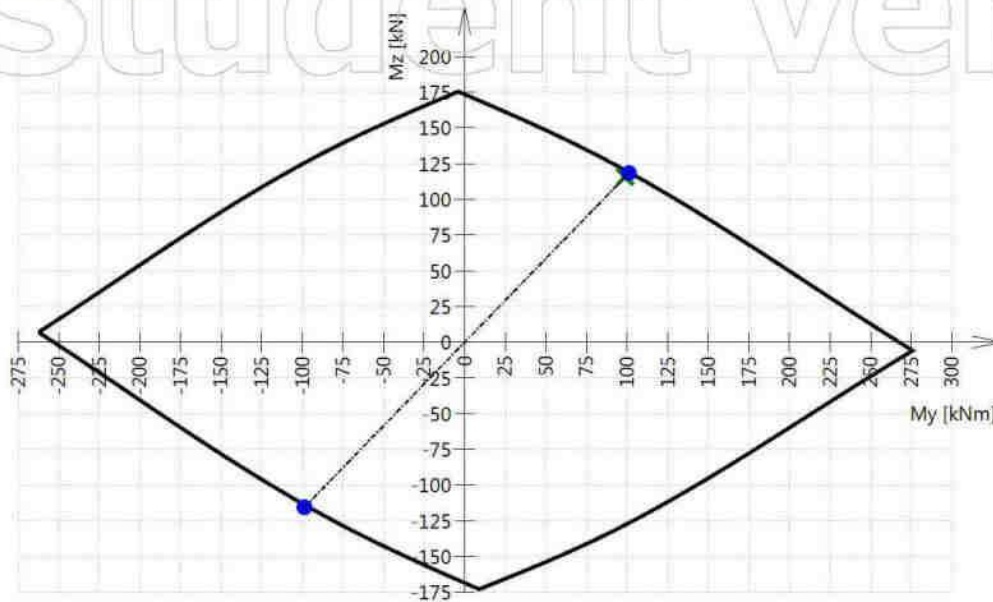
Calculation of unity check:

$$UC = \frac{\sqrt{N_{Ed}^2 + M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2}}{\sqrt{N_{Rd}^2 + M_{Rdy}^2 + M_{Rdz}^2}} = \frac{\sqrt{-1406^2 + 98.9^2 + 116^2}}{\sqrt{-1433^2 + 101^2 + 118^2}} = 0.978 \leq 1 \text{ OK}$$

3D interaction diagram - Vertical section N-M_{res}



3D interaction diagram - Horizontal section My-Mz



1. Calculation protocol

Linear calculation

Number of 2D elements	1199
Number of 1D elements	279
Number of mesh nodes	1386
Number of equations	8316
Loadcases	SW
	SN
	Naudojimo
	SW ADD
	Wind14
	WindAD
	Naudojimo 2
	Naudojimo 3
Bending theory	Mindlin
Start of calculation	13.05.2017 16:17
End of calculation	13.05.2017 16:17

Sum of loads and reactions.

	[kN]	X	Y	Z
Loadcase SW	loads	0.0	0.0	-6065.5
	reactions in nodes	0.0	0.0	6065.5
	reactions on lines	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
Loadcase SN	loads	0.0	0.0	-497.7
	reactions in nodes	0.0	0.0	497.7
	reactions on lines	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
Loadcase Naudojimo	loads	0.0	0.0	-1215.2
	reactions in nodes	0.0	0.0	1215.2
	reactions on lines	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
Loadcase SW ADD	loads	0.0	0.0	-578.0
	reactions in nodes	0.0	0.0	578.0
	reactions on lines	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
Loadcase Wind14	loads	-109.9	-12.4	0.0
	reactions in nodes	109.9	12.4	0.0
	reactions on lines	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
Loadcase WindAD	loads	0.0	139.8	0.0
	reactions in nodes	0.0	-139.8	0.0
	reactions on lines	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
Loadcase Naudojimo 2	loads	0.0	0.0	-673.9
	reactions in nodes	0.0	0.0	673.9
	reactions on lines	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
Loadcase Naudojimo 3	loads	0.0	0.0	-489.4
	reactions in nodes	0.0	0.0	489.4
	reactions on lines	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0

2. Design As EN 1992-1-1

Linear calculation, Extreme : Member

Selection : All

Load cases : SW

Main upper reinforcement for selected beams

Member	d_v [m]	Case	N_d [kN]	$M_{v,d}$ [kNm]	x_{ii} [mm]	d [mm]	$A_{s,req}$ [mm ²]	$A_{s,user}$ [mm ²]	Reinf.[no.]	W/E
B49	0,720	SW	0,62	6,79	0	367	0	628	2d20,0(B 400A)(628)	350
B50	0,450	SW	-17,44	0,35	0	367	0	628	2d20,0(B 400A)(628)	350
B51	1,350	SW	-1,77	5,14	0	367	0	628	2d20,0(B 400A)(628)	350
B52	0,720	SW	-1,52	5,52	0	367	0	628	2d20,0(B 400A)(628)	350
B53	0,450	SW	-15,79	4,52	0	367	0	628	2d20,0(B 400A)(628)	350
B54	1,350	SW	-1,83	5,00	0	367	0	628	2d20,0(B 400A)(628)	350
B55	0,000	SW	3,18	4,70	0	367	0	628	2d20,0(B 400A)(628)	350

Linear calculation
 Load case: SW
 Extreme 1D: Global
 Selection: All
Required \cap **Provided**

Name	dx [m]	Case	Member	A_{sz_req+}	A_{sz_req-}	A_{sy_req+}	A_{sy_req-}	A_{sz_req}	A_{sy_req}	A_s_req
				[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]
				$A_{sz_add_req+}$	$A_{sz_add_req-}$	$A_{sy_add_req+}$	$A_{sy_add_req-}$	$A_{sz_add_req}$	$A_{sy_add_req}$	$A_{s_add_req}$
[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]				
A_{sz_prov+}	A_{sz_prov-}	A_{sy_prov+}	A_{sy_prov-}	A_{sz_prov}	A_{sy_prov}	A_s_prov				
[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]				
B49	0,000	SW	Beam	195	588	313	313	782	625	1407
				195	588	313	313	782	625	1407
				0	0	0	0	0	0	0
B36	0,000	SW	Column	0	0	402	402	0	804	804
				0	0	402	402	0	804	804
				0	0	0	0	0	0	0
B72	0,000	SW	Beam	986	522	314	314	1508	628	2136
				986	522	314	314	1508	628	2136
				0	0	0	0	0	0	0

4. Overall Design (ULS)

Linear calculation
 Load case: SW
 Extreme 1D: Global
 Selection: All
Required \cap **Provided**

Name	dx [m]	Case	Member	A_{sz_req+}	A_{sz_req-}	A_{sy_req+}	A_{sy_req-}	A_{sz_req}	A_{sy_req}	A_s_req
				[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]
				$A_{sz_add_req+}$	$A_{sz_add_req-}$	$A_{sy_add_req+}$	$A_{sy_add_req-}$	$A_{sz_add_req}$	$A_{sy_add_req}$	$A_{s_add_req}$
[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]				
A_{sz_prov+}	A_{sz_prov-}	A_{sy_prov+}	A_{sy_prov-}	A_{sz_prov}	A_{sy_prov}	A_s_prov				
[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]				
B49	0,000	SW	Beam	195	588	313	313	782	625	1407
				195	588	313	313	782	625	1407
				0	0	0	0	0	0	0
B36	0,000	SW	Column	0	0	402	402	0	804	804
				0	0	402	402	0	804	804
				0	0	0	0	0	0	0
B72	0,000	SW	Beam	986	522	314	314	1508	628	2136
				986	522	314	314	1508	628	2136
				0	0	0	0	0	0	0

5. Overall Design (ULS)

Linear calculation
 Load case: SW
 Extreme 1D: Global
 Selection: All
Required \cap **Provided**

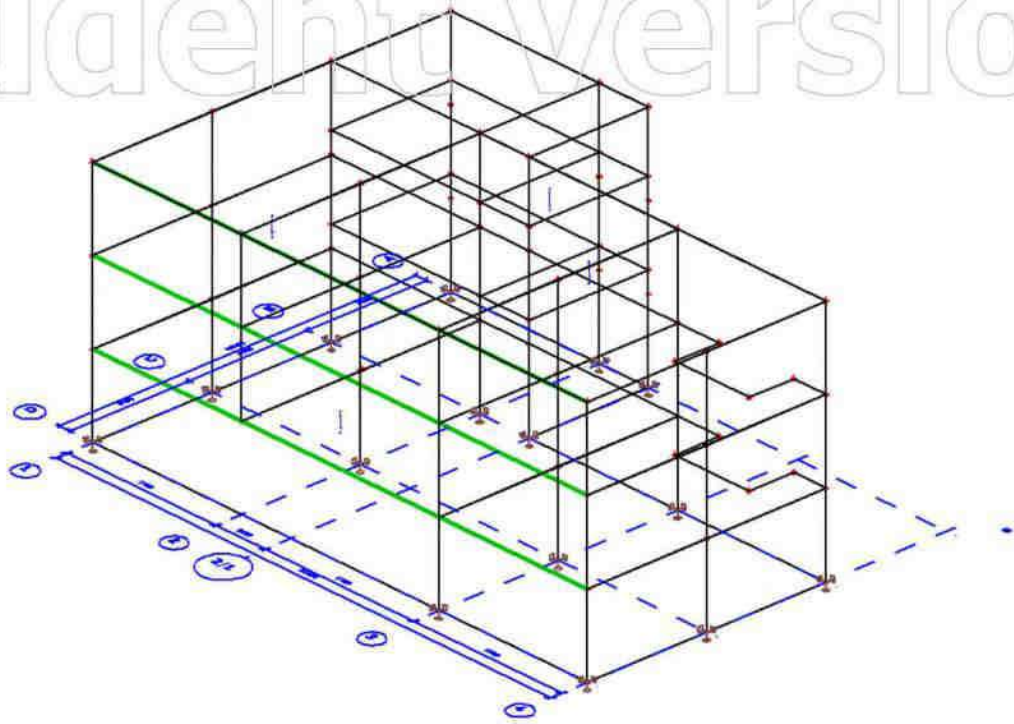
Name	dx [m]	Case	Member	A_{sz_req+}	A_{sz_req-}	A_{sy_req+}	A_{sy_req-}	A_{sz_req}	A_{sy_req}	A_s_req
				[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]
				$A_{sz_add_req+}$	$A_{sz_add_req-}$	$A_{sy_add_req+}$	$A_{sy_add_req-}$	$A_{sz_add_req}$	$A_{sy_add_req}$	$A_{s_add_req}$
[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]				
A_{sz_prov+}	A_{sz_prov-}	A_{sy_prov+}	A_{sy_prov-}	A_{sz_prov}	A_{sy_prov}	A_s_prov				
[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]				
B49	0,000	SW	Beam	195	588	313	313	782	625	1407
				195	588	313	313	782	625	1407
				0	0	0	0	0	0	0
B36	0,000	SW	Column	0	0	402	402	0	804	804
				0	0	402	402	0	804	804
				0	0	0	0	0	0	0
B72	0,000	SW	Beam	986	522	314	314	1508	628	2136
				986	522	314	314	1508	628	2136
				0	0	0	0	0	0	0

6. Cross-section characteristics EN 1992-1-1

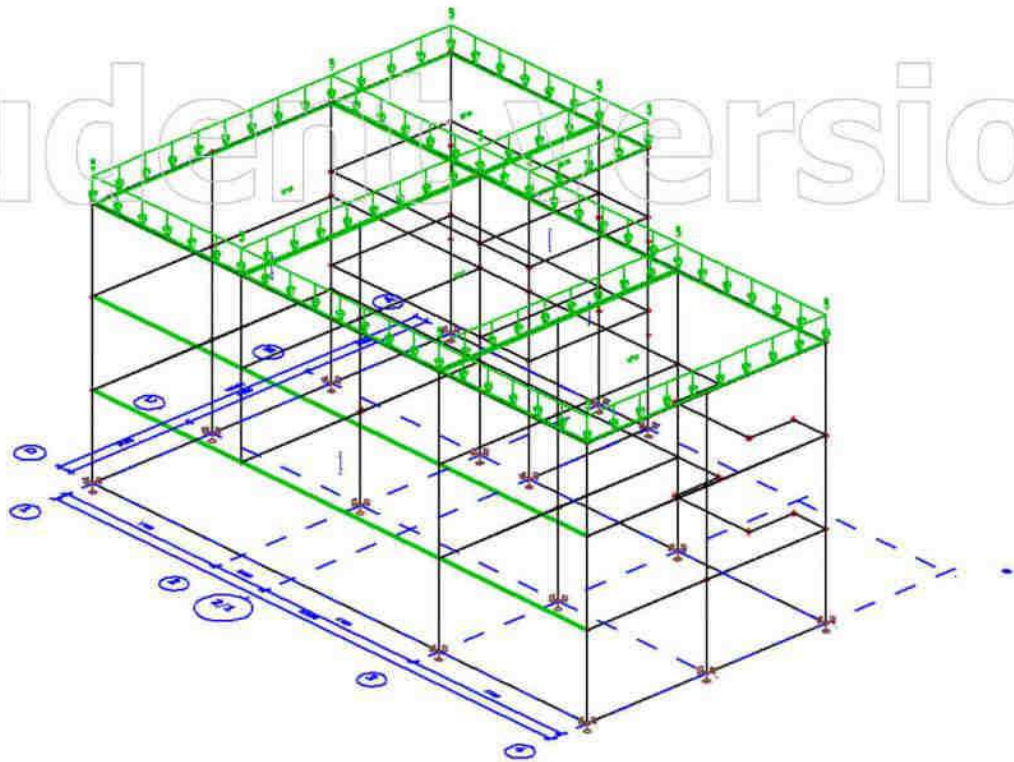
Linear calculation, Extreme : Member
 Selection : All
 Load cases : SW

Cross section characteristics for selected members

8. SW / Tot. value / Name

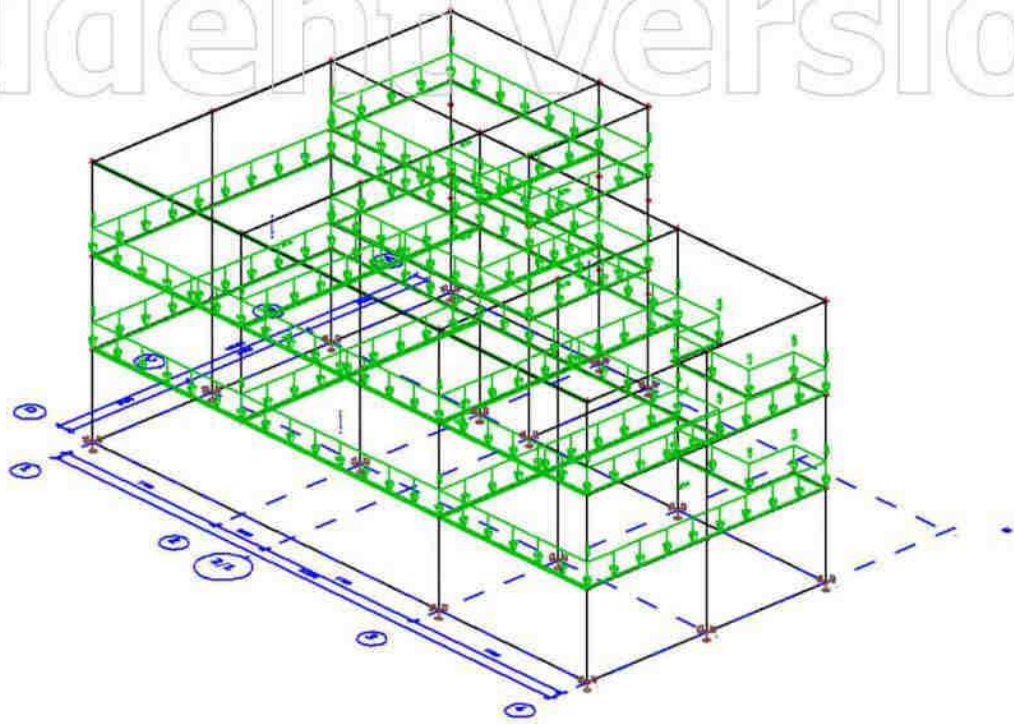


9. SN / Tot. value / Name

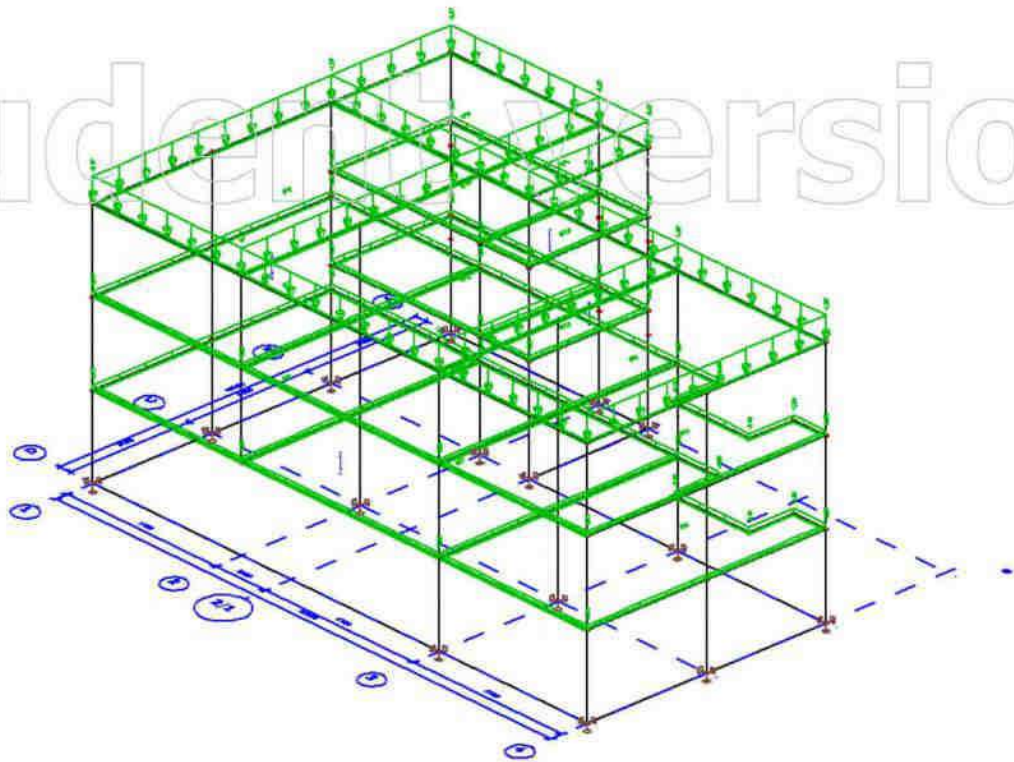


Student version

10. Naudojimo / Tot. value / Name



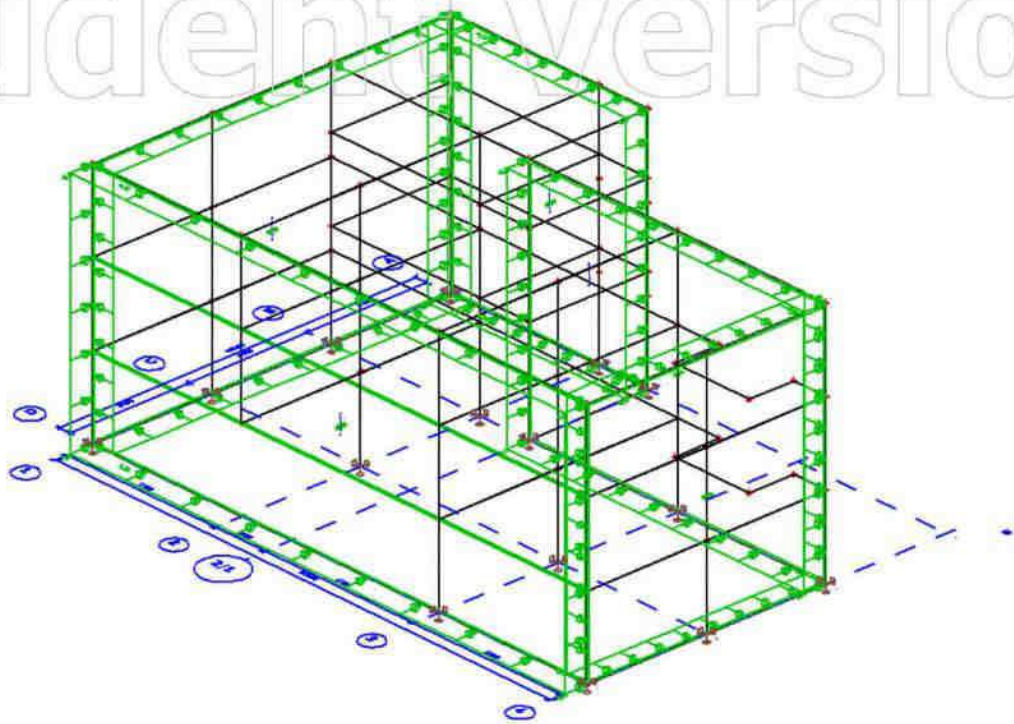
11. SW ADD / Tot. value / Name



Student version

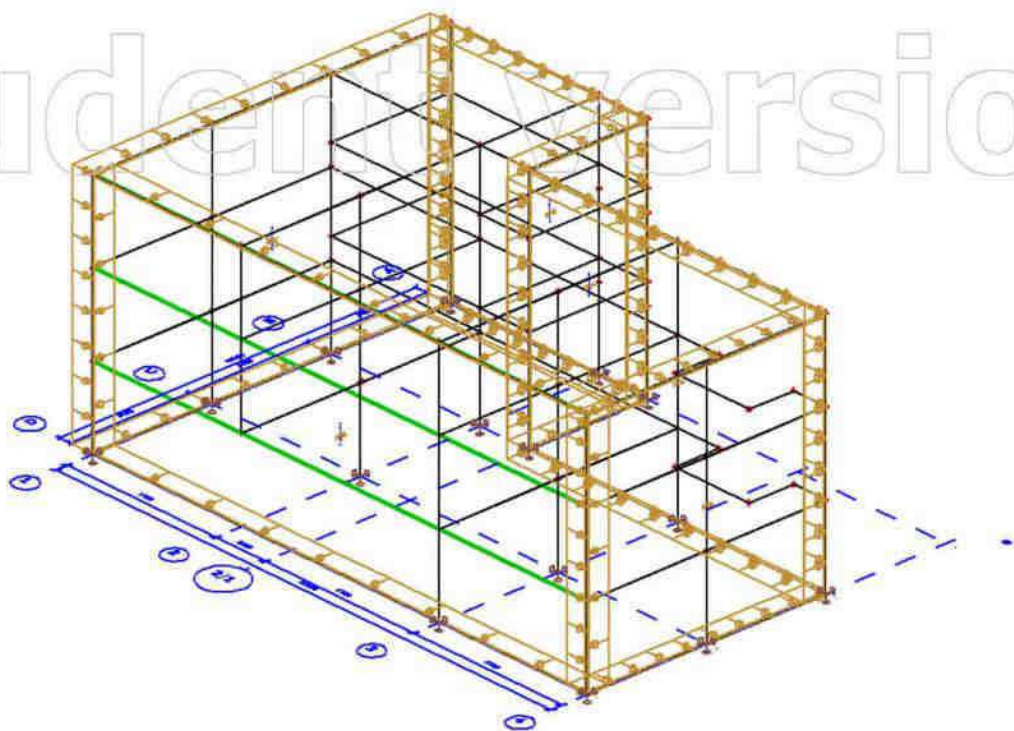
12. Wind14 / Tot. value / Name

Student version



13. WindAD / Tot. value / Name

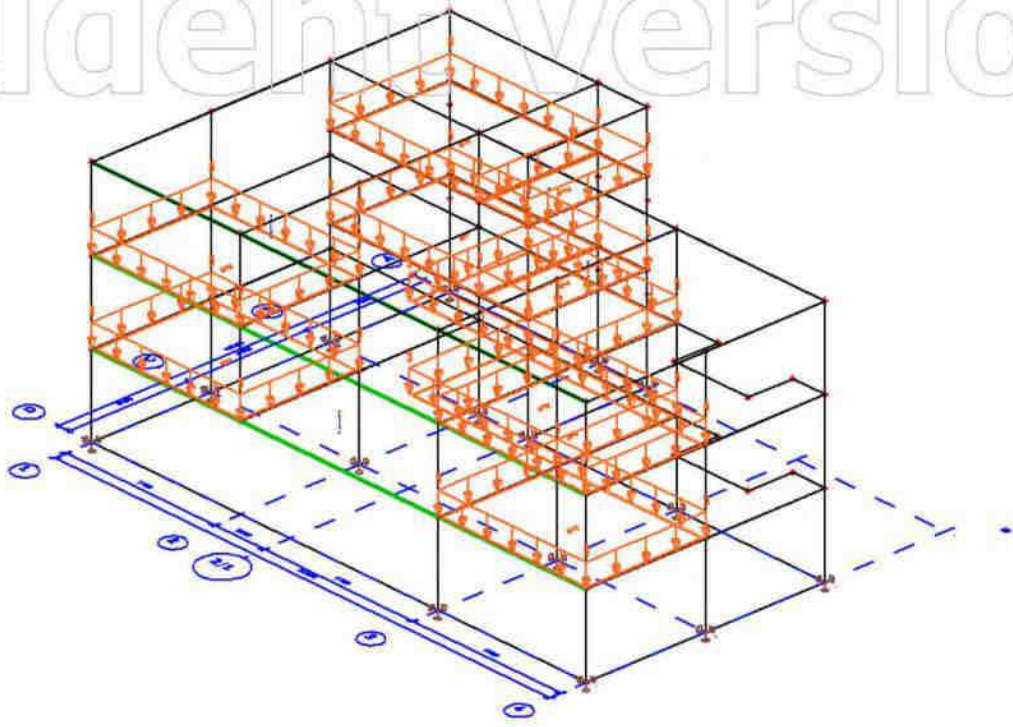
Student version



Student version

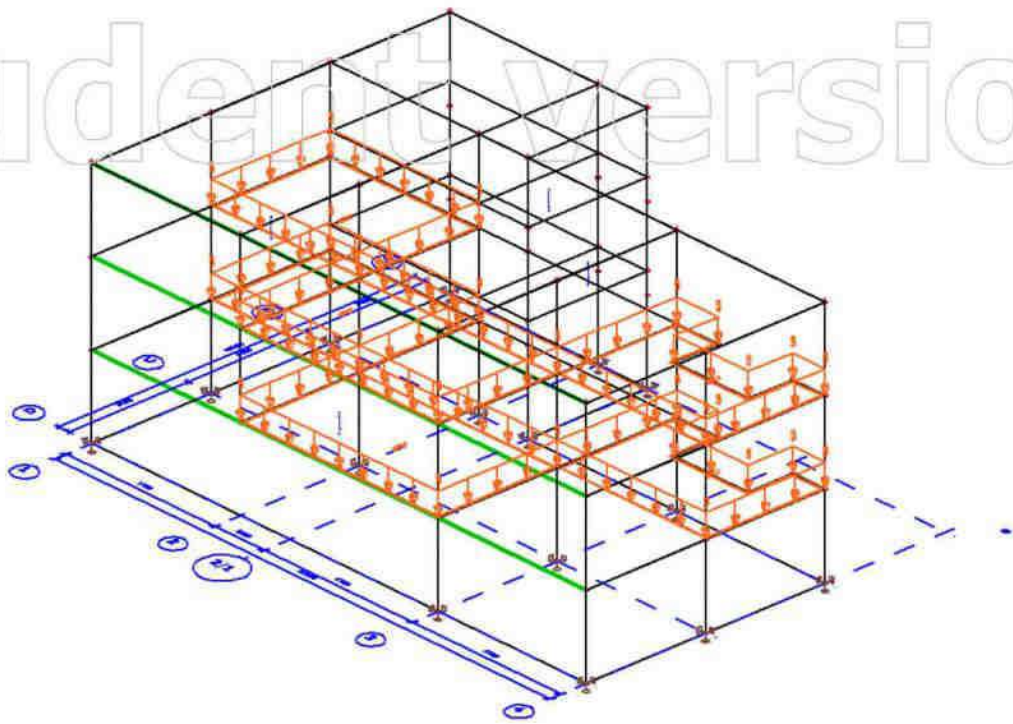
14. Naudojimo 2 / Tot. value / Name

Student version



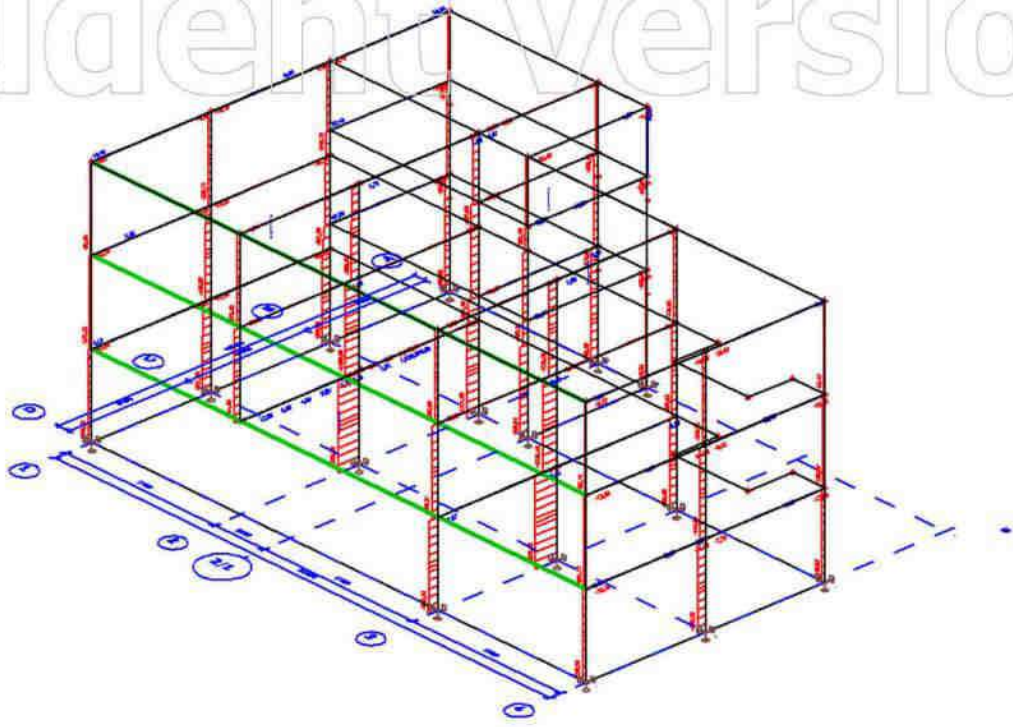
15. Naudojimo 3 / Tot. value / Name

Student version

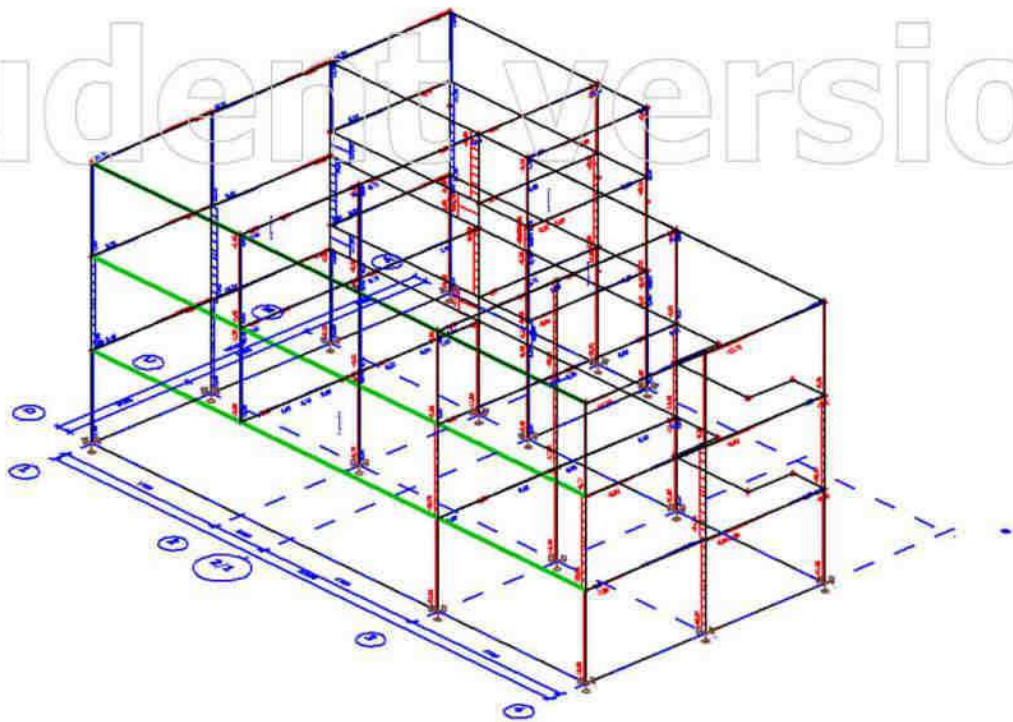


Student version

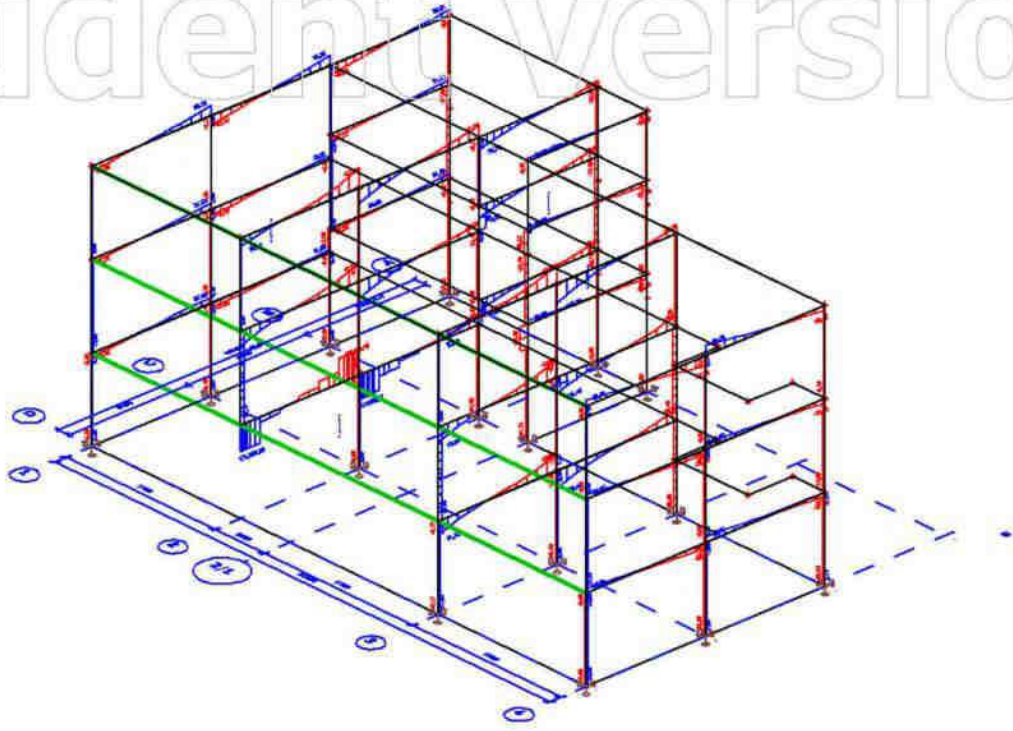
16. Internal forces on member; N



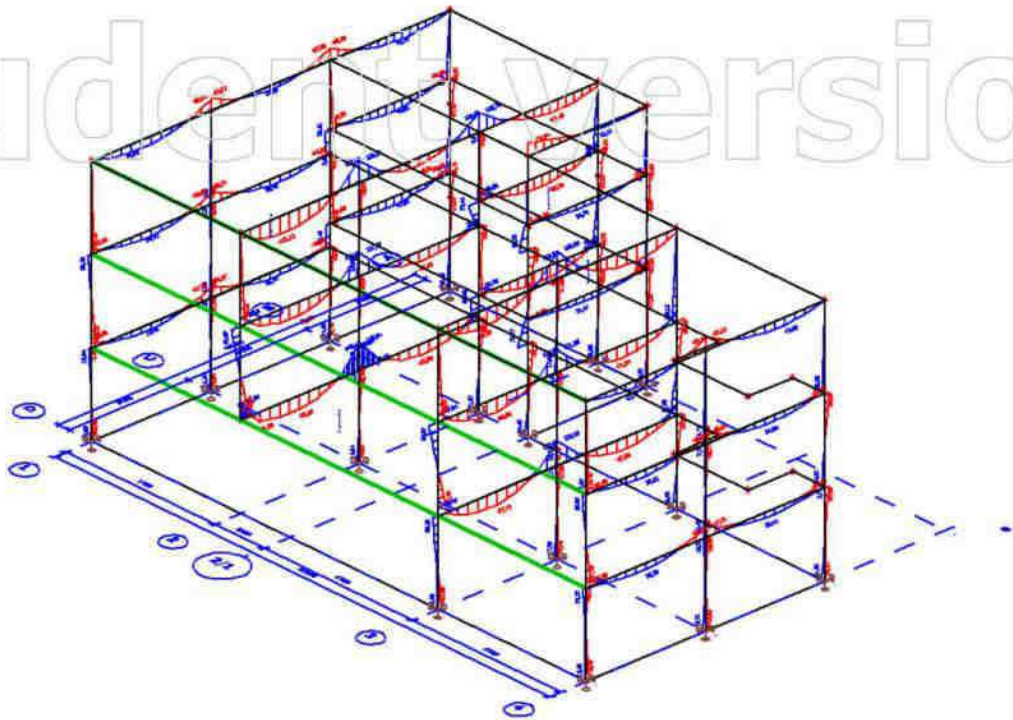
17. Internal forces on member; V_y



18. Internal forces on member; Vz

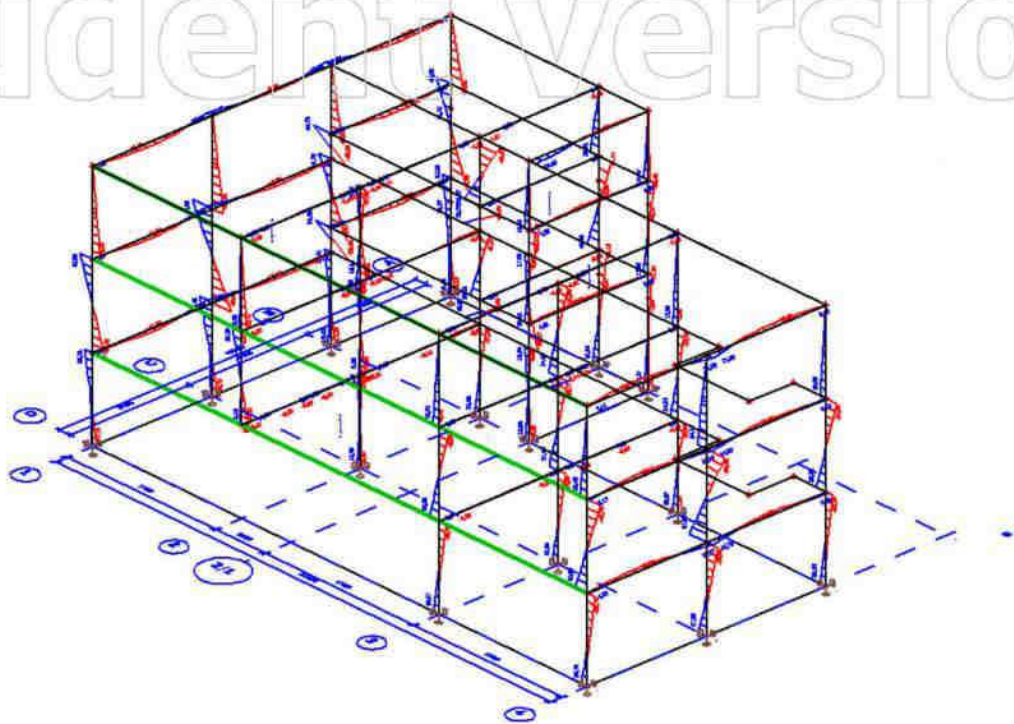


19. Internal forces on member; My



20. Internal forces on member; M_z

Student version



Student version

Student version

Priedas Nr.5
Atviro šaltinio (Open Source)
Skaičiavimų pvz.

Kolonos skaičiavimas:

1. Kolonos skerspjūvio matmenys

$$b := 0.3 \text{ m} \quad h := 0.3 \text{ m} \quad a_2 := 2.5 \text{ cm} \quad d := h - a_2 = 27.5 \text{ cm} \quad L := 11.14 \text{ m}$$

2. Įrašų skaičiavimas:

$$\gamma_G := 1.35 \quad \gamma_Q := 1.3 \quad g_{k.p} := 4.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad g_{k.r} := 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad q_k := 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad q_{K.s} := 1.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Plotas tenkantis kolonai ašyse A ir 2

$$A := 7.2 \text{ m} \cdot 2.7 \text{ m} = 19.44 \text{ m}^2$$

Kolonos savojo svorio jėga:

$$N_{KL} := b \cdot h \cdot L \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 25.06 \text{ kN}$$

Rygerio savas svoris:

$$A_r := 0.2142 \text{ m}^2 \quad L := 5.4 \text{ m}$$

$$N_r := A_r \cdot L \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 28.917 \text{ kN}$$

Koloną veikianti jėga:

$$N_{Ed} := A \cdot \left(3 \cdot g_{k.p} \cdot \gamma_G + 3 \cdot q_k \cdot \gamma_Q + q_{K.s} \cdot \gamma_Q \right) + N_{KL} \cdot \gamma_G + 3 \cdot \frac{1}{2} \cdot N_r \cdot \gamma_G = 615.14 \text{ kN}$$

Koloną veikiantis momentai:

$$e_s := \frac{b}{2} + \frac{30}{2} \text{ mm} = 16.5 \text{ cm}$$

$$M_{Ed} := A \cdot g_{k.p} \cdot \gamma_G \cdot e_s + A \cdot q_k \cdot \gamma_Q \cdot e_s = 26.53 \text{ kN m}$$

$$M_{Ed.1} := A \cdot g_{k.p} \cdot \gamma_Q \cdot e_s = 17.51 \text{ kN m}$$

$$l_0 := 3500 \text{ mm} \quad e_a := \frac{1}{30} \cdot b = 1 \text{ cm} \quad \frac{1}{600} \cdot l_0 = 0.58 \text{ cm} \quad e_0 := e_a + e_s = 17.5 \text{ cm}$$

$$\varphi_p := 1 \quad E_{cm} := 30 \text{ GPa} \quad \beta := 1 \quad M_{Ed} = 26.53 \text{ kN m} \quad M_{Ed.1} = 17.51 \text{ kN m}$$

$$I_c := \frac{h \cdot b^3}{12} = 0.000675 \text{ m}^4 \quad \varphi_1 := 1 + \beta \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{Ed.1}} = 2.51 \quad \delta_e := \frac{e_0}{b} = 0.583 \quad e_0 = 0.175 \text{ m}$$

$$f_{ck} := 35 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_c := 1.5 \quad l_0 = 350 \text{ cm} \quad b = 30 \text{ cm} \quad \gamma_s := 1.15 \quad f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 2.33 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.78 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\delta_{e.min} := 0.05 - 0.01 \cdot \frac{3.5}{30} - 0.01 \cdot 2.33 = 0.026$$

$$\delta_e > \delta_{e.min} = 1 \quad E_s := 205 \text{ GPa}$$

$$\alpha_s := \frac{E_s}{E_{cm}} = 6.83$$

$$\text{Pasirenkame: } \rho_1 := 0.012$$

$$d = 0.275 \text{ m} \quad a_2 = 0.025 \text{ m}$$

$$I_s := \rho_1 \cdot b \cdot d \cdot \left(\frac{d - a_2}{2} \right)^2 = 1.55 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$N_{crit} := \frac{6.4 \cdot E_{cm}}{l_0^2} \cdot \left(\frac{I_c}{\phi_1} \cdot \left(\frac{0.11}{\delta_e} \right) + \alpha_s \cdot I_s \right) = 2333.99 \text{ kN}$$

$$\eta := \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crit}}} = 1.36$$

$$e_e := e_0 \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 36.26 \text{ cm}$$

$$\alpha_n := \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d} = 0.32$$

$$\alpha_m := \frac{N_{Ed} \cdot e_e}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = 0.42$$

Apskaičiuojamas ribinis santykinis gniuždomosios zonos aukštis:

$$\alpha := 0.85$$

$$\sigma_{s.lim} := 360$$

$$f_{cd} = 23.33 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{sc.lim} := 500$$

$$w := \alpha - 0.008 \cdot f_{cd} \cdot 1 \frac{mm^2}{N} = 0.66$$

$$\xi_{lim} := \frac{w}{1 + \frac{\sigma_{s.lim}}{\sigma_{sc.lim}} \cdot \left(1 - \frac{w}{1.1} \right)} = 0.52$$

$$f_{cd} = 23.33 \frac{N}{mm^2}$$

$$\alpha_n < \xi_{lim} = 1$$

$$A_{s1} := \frac{f_{cd} \cdot b \cdot d}{f_{yd}} \cdot \frac{\alpha_m \cdot \alpha_n \cdot (1 - 0.5 \cdot \alpha_n)}{1 - \frac{a_2}{d}} = 5.51 \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} = 43.48 \frac{kN}{cm^2}$$

$$A_{s2} := A_{s1}$$

$$\rho := \frac{A_{s1} + A_{s2}}{b \cdot h} = 0.0122$$

$$\rho_1 = 0.012$$

Parenkame 2x20 su $A_{s1}=A_{s2}=6,28 \text{ cm}^2$

Atsarga:

$$\frac{6,28 - A_{s1} \cdot \frac{1}{2}}{6,28} \cdot 100 = 12,26$$

Atsarga 14 proc.

1. Reikalingos armatūros skaičiavimas:

$$h := 0.42 \text{ m} \quad h_l := 0.2 \text{ m} \quad b_l := 0.7 \text{ m} \quad h_{tr} := h - h_l \quad b := 0.3 \text{ m}$$

$$A := h_l \cdot b_l + h_{tr} \cdot b = 0.206 \text{ m}^2$$

$$q_{k.ryg} := A \cdot 28 \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} 0.206 \cdot \text{m}^2 \cdot 28 = 5.768 \text{ m}^2$$

$$s := 7.2 \text{ m} \quad g_{k.ryg} := 3.46 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad g_{ryg} := 5.77 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$g_k := g_{k.ryg} \cdot s + g_{ryg} = 30.682 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$g_k := g_{k.ryg} \cdot s + g_{ryg} \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} 3.46 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 7.2 \text{ m} + 5.77 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 30.682 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{k.ryg} := 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_k := q_{k.ryg} \cdot s \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 7.2 \text{ m} = 14.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$g_d := g_k \cdot 1.35 \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{30.682 \cdot \text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.35 = 41.421 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_d := q_k \cdot 1.3 \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{14.4 \cdot \text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.3 = 18.72 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$p_d := g_d + q_d \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{41.420700000000004 \cdot \text{kN}}{\text{m}} + \frac{18.72 \cdot \text{kN}}{\text{m}} = 55.821 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$l_k := 5060 \text{ mm} \quad c := 200 \text{ mm}$$

$$l_{eff} := l_k - c \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} 5060 \text{ mm} - 200 \text{ mm} = 4.86 \text{ m}$$

$$M_{Ed} := \frac{p_d \cdot l_{eff}^2}{8} \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{55.8207 \cdot \text{kN}}{\text{m}} \cdot (4.86 \cdot \text{m})^2}{8} = 164.808 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ed} := \frac{p_d \cdot l_{eff}}{2} \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{55.8207 \cdot \text{kN}}{\text{m}} \cdot 4.86 \cdot \text{m}}{2} = 135.644 \text{ kN}$$

$$f_{cd} := 30 \text{ MPa} \quad c := 0.085 \text{ m} \quad d := h - c = 0.335 \text{ m}$$

$$\mu_{Ed} := \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{164.807825715 \cdot \text{m} \cdot \text{kN}}{30 \text{ MPa} \cdot 0.3 \text{ m} \cdot (0.335 \cdot \text{m})^2} = 0.163$$

$$\xi := 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Ed}} = 0.179 \quad f_{yd} := 365 \text{ MPa}$$

$$x := \xi \cdot d \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} 0.17923453551311996 \cdot 0.335 \cdot \text{m} = 0.06004 \text{ m}$$

$$A_{s1} := \frac{b \cdot x \cdot f_{cd}}{f_{yd}} \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{0.3 \text{ m} \cdot 0.0600435693968952 \cdot \text{m} \cdot 30 \text{ MPa}}{365 \text{ MPa}} = 0.00148 \text{ m}^2$$

2. Geometrinių scharakteristikų skaičiavimas:

$$A_{s1} := 0.00152 \text{ m}^2$$

$$E_{sm} := 200 \text{ GPa} \quad E_{cm} := 37 \text{ GPa}$$

$$\alpha_{e1} := \frac{E_{sm}}{E_{cm}}$$

$$A_{eff} := A + \alpha_{e1} \cdot A_{s1} = 0.2142 \text{ m}^2$$

$$a := 0.085 \text{ m}$$

$$S_{eff} := b_l \cdot h_l \cdot \frac{h_l}{2} + b \cdot h_{tr} \cdot \frac{h_{tr}}{2} + \alpha_{e1} \cdot A_{s1} \cdot a = 0.022 \text{ m}^3$$

$$y_{sc} := \frac{S_{eff}}{A_{eff}} = 0.103 \text{ m}$$

$$I_{eff} := \frac{b_l \cdot h_l^3}{12} + \frac{b \cdot h_{tr}^3}{12} + b \cdot h_l \cdot (y_{sc} - 0.5 \cdot h_l)^2 + b \cdot h_{tr} \cdot ((h - y_{sc}) - 0.5 \cdot h_{tr})^2 + \alpha_{e1} \cdot A_{s1} \cdot (y_{sc} - a)^2 = 0.003577 \text{ m}^4$$

$$W_{eff1} := \frac{I_{eff}}{y_{sc}} = 0.0349 \text{ m}^3$$

$$W_{eff2} := \frac{I_{eff}}{(h - y_{sc})} \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{0.00357731821594258 \cdot \text{m}^4}{0.42 \text{ m} - 0.102505677517033 \cdot \text{m}} = 0.01127 \text{ m}^3$$

$$\gamma := \frac{b_l}{b} \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{0.7 \text{ m}}{0.3 \text{ m}} = 2.333 \quad \gamma := 1.75$$

$$W_{pl1} := W_{eff1} \cdot \gamma = 0.06107 \text{ m}^3$$

$$W_{pl2} := W_{eff2} \cdot \gamma = 0.01972 \text{ m}^3$$

3. Rėmsijos normaliojo plyšio skaičiavimas

$$f_{ctk.0.05} := 2.9 \text{ MPa}$$

$$M_{crc} := f_{ctk.0.05} \cdot W_{pl1} = 177.111 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$f_{yd} := 365 \quad f_{cd} := 30$$

$$\sigma_{s.lim} := f_{yd} \quad w := 0.85 - 0.008 \cdot f_{cd} = 0.61$$

$$\sigma_{sc.lim} := 500$$

$$\xi_{lim} := \frac{w}{1 + \frac{\sigma_{s.lim}}{\sigma_{sc.lim} \cdot \left(1 - \frac{w}{1.1}\right)}} = 0.231$$

$$\xi_{eff} := \frac{f_{yd} \cdot A_{s1}}{f_{cd} \cdot b \cdot d} \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{365 \cdot 0.00152 \text{ m}^2}{30 \cdot 0.3 \text{ m} \cdot 0.335 \cdot \text{m}} = 0.184$$

$$f_{cd} := 30 \text{ MPa}$$

$$x := \xi_{eff} \cdot d = 0.062 \text{ m}$$

$$M_{Rd} := f_{cd} \cdot b \cdot x \cdot (d - 0.5 \cdot x) = 168.758 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed} = 164.808 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} > M_{Ed} = 1$$

4. Rėmsijos įstrižojo plyšio skaičiavimas

$$y_{sc} = 0.103 \text{ m} \quad I_{eff} = 0.003577 \text{ m}^4 \quad W_{eff1} = 0.0349 \text{ m}^3$$

$$W_{eff2} = 0.01127 \text{ m}^3 \quad W_{pl1} = 0.06107 \text{ m}^3 \quad W_{pl2} = 0.01972 \text{ m}^3$$

$$g_d = 41.421 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad q_d = 18.72 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad d = 0.335 \text{ m}$$

$$p_d := g_d + q_d = 60.141 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$p_{eff.d} := g_d + \frac{q_d}{2} \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{41.4207000000000004 \cdot \text{kN}}{\text{m}} + \frac{18.72 \cdot \text{kN}}{2} = 50.781 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$V_{Ed.max} := p_d \cdot \frac{l_{eff}}{2} \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{60.1407 \cdot \text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{4.86 \cdot \text{m}}{2} = 146.142 \text{ kN}$$

$$f_{ctd} := 1.74 \cdot \text{MPa}$$

$$V_{Ed.max} = 146.142 \text{ kN} \qquad p_{eff.d} = 50.781 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$2.5 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} 2.5 \cdot 1.74 \cdot \text{MPa} \cdot 0.3 \text{ m} \cdot 0.335 \cdot \text{m} = 437.175 \text{ kN}$$

$$\varphi_{c2} := 1.6 \qquad \varphi_{c3} := 0.48 \qquad \varphi_{c4} := 1.2$$

$$M_{c2} := \varphi_{c2} \cdot (1 + 0) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d^2 = 93.73 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Rd.c1} := 2 \cdot \sqrt{M_{c2} \cdot p_{eff.d}} = 137.981 \text{ kN}$$

$$V_{Rd.c.min} := \varphi_{c3} \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d = 83.938 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.max} = 146.142 \text{ kN}$$

5. Skersinēs armatūros skaičiavimas:

$$k_1 := \frac{V_{Ed.max} - V_{Rd.c1}}{V_{Rd.c1}} = 0.059$$

$$c_0 := 0.7 \text{ m}$$

$$k_{01} := \frac{V_{Rd.c.min}}{V_{Rd.c1}} \cdot \frac{c_0}{2 \cdot d} \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{83.937599999999989 \cdot \text{kN}}{137.98103146192233 \cdot \text{kN}} \cdot \frac{0.7 \text{ m}}{2 \cdot 0.335 \cdot \text{m}} = 0.636$$

$$v_{sw} := \frac{V_{Ed.max}}{c_0} \cdot \frac{k_{01}}{k_{01} + 1} = 81.128 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$f_{ywd} := 174 \text{ MPa} \qquad f_{ctk} := 2.9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{v_{sw}}{f_{ywd}} = 0.466 \text{ mm} \qquad W_{pl1} = 0.061 \text{ m}^3$$

Įlinkio skaičiavimas d1:
Tikriname ar atsivers pliūšys

$$M_{crc} > M_{Ed} = 1 \quad \text{Pliūšys neatsivers}$$

$$\varphi_{c1} := 0.85 \quad \Psi_2 := 0.3 \quad M_{Eqd} := \frac{(1 - \Psi_2) \cdot q_d \cdot l_{eff}^2}{8} = 38.689 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$r_1 := \frac{M_{Eqd}}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{eff}} = (3.439 \cdot 10^{-4}) \frac{1}{\text{m}}$$

$$q_{d.lt} := 0.6 \cdot q_k$$

$$p_{gd} := g_d + q_{d.lt}$$

$$M_{Egd} := \frac{p_{gd} \cdot l_{eff}^2}{8} = 147.802 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\varphi_{c2} := 2$$

$$r_2 := \frac{M_{Egd} \cdot \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{eff}} = 0.003 \frac{1}{\text{m}}$$

$$r := r_1 + r_2$$

$$d_r := r \cdot \frac{5}{48} \cdot l_{eff}^2 = 7.311 \text{ mm}$$

$$d_{lim} := \frac{l_{eff}}{200} = 24.3 \text{ mm}$$

$$d_r < d_{lim} = 1$$

LIETUVOS GEOLOGIJOS TARNYBOS
LEIDIMAS TIRTI ŽEMĖS GELMES Nr. ■

OBJEKTAS Sklypas Naujojoje g. Alytuje

DALIS Inžinerinė geologija

STADIJA Techninis projektas

UŽSAKOVAS



KAUNAS 2007 m



TURINYS

I. Aiškinamasis raštas

1. Įvadas
2. Darbų sudėtis apimtis ir metodika
3. Inžinerinės geologinės sąlygos ir gruntų fizinės – mechaninės savybės
4. Hidrogeologinės sąlygos
5. Išvados

II. Tekstiniai priedai:

1. Gruntų skaičiuojamųjų rodiklių suvestinė lentelė
2. Vidutinių mechaninių savybių, nustatytų pagal statinio zondavimo rezultatus, suvestinė lentelė
3. Gruntų laboratorinių tyrimų rezultatų lentelė
4. Tyrimų protokolas
5. Koordinačių žiniaraštis
6. Leidimas tirti žemės gelmes Nr. 30

III. Grafiniai priedai:

1. Gręžinių Nr. 1-2 stulpeliai, SZ 1-2 grafikai
2. Gręžinio Nr. 3 stulpelis, SZ 3 grafikas, inžinerinis geologinis pjūvis I – I, Mv 1:100 Mh 1:500 ir sutartiniai ženklai
3. Toponuotrauka M 1:1000 su gręžinių, SZ bandymų vietomis ir inžinerinio geologinio pjūvio linija

I. Aiškinamasis raštas

1. Įvadas

UAB "Rapasta" geologai 2007 m. spalio mėn. atliko inžinerinius geologinius tyrinėjimus statybiniame sklype Naujojoje g. Alytuje.

Tyrinėjimo tikslas – nustatyti sklypo inžinerines geologines ir hidrogeologines sąlygas, įvertinti gruntus, kurie bus natūraliais pagrindais projektuojamiems statiniams ir įrengimams.

Tyrimai atlikti pagal STR 1.04.02:2004 (Inžineriniai geologiniai tyrimai) reikalavimus ir kitas Lietuvoje galiojančias normas.

2. Darbų sudėtis apimtis ir metodika

Lauko darbų metu buvo išgręžti 3 gręžiniai (Gr. 1 - 3) iki 5,4 – 9,0 m gylio.

Gruntų deformacinių savybių nustatymui atlikti statinio zondavimo bandymai (SZ 1 - 2) iki 9,4 – 10,4 m gylio.

Statinis zondavimas atliktas III tipo elektroniniu tenzometriniu zonu pagal GOST'ą 20069.81. Zondavimo metu nustatytas grunto pasipriešinimo stiprumas zondavimo galvutei, t.y. stiprumas kūgiui q (MPa) ir lokalinė šoninė trintis f_{zl} (kPa).

Deformacijos modulis paskaičiuotas $q \times K$. Gruntų stiprumas q ir deformacijų modulis E kiekvienoje konkrečioje vietoje pateiktas prie statinio zondavimo grafiku, o apibendrintos reikšmės pateiktos suvestinėje zondavimo lentelėje (tekst. pr. 2).

Gruntų laboratoriniams tyrimams paimti 3 suardytos struktūros grunto bandiniai.

Foniniam grunto užterštumui naftos produktais buvo paimti 3 grunto ėminiai. Laboratorinius grunto tyrimus atliko LŽI agrocheminių tyrimų centras. Duomenys pateikti tyrimų protokole (4 tekst. pr.).

Gręžimo darbus atliko P. Klimavičius ir A. Klimavičius, lauko darbams vadovavo S. Tamulaitis, ataskaitą paruošė geologė A. Dranseikienė.

3. Inžinerinės geologinės sąlygos ir gruntų fizinės – mechaninės savybės

Geomorfologiniu požiūriu tyrinėtas sklypas yra pakraštinių moreninių darinių ruože. Gręžinių žemės paviršiaus altitudės svyruoja 111,55 – 112,10 m ribose.

Inžinerinė geologinė sandara pateikta gręžinių stulpeliuose ir inžineriniame geologiniame pjūvyje.

Tyrinėtas sklypas padengtas 0,2 – 0,3 m storio dirvožemio sluoksniu (IGE 1) ir 0,2 – 0,6 m storio supulto priemolio, smėlio su organinės medžiagos priemaiša sluoksniu (IGE 2, 3).

Nuo 0,5 – 0,9 m gylio slūgso pusiau kietas priemolis su smėlio lėšiais (IGE 5) ir tankus žvyras (IGE 4).

Nuo 1,8 – 2,5 m gylio slūgso platingas moreninis priemolis (IGE 6) su smėlio lėšiais.

Gruntų skaičiuojamieji rodikliai pateikti pateikti suvestinėje suvestinėje lentelėje (tekst. pr. 1). Pastaboje parašyta pagal ką pateiktos skaičiuojamosios reikšmės.

Sudarant gruntų skaičiuojamųjų rodiklių suvestinę lentelę, panaudoti statinio zondavimo duomenys ir gruntų laboratorinių tyrimų duomenys.

Skaičiavimams rekomenduojami gruntų rodikliai taikytini su sąlyga, jeigu statybos metu pagrindo gruntai bus apsaugoti nuo esamos sandaros suardymo, išdžiuvimo, išmirkimo ir sušaldymo.

4. Hidrogeologinės sąlygos

Hidrogeologinės sąlygos apibūdintos pagal vandens lygio stebėjimus tyrinėjimų metu.

Tyrinėtame sklype 1,8 – 3,2 m gylyje (alt. 108,90 - 109,95 m) nuo žemės paviršiaus sutiktas požeminis lėšių tipo vanduo. Vanduo kaupiasi moliniuose gruntuose esančiuose smėlio lėšiuose.

Lietingais metų laikotarpiais ir pavasarinio polaidžio metu požeminis vanduo laikinai kaupsis arti žemės paviršiaus virš molinių gruntų, o sausų metų laikotarpiu infiltruos į gilesnius sluoksnius arba nusidreuos.

5. Išvados

Sklype gali būti įrengti įvairaus tipo pamatai: seklieji, poliniai (gręžtiniai, spraustiniai, kaltiniai).

Vykdam statybos darbus lietingu laikotarpiu į statybines iškasas kaupsis požeminis vanduo.

Projektuojant pastatus su rūsiu, numatyti drenažą.

Inž. geologė [redacted]

GRUNTŲ SKAIČIUOJAMŪJŲ RODIKLIŲ SUVESTINĖ LENTELE

Geologinis indeksas	Inžinerinio geologinio elemento Nr.	Grunto pavadinimas	Konsistencija arba tankumas	Skaičiuojamieji rodikliai					Dalelių tankis ρ_s	Tankis skaičiuojamasis ρ^*	Poringumo koeficientas e	Gruntų kasimo klasifikacija
				savijasis sunkis γ "	sankabumas C^*	vidinės trinties kampas φ^*	deformacijų modulis E	skaičiuojamasis stiprumas R_0				
				kN/m ³	kPa	laipsn.	MPa	kPa				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
QIV	3	Derlingas dirvožemis	-	1.30	-	-	4.5*	-	-	1.30	0.95	6a
tIV	2	Piltas gr.: smėlis, žvyras, su organ. medž. priem.	tankus kietai	17.0	0	39*	30*	500*	2.65	1.70	0.55	5b
gIII	3	Piltas gr.: priemolis	plastingas	21.5	28	22	12*	70*	2.70	2.15	0.65	8a
gIII	4	Žvyras	tankus	18.5	1	41*	53*	850*	2.66	1.85	0.50	5a
gIII	5	Priemolis sluoksniuotas	pusiau kietas	22.2	39	24	13*	180*	2.71	2.22	0.40	8b
gIII	6	Priesmėlis moreninis	plastingas	22.8	19	28	9*	180*	2.71	2.28	0.34	8b

PASTABOS : 1. Gruntų skaičiuojamieji rodikliai pateikti :

a) - remiantis statybos rekomendacijomis R-33

b) *- pagal statinio zondavimo duomenis, piltam gruntui pagal minimalias reikšmes

2. Gruntų kasimo klasifikacija patikta pagal Darbo, medžiagų ir mechanizmų sąnaudų statyboje normatyvų I d., 1992 m.

Sudarė inž. geologė [REDAKTUOTA]

OBJEKTAS: STATYBINIS SKLYPAS [REDAKTUOTA] ALYTUJE

Vidutinių mechaninių savybių, nustatytų pagal statinio
zondavimo rezultatus

SUVESTINĖ LENTELE

Inž. geol. el. Nr.	Grunto pavadinimas	Konsistencija arba tankumas	Vidutinis	Vidutinis	Vidaus trinties kampas φ , laipsn.
			stiprumas kūgiui q, MPa	deformacijų modulis E, MPa	
1	Derlingas dirvožemis	-	1.5(1)	4.5(1)	-
			1.5	4.5	-
2	Piltas gr.: smėlis, žvyras su organ. medž. priemaiša	tankus	10.0(1)	30.0(1)	39
			10.0	30.0	39
3	Piltas gr.: priemolis su organ. medž. priemaiša	kietai plastingas	-	-	-
			-	-	-
4	Žvyras	tankus	17.5(12)	52.5(12)	41
			13.0-22.0	39.0-66.0	40-42
5	Priemolis sluoksniuotas	pusiau kietas	1.8(6)	12.6(6)	-
			1.8	12.6	-
6	Priesmėlis moreninis	plastingas	1.8(78)	9.0(78)	-
			1.7-1.8	8.5-9.0	-

Pastaba: Statinis zondavimas atliktas III tipo zondų pagal GOSTą 20069,81

Deformacijų moduliai (E) paskaičiuoti pagal formulę:

$E=3q$ (IGE- 1, 2, 4),

$E=5q$ (IGE- 6),

$E=7q$ (IGE- 5),

PASTABA: Skaitiklyje pateiktos bandymų reikšmės ir bandymų skaičius,
vardiklyje - ekstremalines reikšmes

SUDARĖ : inž. geologė [REDAKTUOTA]

UAB "Rapasta"

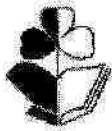
GRUNTŲ LABORATORINIŲ TYRIMŲ REZULTATŲ
LENTELĖ

OBJEKTAS: Degalinė Alytuje Naujoji g.

Eil. Nr.	Gręž. arba šurfo Nr.	Pvz. paėm. gyfis, m	Dalelių tankis g/cm ³	Grunto tankis g / cm ³		Poring. koef.	Natural. drėgnumas	Drėgnumo laipsn.	Plastingumo rodikliai			Kaitin. nuostol. prie 440C	Filtrac. koef. m / parą	Korozingumas		Grunto pavadinimas	
				natūralus	sausio grunto				takamo riba	plasting. riba	plasting. skaičius			Fe pagal: lygin. varžą	katodinės srov tank.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	17	18	19
1	1	5,0-5,2				0,34	12,6		17,0	10,2	6,8	0,35					Priesmėlis plastingas
2	2	4,0-4,5				0,33	12,2		16,6	10,2	6,4	0,31					Priesmėlis plastingas
3	3	1,0-1,2				0,4	14,8		21,3	13,0	8,3	0,22					Priesmėlis pusiau kietas

GRUNTŲ TYRIMUS ATLIKO:

DATA: 2007 10 15



TYRIMŲ PROTOKOLAS Nr. D 451

2007-10-17

Užsakovas:

Tiriamąjį ėminio kodas, pavadinimas, kiekis ir identifikavimas: Dirvožemis – 2 ėminiai:

D 451-1 Grėž.2/1, gylis iki 0,5 m; žvyras

D 451-2 Grėž.3/1, gylis iki 0,6 m; priemolis

D 451-3 Grėž.3/2, gylis iki 1,2 m; priemolis

Ėminio atrinkimo vieta ir data: Degalinė Alytuje.

Ėminio atrinkimo normatyvinio dokumento žymuo ir atrinkimo akto nr.: b.nr. 2007-10-12

Ėminių pristatė:

Ėminių priėmė:

Tyrimo metodai ir rezultatai:

Tiriamąjo objekto pavadinimas	Tyrimų parametrų pavadinimas	Tyrimo rezultatai	Tyrimo metodai
D 451-1 Grėž.2/1, gylis iki 0,5 m; žvyras	Naftos produktai mg/kg	11,0	Vandens ir žemės teršimo naftos produktais laboratorinių tyrimų metodiniai nurodymai. V., 1993
D 451-2 Grėž.3/1, gylis iki 0,6 m; priemolis	Naftos produktai mg/kg	9,0	
D 451-3 Grėž.3/2, gylis iki 1,2 m; priemolis	Naftos produktai mg/kg	5,0	

Tyrimų atlikimo data : 2007-10-17

Analitinio skyriaus vedėjas

Tyrimus atliko: vyresn. chemikė

AV

Tyrimo rezultatai galioja tik pateiktam tiriamajam objektui.
Be raštiško skyriaus sutikimo tyrimų protokolo dalys negali būti dauginamos.

GEOLOGINIŲ GRĘŽINIŲ KOORDINAČIŲ IR ALTITUDŽIŲ

ŽINIARAŠTIS

Objekto pavadinimas Sklypas [redacted] Alytuje

Gręžinius nužymėjo inž. geologas [redacted]

Koordinacių sistema LKS-94 Aukščių sistema BALTIJOS

Planinio pririšimo būdas – linijiniais matavimais

Koordinacių nustatymo būdas – iš topografinio plano

Altitudžių nustatymo metodas – iš topografinio plano

Eilės Nr.	Gręžinio numeris	koordinatė		Altitudės m	Nomenklatūrinis vienetas	Pastabos
		X	Y			
1	GR. 1	6032350	500035	112,10		
2	GR. 2	6032370	500042	111,85		
3	GR. 3	6032368	500020	111,55		

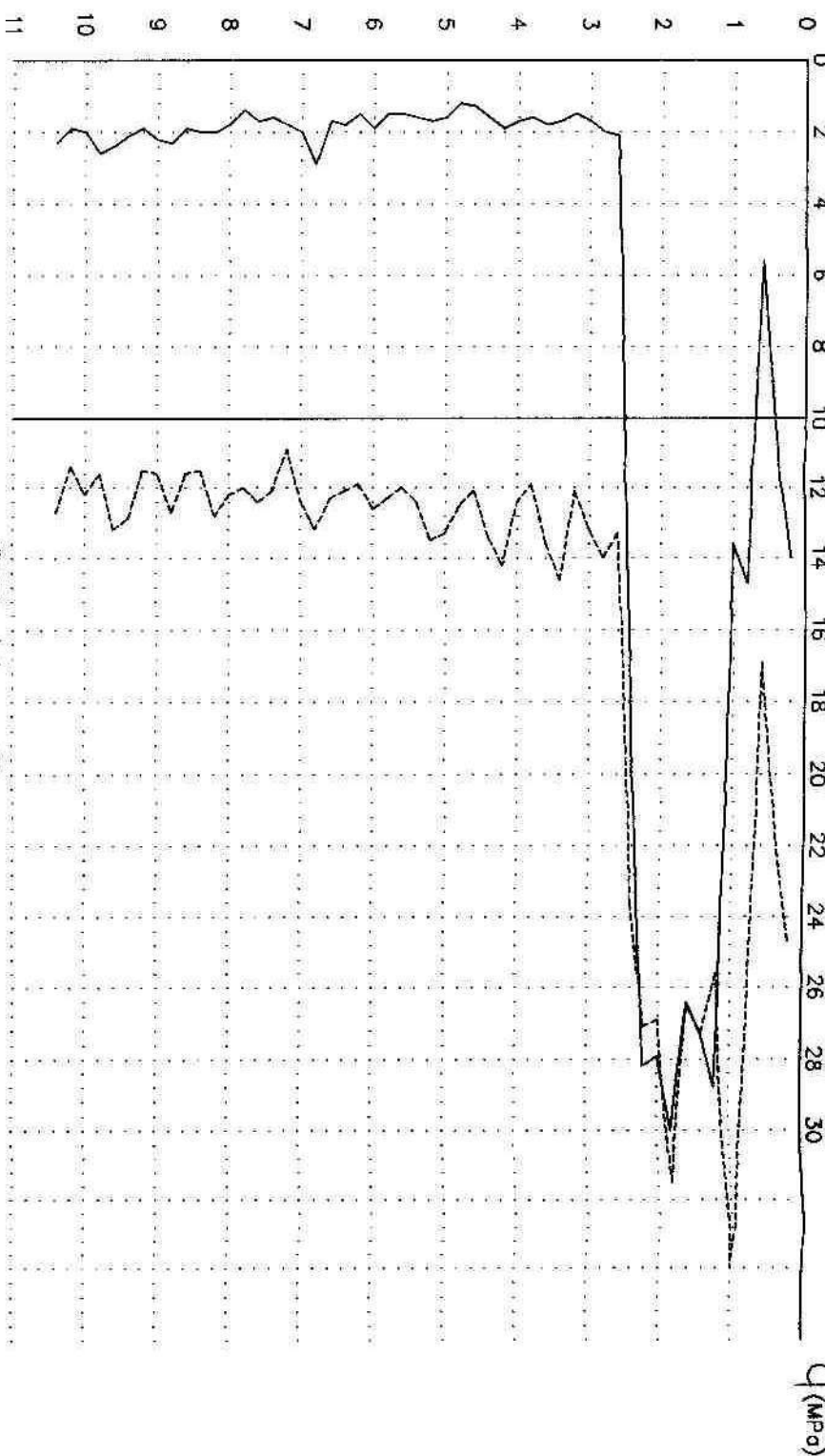
Data : 2007 10 11

Sudarė: geologė [redacted]

Stulpelis	190	190	0.60	1.5	4.5	-
Pasirode	109.95	109.95	111.25	13.0	39.0	40
Nusist.						
Maks.						
q (Mpa)	1.8					
F (MPa)	9.0					
Vidus tr. lapšnis	-					

Gr. Nr. 2

Altitude: 111.85 m

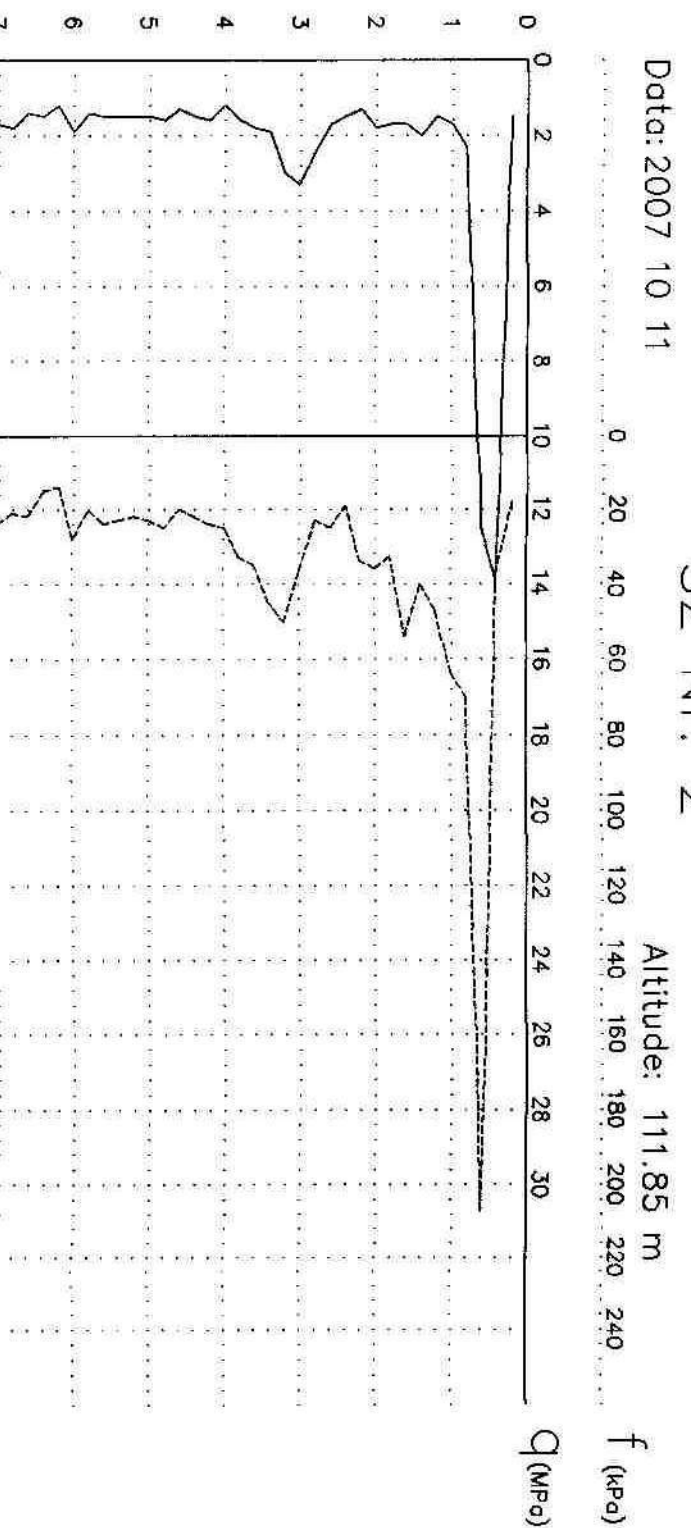


SZ NR. 2

Data: 2007 10 11

Altitude: 111.85 m

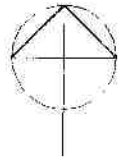
Stulpelis	190	190	0.60	1.5	4.5	-
Pasirode	109.95	109.95	111.25	13.0	39.0	40
Nusist.						
Maks.						
q (Mpa)	1.8					
F (MPa)	9.0					
Vidus tr. lapšnis	-					



SZ NR. 2

Data: 2007 10 11

Altitude: 111.85 m



Kaunas-Alytus (130)

GR-3
111.55

GR-SZ-2
111.85

GR-SZ-1
112.10

Naujokis g.

B2

B1

Naujokis g.

SIKARINIS ZYMETMAS

	gatvės atskykys
	geležinkelio linija
	pastatas
	tvora
	plotų riba
	elektrinės linijos, vandentiekio, kanalizacijos linijos
	vandens telkinys, upelis, tvenkinys
	medžių, krūmų, žolynų žymėjimas
	gatvės vidurinė linija
	geležinkelio vidurinė linija
	pastato pėdsakas
	tvoros linija
	plotų ribos linija
	elektrinės linijos, vandentiekio, kanalizacijos linijos
	vandens telkinys, upelis, tvenkinys
	medžių, krūmų, žolynų žymėjimas
	gatvės vidurinė linija
	geležinkelio vidurinė linija
	pastato pėdsakas
	tvoros linija
	plotų ribos linija
	elektrinės linijos, vandentiekio, kanalizacijos linijos
	vandens telkinys, upelis, tvenkinys
	medžių, krūmų, žolynų žymėjimas

