



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TARTU KOLLEDŽ

Säästva tehnoloogia õppetool

**TAPIKU MÕISA PEAHOONE KATUSEKORRUSE
SEISUNDI UURING JA
TUGEVDAMISKONTSEPTSIOON**

**SITUATION SURVEY OF ROOF STOREY AND CONCEPT FOR
STRUCTURAL STRENGTHENING AT TAPIKU MANOR**

EEK60LT

Magistritöö

tööstus- ja tsiviilehituse erialal

Üliõpilane: **Kairi Lainemäe**

Juhendaja: **Alar Just**

Kaasjuhendaja: **Mart Siilivask**

Tartu 2014

ABSTRACT

The aim of this work was to investigate the technical and cultural-historical situation of the main building of Tapiku manor and to make proposals for the strengthening of roof bearing structures.

The first part of this master thesis consists of description of history of the building, based on different sources from the archives. The second part describes the results of investigations of present technical situation of the house. Strengthening concept of roof structures with the structural analyse is given in the third part of the thesis. The fourth part is describing the biological deterioration of the wooden roof and floor structures with giving advices for repair. The fifth part of the thesis consists of discussions and proposals followed by the summary. The graphical part with historical and actual drawings of the building as well as evaluation criteria of the cultural heritage are given in the annexes.

The main building of Tapiku Manor is built in two stages as it was found with analyse of the historical data. Older part has been built in 1842 and the newer part in 1902. The building has been stayed unoccupied since 1974. Before this the building was used as a primary school.

Many details defined as cultural heritage has been discovered during this work. For example the round stairs, glazed tile stoves and details of doors and windows.

Roof structures of the building has been deteriorated due to high moisture content caused by leakage of rain water through the roof. The damages of bearing structures were investigated and mapped. Floor beams shall be strengthen using additional timber beams and redividing of load from the roof by glulam and solid wood elements. Existing filler between the floor beams shall be removed. Stone roof could be installed without strengthening of the roof structures. Structures with biological decay has to be replaced beforehand. Possible solutions of reparation and replacement of load-bearing structures are provided.

It is known during the process of this work that the owner of the house will renovate and restore the house and take it to the exploitation. By the author of this master thesis the fact is considerably positive.

SISUKORD

ABSTRACT.....	2
SISSEJUHATUS	5
1. Ajalugu.....	6
1.1 Mõisate ja piirkonna ajaloost	6
1.2 Tapiku mõisa ajalugu	8
1.3 Hoone kirjeldus	11
2. Hoone seisukorra kirjeldus	14
2.1 Metoodika.....	14
2.2 Välised hooneosad ja tarindid	14
2.3 Sisemised hooneosad ja tarindid	22
2.4 Kokkuvõte	28
3. Katusekorruse tugevdamine.....	29
3.1 Konstruktsioonide kirjeldus	29
3.2 Arvutuse alused	31
3.3 Omakaalukoormused.....	33
3.3.1 Omakaalukoormused hoone vanemas osas.....	33
3.3.2 Omakaalukoormused hoone uuemas osas	35
3.4 Lumekoormus.....	37
3.5 Tuulekoormus.....	38
3.6 Koormuskombinatsioonid	42
3.7 Katuse roovi arvutus.....	44
3.8 Vanema hooneosa katusekonstruktsiooni arvutused.....	49
3.8.1 Sarikas.....	49
3.8.2 Penn.....	53
3.8.3 Toolvärk.....	55
3.8.4 Vahelaetala.....	57
3.9 Uuema hooneosa katusekonstruktsiooni arvutused.....	63
3.9.1 Sarikas ilma diagonaaltoeta	63
3.9.2 Penn.....	64
3.9.3 Post.....	65

3.9.4	Vahelaetala.....	66
4.	Puitkonstruktsioonide biokahjustused ja proteesimine.....	68
5.	Arutelu ja ettepanekud	73
	KOKKUVÕTE	75
	KASUTATUD KIRJANDUS.....	76
	LISAD.....	78

SISSEJUHATUS

Käesolev magistritöö käsitleb Jõgevamaal asuva Tapiku mõisa peahoone üldise tehnilise seisukorra uuringut ning katusekonstruktsioonide tugevdamist.

Töös on kirjeldatud Jõgevamaal asuva Tapiku mõisa ajalugu, uurides selleks erinevaid allikaid, milleks olid peamiselt ajaloolised uuringud ja arhiivimaterjalid.

Tapiku mõis on kuulunud mitmetele mõisnikele, sealjuures kõige pikemat aega Wahlide suguvõsale. Mõisate riigistamise järel Eesti vabariigi algusaegadel kolis majja kool, mis suleti 1974. aastal. Sealt alates on hoone olnud kasutuseta peaaegu 40 aastat.

Vana hoone puhul on olulised mitmed aspektid. Käesolevas magistritöös on uuritud nii muinsuskaitselisi aspekte kui ka katuse kandevõime probleeme. Samuti on töös esitatud ülevaade katuse- ja vahelae puitkonstruktsioonide seisukorrast pidades silmas bioloogilist lagunemist. Kuna hoone omanik soovib katusekorrust välja ehitada majutusruumideks ning hoone praegune eterniitkate soovitakse asendada soojustatud kivikatusega, siis on käesolevas töös esitatud euronormide järgsed kandevõime arvutused. Mõisahoone vastsel omanikul on suur huvi hoone restaureerida ja reaalselt kasutusele võtta.

Töö on jagatud viieks peatükiks, mis omakorda jagunevad alapeatükkideks. Esimene peatükk käsitleb hoone ajalugu. Teine peatükk kirjeldab hoone üldist tehnilist seisukorda. Kolmas peatükk käsitleb katusekorruse tugevduse projekteerimist ning neljas peatükk sisaldab infot puidu biokahjustuste ja tarindite proteesimise kohta. Arutelu ja ettepanekud on töö viiendas peatükis.

Antud magistritöö tulemusi on võimalik kasutada lähtematerjalina muinsuskaitse eritingimuste koostamisel ning Tapiku mõisa peahoone restaureerimistööde ettevalmistamisel.

Töö eesmärk

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on:

1. kirjeldada Tapiku mõisahoone üldist tehnilist seisukorda;
2. hinnata katusekonstruktsioonide seisukorda;
3. pakkuda välja tugevduslahendused, pidades silmas katusekorruse kohandamist majutusruumideks ning katusekatte asendamist kiviga.

1. AJALUGU

1.1 MÕISATE JA PIIRKONNA AJALOOST

Mõisate ajalugu ulatub 13. sajandisse, mil ristsõdade tulemusena allutati Eesti alad uutele peremeestele. Samas arvavad keeleteadlased, et sõna “mõis” oli kasutusel juba varem ning eeldatakse, et Eesti elanikkond oli juba 13. sajandi alguseks võrdlemisi kihistunud. Oletatakse, et sinne poliitiline, sõjaline ja majanduslik võim oli 12.-13. sajandi vahetuseks koondunud küllaltki väikese arvu ülikute ehk vanemate kätte. Selliseid ülikute maavaldusi võidi juba siis nimetada mõisateks. [1]

Esimesed kirjalikud andmed mõisate olemasolust pärinevad muistse vabadussõja lõpust ehk 1220. aastatest. Varaseimad teadaolevad mõisad kuulusid ordule ja piiskopkondadele ja olid nn ameti- ehk majandusmõisad. Veidi hiljem hakkasid mõisaid asutama uute peremeeste poolt siia kutsutud vasallid. Vasallide järeltulijad moodustasid hilisematel sajanditel sinise aadelkonna, kelle käes oli kohalik võim kuni 1910. aastateni. [1]

1770.-1780. aastail algas nõ mõisate ehitusbuum, mille käigus kerkis kogu Eesti aladel vanade hoonete asemele ja kõrvale sadu esinduslikke hooneid. Kui majanduslik olukord võimaldas, hüljati varasem lihtne vanabalti mõisahooned ja püstitati uus või ehitati tundmatuseni ümber vana. Väikeste langustega kestis selline ehitusbuum ligi 130 aastat, kuni 1914. aastani, mil algas esimene maailmasõda. Valdav enamik, mis on Eesti mõisates meieni säilinud, on püstitatud just sel perioodil. Uute luksuslike mõisahoonete rohke püstitamise algus langes perioodi, mil barokk hakkas loovutama kohta klassitsismile. [1]

Kuigi 18. sajandi II poolel elavnes esinduslikumate mõisahoonete ehitus tunduvalt, kerkis lisaks kunstiväärtuslikele klassitsistlikele mõisahoonetele ka lihtsamaid ehitisi. 1850.-1860. aastateni olid need enamasti poolkelpkatusega ühekorruselised hooned, mis oma planeeringu poolest olid sarnased juba paar sajandit varem kasutusel olnud vanabalti hoonega. Üksteisest erinesid nad nii pikkuse kui laiuse osas, ning ka mõnede lisaelementide poolest, milleks võis olla väike varikatus, veranda või pealeehitus. [1]

19. sajandi II poolel sai hoogu historitsism. Enamikes mõisates tehti sel ajaperioodil mingit tüüpi ehitus- või ümberehitustöid ja tänu sellele mõjutas historitsism pea kõiki mõisaid. [2]

Eesti mõisaportaali andmetel oli 1910. aasta paiku Eesti aladel ilma karjamõisate ja pastoraatideta kokku 1245 mõisat. Neist 1026 olid rüütlimõisad, 122 riigimõisad, 69 ilma privileegide ja õigusteta poolmõisad, 17 linnamõisad ning 11 rüütelkondadele kuuluvad

mõisad. Liites juurde 108 kirikumõisat ehk pastoraati ning umbes 600 karjamõisat, selgub, et erinevaid mõisasüdameid oli kokku kahe tuhande ringis. [2]

Suurem tagasilöök tabas mõisaid 1905. aastal, kui Venemaal puhkenud revolutsiooni käigus põletati ülestõusnute poolt maha üle saja mõisa. 1918. aastal loodud iseseisev Eesti Vabariik ei näinud kohta mõisatele ega ka balti aadlikele. 1919. aastal viidi läbi maareform, mille käigus võõrandati kõik rüütlimõisad nende omanikelt. Selle sündmusega lõppes ka mõisate ajastu. [2]

Algas mõisakomplekside kiire allakäik. Paljud mõisad jäid kasutuseta ning hakkasid lagunema. Vaid sobivamad kohandati ümber koolideks, rahvamajadeks, lastekodudeks jms. Ka 1940. aastatel alanud nõukogude kord ei väärtustanud balti aadlike vaimset pärandit ega ka nende loodud ehitisi. Säilisid vaid need mõisaehtised, millele leiti funktsioon ning mis olid kasutamiseks piisavalt heas korras. Alles 1960.-1970. aastatel hakati mõisaid tasapisi taas väärtustama ja väärtuslikemaid hooneid ka restaureerima. [2]

Negatiivne suhtumine saksa soost aadlikesse ja mõisakultuuri muutus taasiseseisvunud Eesti Vabariigis, kui hakati tunnustama selle olulist osa eestlaste ajalooos. Vahepealsed aastakümned olid siiski teinud oma töö ja 2004. aastal oli (pastoraate ja karjamõisaid arvestamata) mõisaportaali andmetel Eestis enam-vähem algkujul säilinud mõisahooned 414 ehk üldarvust umbes kolmandik. Lisaks neile oli veel sadakond tundmatuseni ümber ehitatud mõisahoonet ja umbes sada peahoonet varemetes. [2]

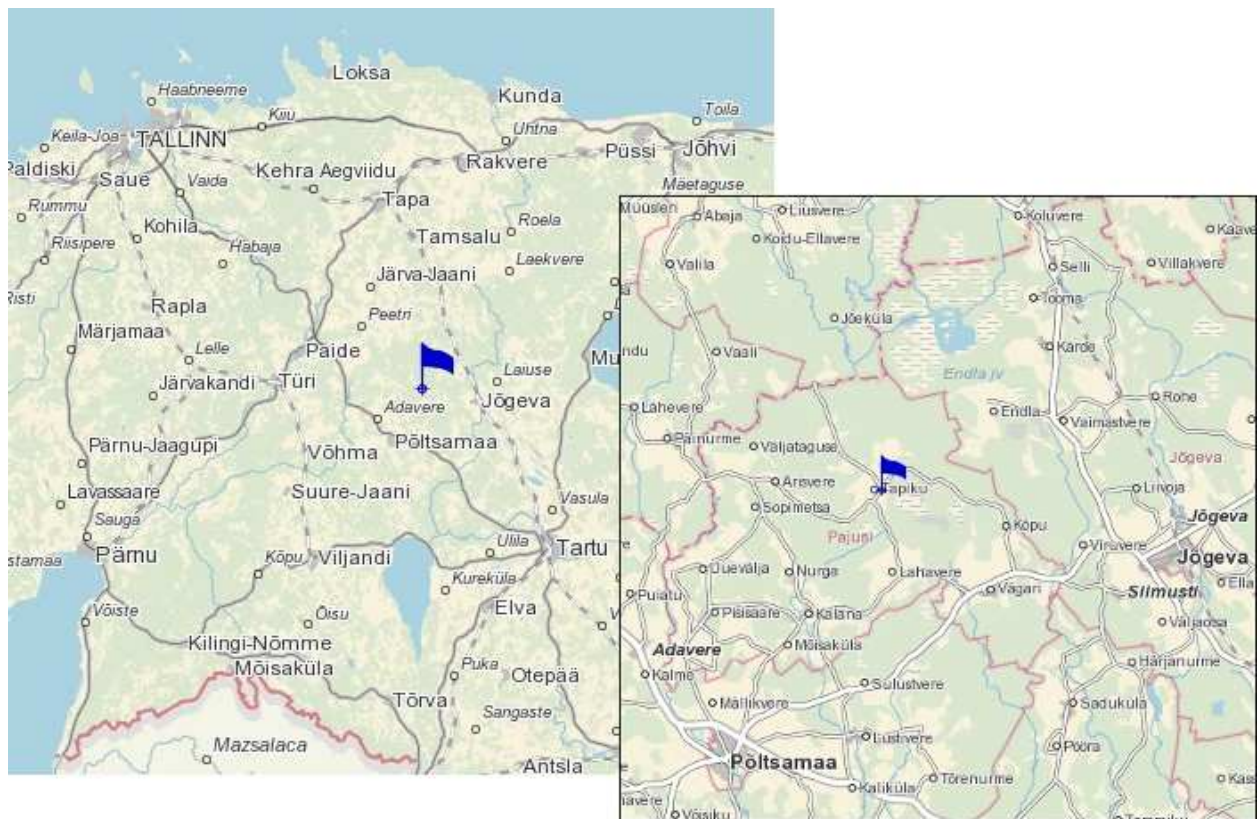
Tapiku mõis asus 18.-19. sajandil, mil valitses mõisate hiilgeaeg ajaloolise jaotuse järgi Põltsamaa kihelkonnas Viljandi maakonnas Liivimaal. Ajaloolise Viljandimaa lihtsamatest mõisahoonetest on siiani alles Tapiku, Aimla, Kaliküla, Morna, Soosaare ja Vana-Suislepa. Poolkelpkatusega lihtsad kivist peahooned olid kunagi ka Jõgeveste, Taevere ja Taagepera mõisas, kuid need kolm on tänaseks hävinud. [1]

Samuti kerkis tagasihoidlikumaid, peamiselt praktilisust silmas pidavaid lihtsamaid mõisahooned toonase Tartumaa territooriumile rohkem kui näiteks Põhja-Eestisse [1]. Ajaloolisel Tartumaal Laiuse kihelkonnas asus lihtsa klassitsistliku peahoonega Kaave mõis, mis praegusel ajal jääb Pajusi valda Jõgeva maakonda. Praeguseks praktiliselt hävinud Kaave mõisahooned on olnud poolkelpkatusega krohvitud pækiviehitised, millel olid Tapiku mõisahoonega sarnaselt pööningutoad hoone otstel ning fassaadidel on kuue ruuduga aknaid ümbritsenud siledapinnalised ehisraamid. [3]

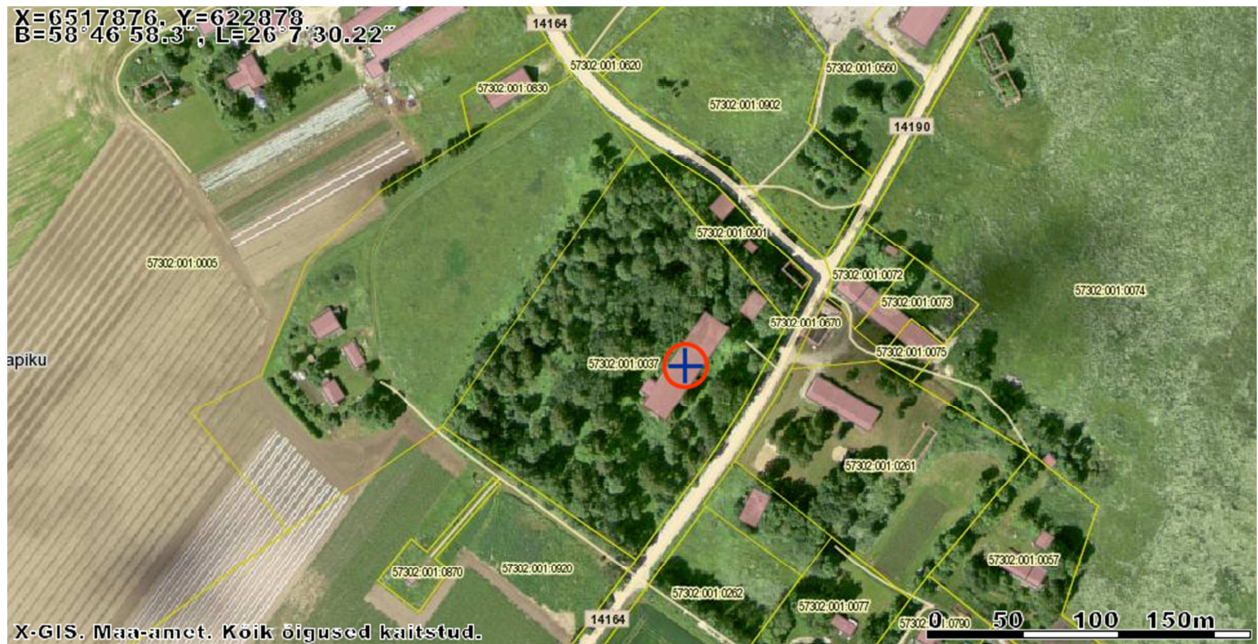
Ühisjooni Tapiku mõisa peahoonega võib leida ka lähedal asuvast Pajusi mõisahoonest. Mõlemad on kuulunud von Wahlide suguvõsale ja ehitatud 19. sajandi I poolel. Pajusis on erinevalt Tapikust mõisahoone keskel risti pikiteljega madal pealisehitis. Sarnaselt Tapiku hoonega on Pajusi mõisahoone anfilaadse ruumistruktuuri ja reeglipärase akende süsteemiga poolkelpkatusega telliskiviehitus, kuigi tänaseks on säilinud vaid 2/3 hoonest – hoone põhjapoolne tiib kuni pealisehitiseni on lammutatud. [4]

1.2 TAPIKU MÕISA AJALUGU

Tapiku mõis asus ajaloolise jaotuse järgi Liivimaal Põltsamaa kihelkonnas Viljandimaal, kuid jääb tänapäeval Jõgeva maakonda Pajusi valla territooriumile.



Joonis 1.1. Tapiku mõisa asukoht [5]



Joonis 1.2. Tapiku mõisa asukohaskeem [5]

Tapiku mõisast on esimesi teateid 17. sajandi teisest poolest ja varem kuulusid selle alad Põltsamaa lossilääni alla, mille suuruseks on 1641. aastal hinnatud 111 adramaad. 1720. aasta detsembris kinkis Peeter I kogu Põltsamaa lossi endise maa-ala, sh ka Tapiku mõisa kammernõunik Heinrich Claus von Fickile. Mõisa omanikeks on aja jooksul olnud von Fickid, von Wolffid, von Pistohlkorsid, von Lilienfeldid ja von Wahlid. [6]



Joonis 1.3. Vaade lõunast, 1967. Foto: V. Ranniku [7]

1824. aastal ostis Carl Gustav von Wahl Tapiku mõisa Carl Magnus von Lilienfeldilt. Carl Gustav von Wahlile kuulus juba ka lähedal asuv Pajusi mõis. Pärast Carl Gustavi surma 1825. aastal päris nii Pajusi kui Tapiku mõisa tema poeg, leitnant ja kihelkonnakohtunik Eduard von Wahl. Seejärel kuulus mõis Eduardi pojale Hugo von Wahlile kuni ta oma halva tervise tõttu välismaale kolis ja mõisa 1878. aastal oma vennale Axel von Wahlile müüs. Mõis oli Axel von Wahli järeltulijate valduses kuni 1919. aasta riigistamiseni. [8] Tapiku mõisa juurde kuulusid ka lähedal asuvad Tõivere, Sauka ja Laane karjamõisad [9].



Joonis 1.4. Vaade edelapoolses otsaseinas asuvale talveaiale [8]

Tapiku mõisahoone on poolkelpkatusega lihtne kiviehitus, mis on arvatavasti ehitatud Wahlide omandusaja alguses [1]. 1936. aastal koostatud teatis Tapiku mõisa peahoones asuva kooli kohta pakub ehitusaastaks 1842. aastat. Algsele hoonele lisati 1902. aastal kirdepoolsesse otsa juurdeehitus.[10] Puitverandad on mõisahoonele lisatud ilmselt 19. sajandi lõpus [1]. Mõisahoone edelapoolses otsas on väljaehitisena paiknenud ka väike talveaed, mis on lammutatud arvatavasti juba 20. sajandi alguses [8].

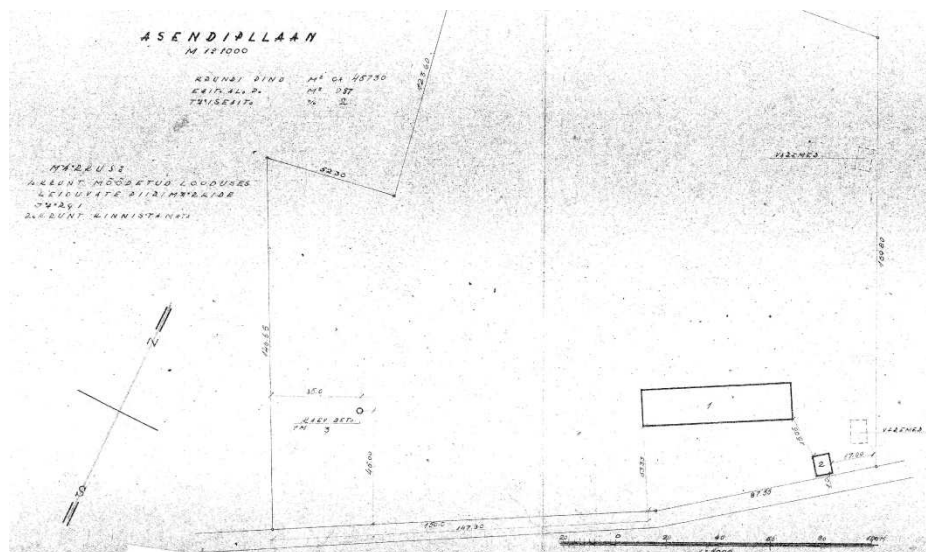


Joonis 1.5. Pajusi valla Tapiku VI kl algkool 1948. aastal. Foto pärineb Maie Ange fotokogust [11]

asendati need liikuvatega, mille abil sai vajaduse korral ruumi suuremaks teha. Kool likvideeriti 1974. aastal õpilaste puuduse tõttu. [12] Hetkel on hoone kasutuseta, eraomanduses ning on alates 1999. aastast arhitektuurimälestisena kaitse all (reg. nr. 23948) [13].

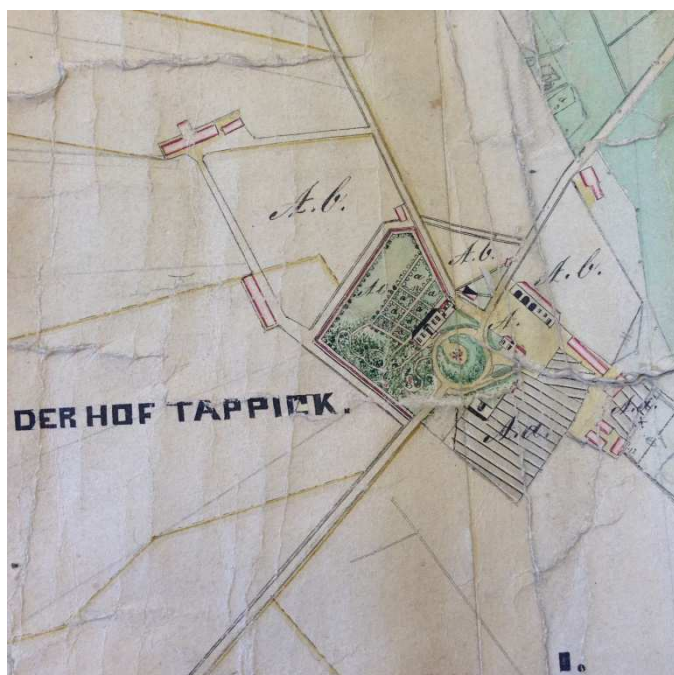
Pärast mõisate riigistamist tehti hoones 1926. aastal remont ja sügisest kolis sinna Tamsi külast ümber Tapiku algkool. Samal aastal rajati hoone kagupoolsesse otsa mõisaparki võidualtar Vabadussõjas langenute mälestuseks, mis aga tänaseks pole säilinud. 1951. aastal tehti taas mõisahoones kapitaalremont, mille käigus lõhuti osa vaheseinu ja

1.3 HOONE KIRJELDUS



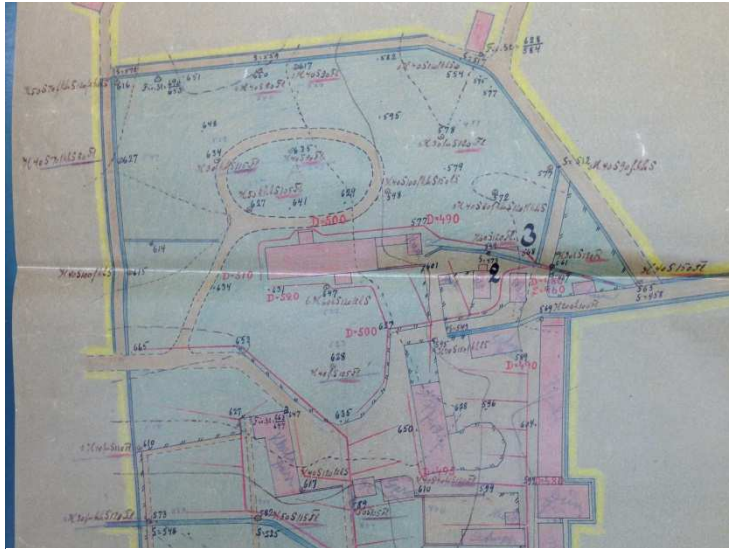
Joonis 1.6. Tapiku mõisa peahoone asendiplaan aastast 1952 [14]

Mõisa peahoone on pikk ühekordne poolkelpkatusega kiviehitis, pööningutubadega hoone otstel. Seinad on tellisest ja paekivist, sokkel maakivist. Nii seinu kui sokliosa katab krohv.



Joonis 1.7. Tapiku mõisa plaan 1890. aastast [15]

Mõisahoone fassaadidel on lihtsa profiiliga räästakarniis ja akende ümber siledapinnalised ehisraamid. Mõisahoone on kirde-edelasuunaline. Hoone fassaadikülje pikkuseks on 58,36 meetrit, kirdepoolse otsaseina pikkuseks 14,36 meetrit ning edelapoolse otsaseina pikkuseks 14,30 meetrit. Peahoonest loodes asub vabaplaneeringuga lehtpuudest park, kaguküljel on säilinud osa kunagisest kiviaiast. Peasissekäik mõisahoonesse on erinevatel aegadel olnud erinevatel hoone fassaadidel. 1890. aastatel on peasissekäik asunud hoone kagupoolsel küljel (joonis 1.7), kuid juba 20. sajandi algusaastatel loodefassaadil (joonis 1.8). Pärast riigistamist, kui hoonet kasutati koolimajana, oli peasissekäik kagupoolse veranda kaudu.



Joonis 1.8. Tapiku mõisa plaan 1901. aasta дренаaziprojektil [16]

Tapiku 19. saj. keskpaigas rajatud mõisahoone oli väiksem kui see, mida tänasel päeval Tapikul näha võib. Juurdeehitus kirdepoolsesse otsa on ehitatud 20. sajandi algusaastatel. Enne seda paiknesid seal arvatavasti väikese sisehooviga abihooned, vt joonised 1.7 ja 1.8. Vana hoone otsasein on vaadeldav hoone pööningukorrusel, vt joonis 1.9. Vanema hooneosa seinad on paksemad kui uuemal osal.

Mõisahoone algne siseplaneering on suures osas säilinud. Varasema hooneosa ruumistruktuur on anfilaad, uuemat osa läbisid hoone pikiteljel kaks kõrvutiasetsevat koridori, millest kahele poole jäid toad. Koridoride vaheline sein on 1950. aastatel eemaldatud ja asendatud tugipostidega. Hoone vanemas osas asuvat mõisa saali on 1950. aastatel pikendatud, lammutatud on saali ja sellest kirdepool asunud ruumi vaheline sein [10].

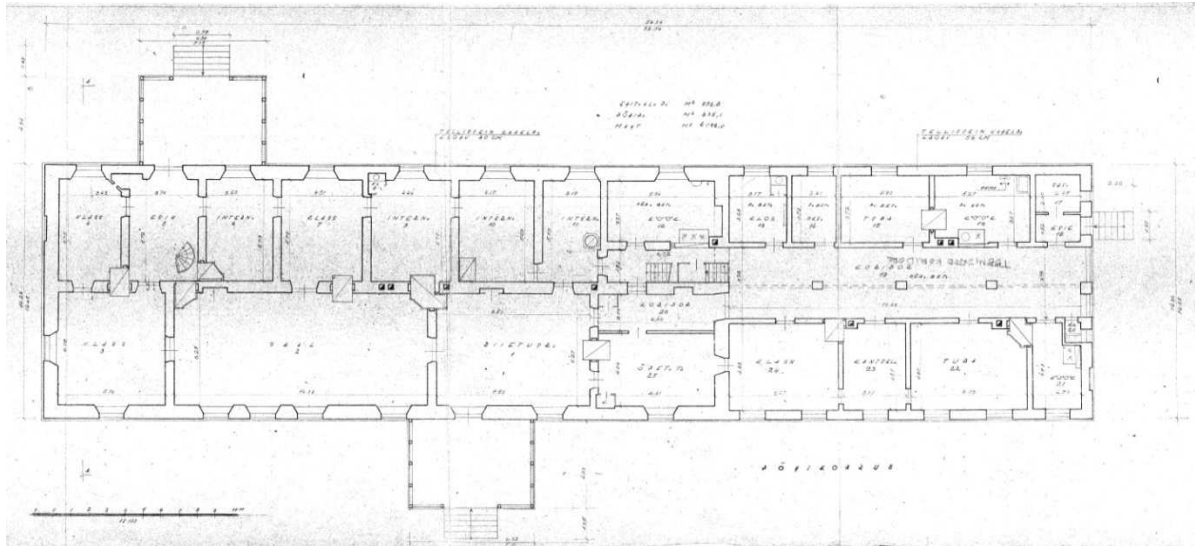


Joonis 1.9. Vaade vanema hooneosa kirdepoolese otsaseinalle maja pööningul, 2014

Hoone katust katab kaasajal eterniit, algselt oli katusekatte materjaliks arvatavasti S-kujuline savikivi. 20. sajandi alguse juurdeehituse käigus pandi kogu hoonele valtsplekk-katus, mis vahetati eterniidi vastu 1960.-1970. aastatel. Katusel on olnud ka väikesed segmentaknad. Katuse servas on lihtsa profileeringuga räästakarniis.

Mõisahoone kitsad ja kõrged aknad on reeglipärase asetusega ning omavad laiuhisraame. Aknad on klassitsismiajastule omaselt kuue ruuduga. Puuduvad aknad on asendatud petikutega. Hoone fassaadidel paiknevad osaliselt klaasitud verandad on ilmselt lisatud 19. sajandi lõpus ning kaetud plekk-kattega viilkatustega. Vanadelt fotodelt võib näha, et hoone kaguküljel oleval verandal on olnud

rikkalik puitpits, mis on sarnane Uue-Põltsamaa mõisa peahoone pargipoolse veranda puidust kaunistustega. See lubab oletada, et tegu võib olla sama meistri tööga. Uue-Põltsamaa mõisahoone veranda on tänaseks täielikult hävinud, Tapiku mõisahoone verandad on halvas seisukorras.



Joonis 1.10. Hoone põhiplaan 1952. aastast [14]



Joonis 1.11. Tapiku mõisahoone loodefassaad, 2014

2. HOONE SEISUKORRA KIRJELDUS

2.1 METOODIKA

Hoone seisukorra kirjeldamiseks on maja jaotatud mõtteliselt osadeks ning kirjeldatud eraldi väliseid ja sisemisi hooneosi ja tarindeid. Hooneosade kirjeldamisel on kasutatud 1952. aastal koostatud põhiplaani ning sellele lisatud numeratsiooni, vt käesoleva töö lisa. Põhiplaani on tähistatud ruumid, trepid, ahjud ja avatäited. Tekstilist osa täiendab fotomaterjal.

Hoone seisukorra kirjeldamiseks on kasutatud autori poolt visuaalset vaatlust. Töö käigus on hinnatud katusekonstruktsioonide seisukorda ja teostatud katusekonstruktsioonide mõõdistustöid. Katusekorruse puitkonstruktsioonid joonestati üles arvutiprogrammiga AutoCad 2013 (tudengi versioon) ning joonestamisel olid abiks 1952. aastal koostatud inventeerimise joonised, mis on pärit Muinsuskaitseameti arhiivist [14]. Kahjustunud katusekonstruktsioonid kaardistati ning võeti ja analüüsiti mädanikuproove.

Hoone osade ja tarindite seisukorra hindamisel on juhitud Muinsuskaitseameti ehitismälestise seisukorra hindamise kriteeriumitest. [17]

2.2 VÄLISED HOONEOSAD JA TARINDID

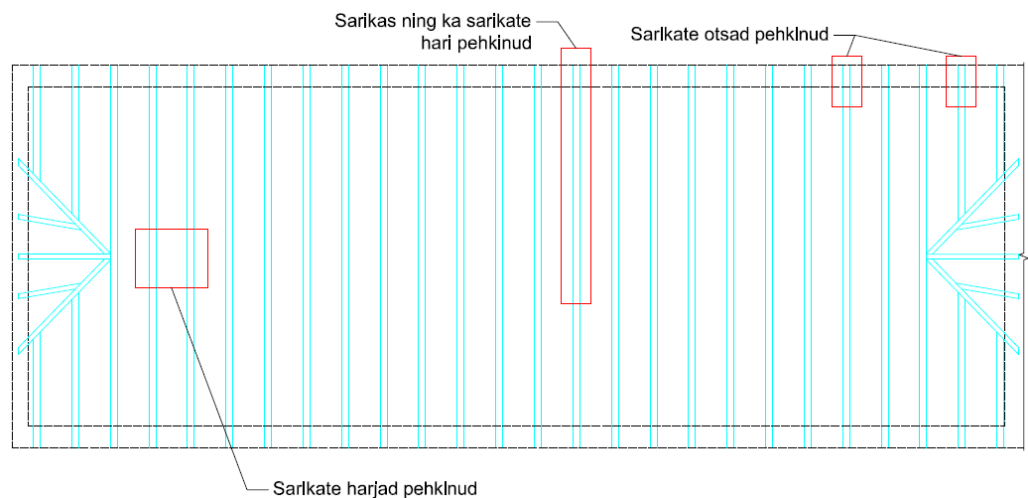
Välisseinad	<p>Hoone välisseinad on krohvitud tellis- ja paekiviseinad, seinte allosas on eenduv maakivist sokkel. Välisseinte paksus vanemas osas on u 80 cm ja uuemas osas u 56 cm. Seinud katab lubikrohv, sokliosa on hilisemalt üle krohvitud tsementkrohviga.</p> <p>Välisseinte seisund on rahuldav, osaliselt ka halb. Räästatsoonis ja karniisil esineb ulatuslikke krohvikahjustusi, ka tellised on hakanud mõranema. Tuleks paigaldada sadeveerennid ja sadeveetorud, et juhtida sadeveed seintest eemale. Lagunenud krohvikihid ja kahjustunud tellised peaks eemaldama ja asendama.</p> <p>Hoone edelapoolset otsaseina läbib tugev pragu, hoone nurk on vajunud.</p>
--------------------	--



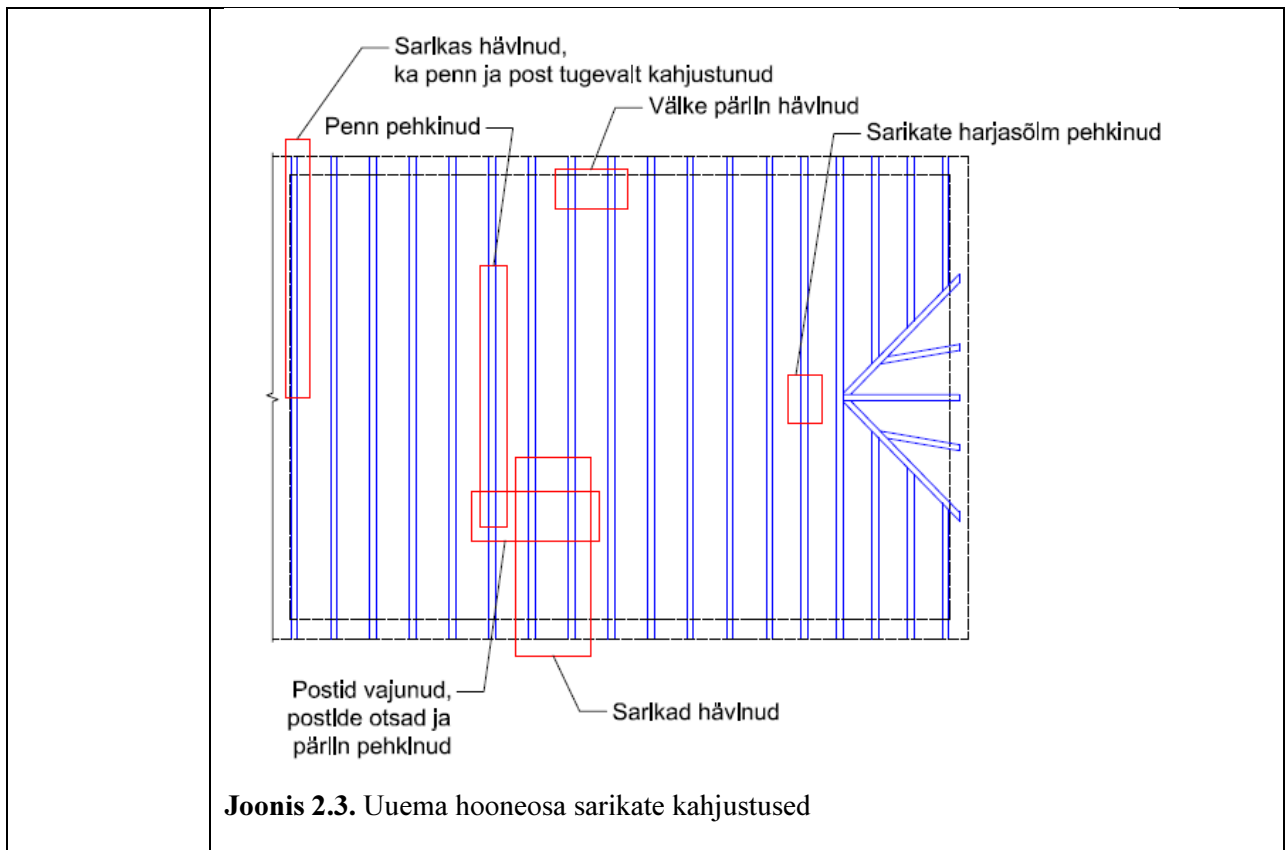
Joonis 2.1. Sein ja karniisi kahjustused loodefassaadil

**Katuse-
tarindid,
katusekate**

Katuse-
tarindid on algupärase ja enamjaolt heas seisukorras. Katusekonstruktsioone on lubjatud. Katusel olev eterniitkate on paigaldatud 1960-ndatel ja tugevasti sammaldunud, kuid suuri läbijookse ei esine. Puuduvad räästarennid ja sadeveesüsteem. Katusel puudub harjaplekk ja sademed pääsevad vahelaele. Pööningukorrusel võib näha, et katusekattest on esinenud läbijookse. Need on nüüdseks suuremalt jaolt likvideeritud, kuid katuse-
tarindid on kohati saanud suuri niiskuskahjustusi. Mitmed konstruktsiooniosad vajaksid osalist või täielikku asendamist. Kahjustunud katuse-
tarindid on märgitud joonistel 2.2 ja 2.3. Katuse-
tarindite biokahjustustest on kirjutatud lähemalt peatükis 4.



Joonis 2.2. Vanema hooneosa sarikate kahjustused



Joonis 2.3. Uuema hooneosa saricate kahjustused

Korstnad ja korstnapitsid

Korstnapitse on kaht tüüpi. Kolm tellisest korstnapitsi hoone vanemas osas on krohvitud ja neli tellisest korstnapitsi hoone uuemas osas on krohvimata. Erineva ruumistruktuuri tõttu paiknevad vanema hooneosa korstnad hoone keskteljel ja uuema osa korstnad kahel pool kesktelge. Korstnapitsid on halvas seisukorras, puuduvad katteplekid ja sademed on lõhkunud telliseid.



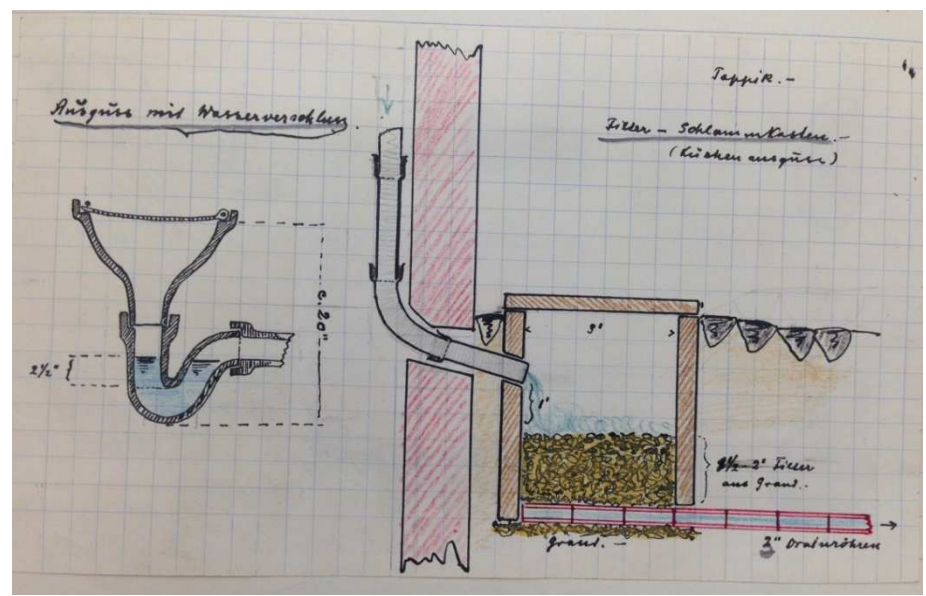
Joonis 2.4. Hoone loodefassaad ja korstnapitsid

Sadevee-süsteemid Toimiv sadeveesüsteem puudub ja sadeveed lõhuvad fassaadi. Mõisahoonel on olnud räästa-aluste ripprennidega sadeveesüsteem, millest on säilinud konsoolid seintel.

Vundament ja sokkel Hoonel on maakivist vundament ja sokkel. Ehitusalusest pinnast umbes poole ulatuses on kelder. Sokliosas on maakivimüüritisest kive välja varisenud neis kohtades, kus on vundamendis läbiviigud kanalisatsiooni jaoks.



Joonis 2.5. Kahjustus hoone loodefassaadi sokliosas kohas, kus on vundamendis läbiviik kanalisatsiooni jaoks



Joonis 2.6. Köögivalamu settekastli lahendus, 1901 [16]

Aknad

Mõisahoone 6 ruuduga aknad on suhteliselt kitsad ja kõrged. Hoonel on peamiselt kaht tüüpi aknaid: vanemal ja hilisemal hooneosal erinevad aknad.

Vanema hooneosa säilinud aknad pärinevad arvatavasti 19. sajandi I poolest, kui hoone vanem osa ehitati. Vanema osa aknad on nii horisontaalse kui vertikaalse profileeritud impostiga. Sisemised aknad avanevad sisse ja välimised aknad väljapoole. Sealsete akende all on puidust tahveldised ja aknapaaled on krohvitud.



Joonis 2.7. Vanema hooneosa aken koos aknaaluse tahveldisega Ruumis 2

Uuema osa horisontaalse profileeritud impostiga aknad pärinevad 20. sajandi algusaastatest ehk uuema hooneosa ehitusajast. Uuema osa akendel on olnud sisemised aknaluugid.



Joonis 2.8. Uuema hooneosa aken Ruumis 20

Paljudel akendel puuduvad sisemised aknad, mõnedel ka välimised aknad. Enamik aknaklaase on katki ja puitosadel esineb kahjustusi. Aknalengid on rahuldavas seisukorras. Säilinud on ka vanu kremonoone ja haake.



Joonis 2.9. Kremoon käepide Ruumis 11

	<p>Lisaks on erinevaid aknaid hoone kirdepoolses otsaseinas, samuti eristuvad teistest väiksemad 6-ruudulised katusekorruse aknad mõlemal pool hoone otsaseinas. Needki aknad on halvas seisukorras, paljud klaasid puuduvad ja puitosad on pehkinud. Uuema hooneosa kagufassaadi sokliosas on mitmes suuruses avasid keldriakende jaoks, kui aknad ise puuduvad.</p> <p>Kõik aknad vajaksid restaureerimist või asendamist.</p>
<p>Muud (verandad, trepid)</p>	<p>Puidust veranda betoontrepiga hoone loodefassaadil: Puitveranda asub maakivivundamendil ja on olnud osaliselt klaasitud. Seisukord on avariiline: veranda lagi on allavarisenud, mis on omakorda põhjustanud põrandale tugevaid kahjustusi. Verandal puuduvad aknad. Säilinud on osa puidust katuseääre kaunistusest ja mõned profileeritud sarikaotsad.</p>  <p>Joonis 2.10. Veranda hoone loodefassaadil</p> <p>Puidust veranda betoontrepiga hoone kagufassadil: Puitveranda asub paekivivundamendil ja on olnud osaliselt klaasitud. Seisukord on rahuldav. Veranda põrand on kahjustunud ja vajaks asendamist. Säilinud on mõned aknaraamid ja katuseääre puidust kaunistusliist.</p>



Joonis 2.11. Veranda hoone kagufassaadil

2.3 SISEMISED HOONEOSAD JA TARINDID

Laed

Krohvitud laed toetuvad puittaladele ja on kohati tugevasti kahjustunud. Laed on krohvitud roomattidele, mis omakorda kinnituvad laelaudisele. Ruumides 5, 6, 12, 13, 14, 21 ja 22 on lagedes suuremad kahjustused ja varingud. Teiste ruumide lagedel esineb väiksemaid krohvikahjustusi. Ruumis 3 ja osaliselt ka Ruumis 2 (endise mõisa saali osas) on peegelõlvlaed.

Vahelagi toetub vanemas hooneosas 26 x 26 cm ristlõikega taladele ja uuemas osas 20 x 26 cm ristlõikega taladele. Vanema hooneosa vahelae lõige on toodud joonisel 3.15. Mõned laetalad on saanud tugevaid niiskuskahjustusi ja mitmes kohas on lagi varisenud. Laetalade kahjustused on märgitud joonistel 2.14 ja 2.15.

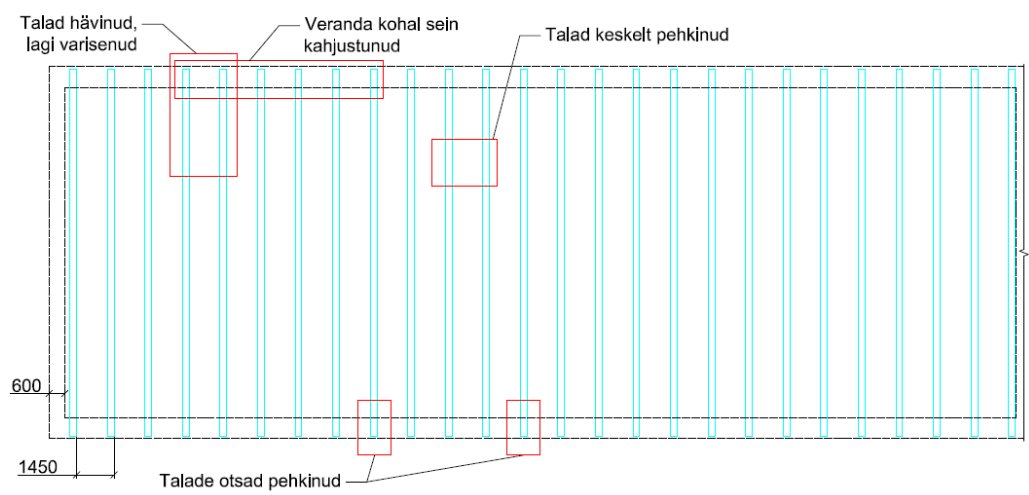
Talade biokahjustustest on kirjutatud lähemalt peatükis 4.



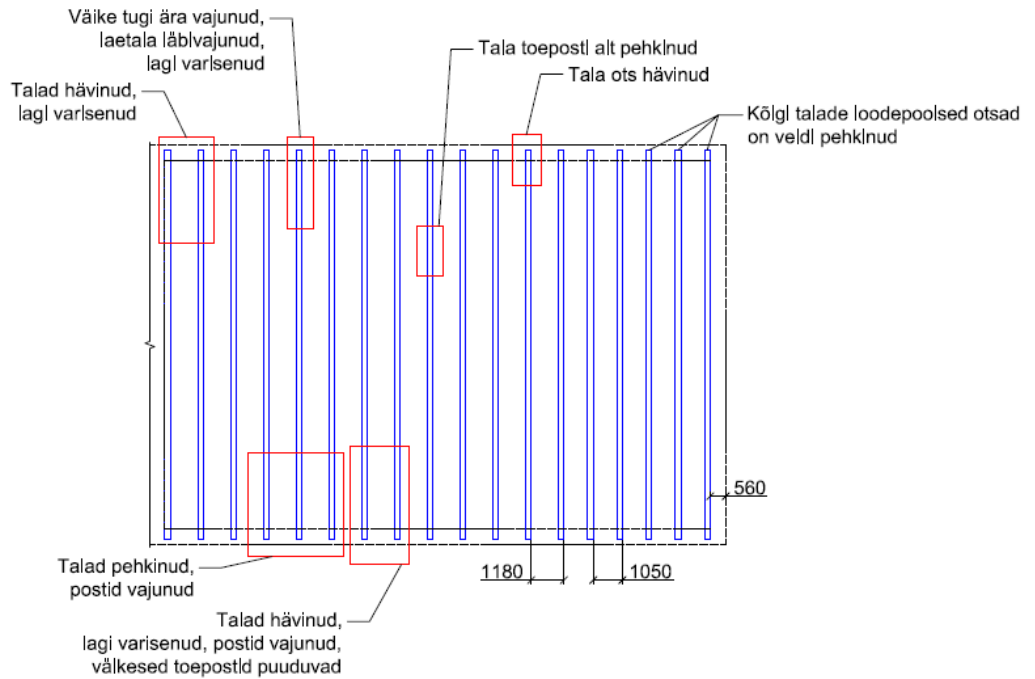
Joonis 2.12. Varisenud vahelagi hoone uuemas osas Ruumi 21 kohal



Joonis 2.13. Varisenud lagi Ruumis 21



Joonis 2.14. Vanema hooneosa laetalade kahjustused



Joonis 2.15. Uuema hooneosa laetalade kahjustused


Keldrikorrusel on terastaladel tellisest silindervõlvlaed.

Siseseinad

Krohvitud tellisseinad on rahuldavas seisukorras ja kaetud nõukogude ajal õlivärvidega. Ruumides 21 ja 22 on uuemate viimistluskihtide alt märgata laeäärseid maalitud jooni.



Joonis 2.16. Punased triibud seinamaalinguna Ruumi 21 lae ääres

<p>Põrandad</p>	<p>Hoone pööningutubades ja vanemas osas on puitpõrandad, Ruumides 3, 4, 5, 6, 7 ja 24 on säilinud algupärane lai põrandalaudis. Puitpõrandad on kohati tugevasti vajunud ja saanud niiskuskahjustusi.</p> <p>Hilisema hooneosa keskmise koridori (Ruumid 18), trepikoja (Ruum 25) ja loodepoolsete tubade (Ruumid 11-15) põrandad on betoonist, vastaskülje tubadel (Ruumid 19-23) on kitsa laudisega põrandad. Ruumides 16 ja 17 on tellispõrandad (joonis 2.17).</p>  <p>Joonis 2.17. Tellispõrand Ruumis 17</p>
<p>Trepid</p>	<p>Mõisahoone vanemas osas on säilinud puidust keerdtrepp (TR3), mis viib pööningukorrusele. Osa käsipuust on puudu ja tuleks taastada originaali eeskujul. Trepp on rahuldavas seisukorras, kuid vajab restaureerimist.</p> <p>Hoone keskel asuv pööningule viiv trepp (TR1) on pärit 1920. aastate II poolest, kui majja kolis kool. Trepp on rahuldavas seisukorras.</p> <p>Keldrikorrusele viib kitsas ja järsk kivitrepp (TR2).</p>



Joonis 2.18. Puidust keerdtrepp (TR3) Ruumis 5

Siseuksed

Siseuksi on säilinud nii mõisaajast kui ka hilisemast ajast. Mõisaajastel ustel on säilinud ka algupärased uksehinged. Uuema hooneosa uste (SU14, SU15, SU16 ja SU17) ja koridori uste (SU32 ja SU33) kohal on valgmikud. Siseuksel SU29 on säilinud dekoratiivne uksehing koos karplukuga.



Joonis 2.19. Mõisaajast pärinev siseuks (SU13) Ruumide 10 ja 25 vahel



Joonis 2.20. Ruumide 24 ja 25 vahelise siseukse SU31 link ja karplukk

Küttekolded

Küttekolded on amortiseerunud ja vajavad remonti. Mõisaajast on säilinud valgetest glasuorpottidest ahi (AHI 1) Ruumis 1, mis on osaliselt lõhutud ja avariilises seisus ning nurgaahi (AHI 10) Ruumis 20. Nurgaahjud Ruumis 2 (AHI 2 ja AHI 4) on asendatud metallkestaga ahjudega, kunagine mõisa saali nurgaahi AHI 3 on asendatud lihtsa pottahjuga. Ruumis 10 paiknev metallkestaga ahi (AHI 8) pärineb ilmselt 1950. aastatest. Nõukogude perioodil on lisatud lihtpottahjusid ja metallkestaga ahjusid.



Joonis 2.21. Valgetest glasuorpottidest ahi (AHI 10) Ruumis 20



Joonis 2.22. Raudahi (AHI 8) Ruumis 10

2.4 KOKKUVÕTE

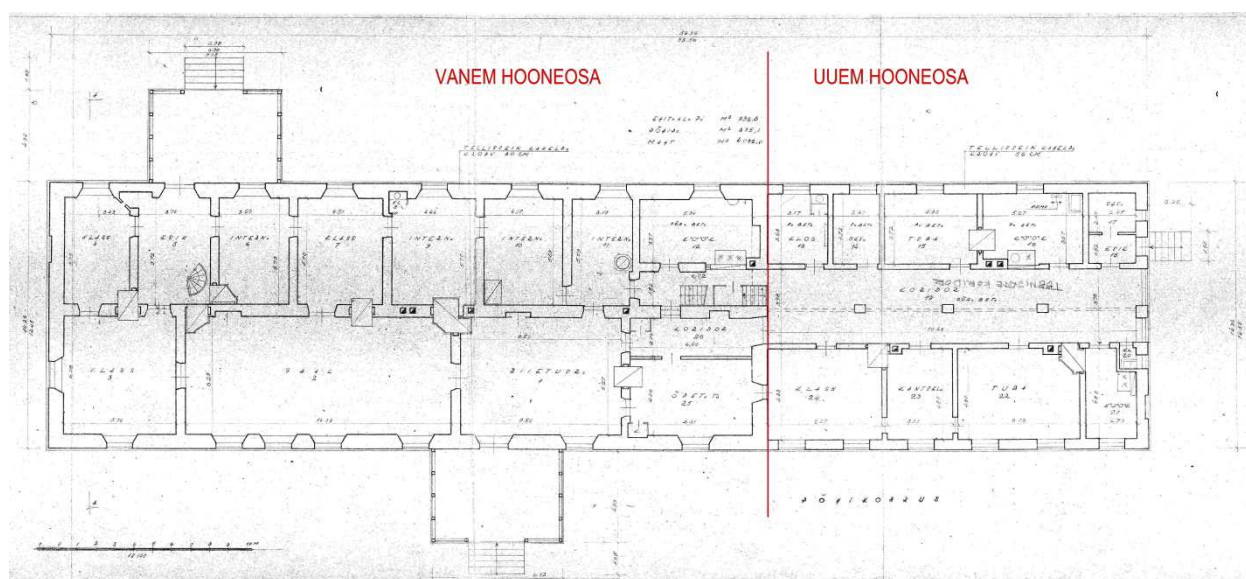
Katusetarindite ja vahelae seisukord on kohati halb ning kahjustunud konstruktsioonid tuleks avariilise seisundi vältimiseks võimalikult kiiresti asendada. Üldiselt on vanema hooneosa katusetarindid ja laetalastik paremas seisukorras kui uuemas osas. Paljud avatäited puuduvad või on kasutuskõlbmatus seisukorras ja vajaksid restaureerimist või asendamist. Kõik küttekolded ja korstnad vajavad remonti. Hoone edasisele säilimisele aitaks suuresti kaasa sadeveesüsteemide paigaldamine, et vihmavesi ei saaks jätkata fassaadide ja seinakonstruktsioonide lõhkumist. Avariilises seisus on loodefassaadil paiknev veranda.

Mõisahoone üldine tehniline seisukord on halb ja mälestis vajaks säilimise huvides kohest sekkumist hooldus- ja remonttööde näol.

3. KATUSEKORRUSE TUGEVDAMINE

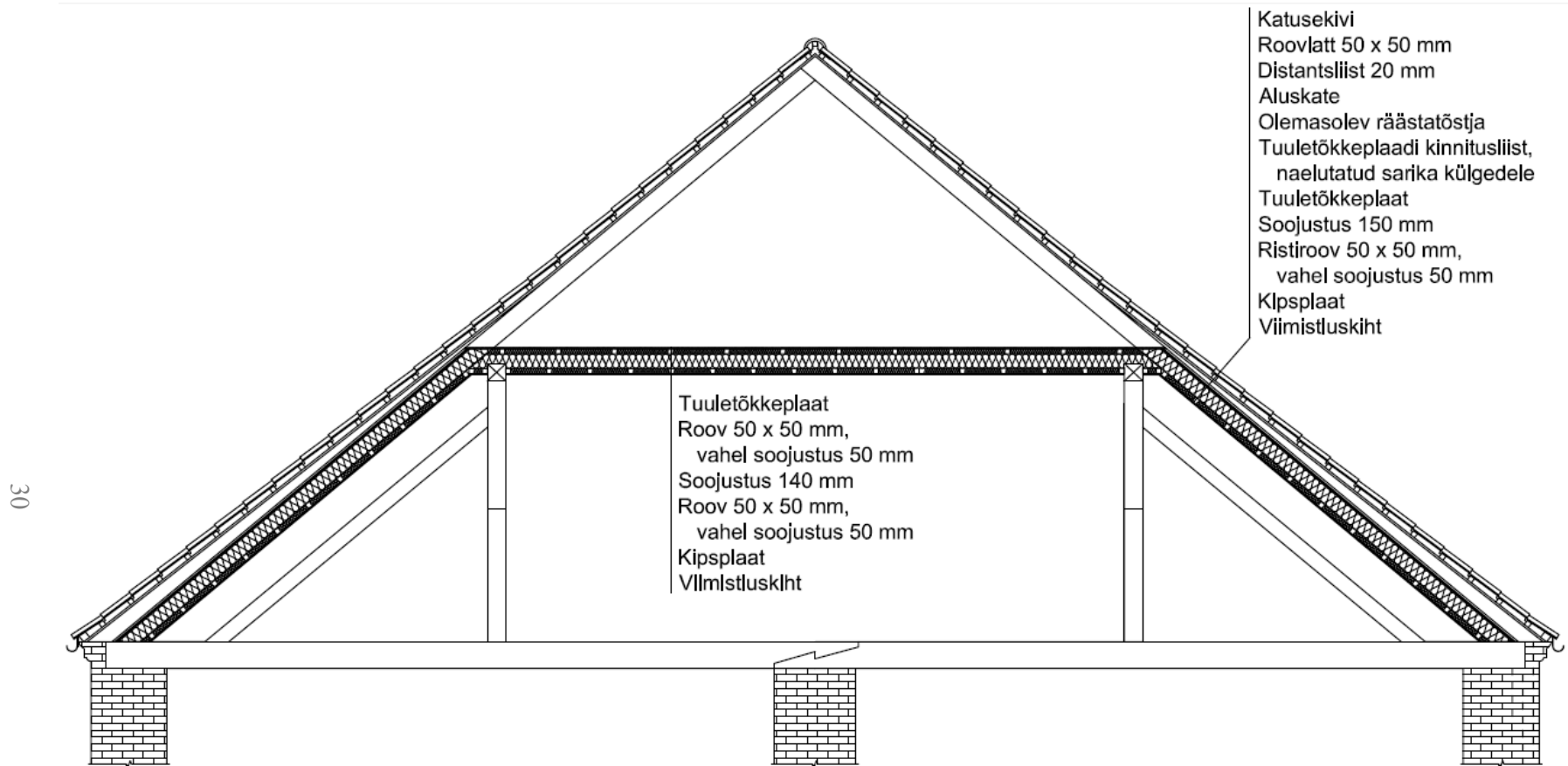
3.1 KONSTRUKTSIOONIDE KIRJELDUS

Tapiku mõisahooned on ehitatud kahes jaos umbes 60-aastase vahega ning seetõttu on ka katusekonstruktsioon mõlemas osas erinev. Vanem, edelapoolne osa on ehitatud 1840. aastatel ning uuem, kirdepoolne osa, 20. sajandi algusaastail. Vanema hooneosa katusesarikad on sammuga 1,45 meetrit ning toetuvad toolvärgile. Uuema osa sarikate samm on 1,18 meetrit, sarikad toetuvad postidele ning iga teine sarikas lisaks postile veel ka diagonaaltoele.



Joonis 3.1. Vanem ja uuem hooneosa märgitud 1952. aastal koostatud põhiplaanile [14]

Hetkel on katusekattematerjaliks eterniit ning katus on soojustamata. Omanik soovib hoonele paigaldada savikivikatust. Hoone vanemasse osasse kavandatakse majutusruumid. Selleks tuleks soojustada osa katust kuni pennini ning pennide kõrgusele rajatav lagi.



Joonis 3.2. Vanema hooneosa katusekorruse soojustamine

3.2 ARVUTUSE ALUSED

Puitkonstruktsioonide arvutused on tehtud vastavalt standardile EVS-EN 1995-1-1:2007. Eurokoodeks 5: Puitkonstruktsioonide projekteerimine. Osa 1-1: Üldist. Üldreeglid ja reeglid hoonete projekteerimiseks. [18]

Koormuskombinatsioonid on leitud vastavalt standardile EVS-EN 1990:2002+NA:2002. Eurokoodeks. Ehituskonstruktsioonide projekteerimise alused. [19]

Lumekoormuse arvutused on tehtud vastavalt standardile EVS-EN 1991-1-3:2006+NA:2006. Eurokoodeks 1: Ehituskonstruktsioonide koormused. Osa 1-3: Üldkoormused. Lumekoormus. [20]

Tuulekoormuse arvutused on tehtud vastavalt standardile EVS-EN 1991-1-4:2005+NA:2007. Eurokoodeks 1: Ehituskonstruktsioonide koormused. Osa 1-4: Üldkoormused. Tuulekoormus. [21]

Töö käigus teostati hoone katusekonstruktsioonide ülesmõõdistamine. Pööningukorruse lõiked koos katusekonstruktsioonide ristlõigetega on antud käesoleva töö lisan. Katusekonstruktsioonile mõjuvad koormused on leitud järgnevates peatükkides. Raamkonstruktsiooni sisejõud on leitud analüüsi- ja dimensioneerimistarkvara Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2014 (tudengi versioon) abil.

Antud juhul võib raamkonstruktsiooni liigitada kasutusklassi 1. Lumekoormus on valitud lühiajaline, seega kogu koormuse kestusklass on lühiajaline. Materjali tugevuse modifikatsioonitegur $k_{mod} = 0,9$ ja deformatsioonitegur $k_{def} = 0,6$. Laetalade kandevõime arvutamise puhul on koormuse kestusklass kasuskoormuse tõttu keskkestev ning $k_{mod} = 0,8$. Monoliitpuidu osavarutegur $\gamma_M = 1,3$.

Ajaloost on ka teada, et taoliste mõisahoonete ehitamisel valiti puitu suure hoolega. Vahelaed ning ka sarikad on pikale kasutuseale vaatamata väga vähe läbi vajunud. Vahelaetalade mõõdud on suhteliselt suured – st puidu vigade mõju on suhteliselt väike. Visuaalse vaatluse põhjal ning talade ja sarikate koputamise järgi otsustades on mädaniku poolt kahjustamata puit väga heas korras. Seetõttu on valitud olemasolevate puitkonstruktsioonide tugevusklassiks C24 (vastavalt EN 338:2009). Tugevusklassiga C24 puidu normatiivsed ja arvutuslikud omadused on toodud tabelis 3.1.

Hoone projekteerija poolt tuleb olemasolevate konstruktsioonide tugevust kontrollida.

Tabel 3.1. Tugevusklassiga C24 puidu normatiivsed ja arvutuslikud omadused [22]

Materjali omadus	Normväärtus		Arvutusväärtus		
				$k_{\text{mod}} = 0,9$	$k_{\text{mod}} = 0,8$
Tugevusomadused [N/mm ²]					
Paindetugevus	$f_{m,k}$	24	$f_{m,d}$	16,62	14,77
Tõmbetugevus pikikiudu	$f_{t,0,k}$	14	$f_{t,0,d}$	9,69	8,62
Tõmbetugevus ristikiudu	$f_{t,90,k}$	0,4	$f_{t,90,d}$	0,28	0,25
Survetugevus pikikiudu	$f_{c,0,k}$	21	$f_{c,0,d}$	14,54	12,92
Survetugevus ristikiudu	$f_{c,90,k}$	2,5	$f_{c,90,d}$	1,73	1,54
Nihketugevus	$f_{v,k}$	4,0	$f_{v,d}$	2,77	2,46
Jäikusomadused [N/mm ²]					
Elastsusmooduli keskvaartus pikikiudu	$E_{0,\text{mean}}$	11000	$E_{0,\text{mean},d}$	7615	6769
Elastsusmooduli 5% väärtus pikikiudu	$E_{0,05}$	7400	-	-	-
Tihedused [kg/m ³]					
Tihedus	ρ_k	350	-	-	-
Tiheduse keskvaartus	ρ_{mean}	420	-	-	-

3.3 OMAKAALUKOORMUSED

3.3.1 Omakaalukoormused hoone vanemas osas

Hoone vanema osa pööningule planeeritakse ruumid ja seetõttu soojustatakse katuse osa kuni pennini ja pennide kõrgusel olev lagi. Katuseosa, mis jääb pennidest kõrgemale on soojustamata. Sarikate samm vanemas osas on $s_1 = 1,45$ m.

Tabel 3.2. Soojustatud katuslae omakaalukoormus

	h mm	b mm	s m	γ kN/m ³	g _k kN/m ²
Katusekivi					0,45
Roovitus	50	50	0,35	5	0,04
Kile					
Sarikas	180	180	1,45	5	0,11
Prussid	50	50	0,4	5	0,03
Soojustus	230			0,4	0,09
Kipsplaat	13			9	0,12
Kokku					$g_k = 0,84$
Katuse kalle	38	°			
Koormus horisontaalpinnale	$g_{k,a} = g_k / \cos\alpha$				$g_{k,a} = 0,877$
Joonkoormus sarikale (kN/m):	$g_{soojustatud} = g_{k,a} \cdot s_1 = 1,272$				

Tabel 3.3. Soojustamata katuseosa omakaalukoormus

	h mm	b mm	s m	γ kN/m ³	g _k kN/m ²
Katusekivi					0,45
Roovitus	50	50	0,35	5	0,04
Sarikas	180	180	1,45	5	0,11
Kokku					$g_k = 0,60$
Katuse kalle	38	°			
Koormus horisontaalpinnale	$g_{k,a} = g_k / \cos\alpha$				$g_{k,a} = 0,626$
Joonkoormus sarikale (kN/m):	$g_{soojustamata} = g_{k,a} \cdot s_1 = 0,907$				

Tabel 3.4. Pööningutubade soojustatud lae omakaalukoormus

	h mm	b mm	s m	γ kN/m ³	g_k kN/m ²
Tuuletökkeplaat	13			1,2	0,02
Puitkarkass	50	50	0,55	5	0,02
Penn	140	150	1,45	5	0,07
Puitkarkass	50	50	0,4	5	0,03
Soojustus	240			0,4	0,10
Kipsplaat	13			9	0,12
Kokku	$g_k =$				0,355
Joonkoormus sarikale (kN/m): $g_{lagi} = g_k \cdot s_1 = 0,515$					

Tabel 3.5. Vanema hooneosa olemasoleva vahelae omakaalukoormus

	h mm	b mm	s m	γ kN/m ³	g_k kN/m ²
Pörandalaudis	25			5	0,13
Tala	260	260	1,45	5	0,23
Täide	185			20	3,70
Laudis	25			5	0,13
Prussid 2tk	50	50	1,45	5	0,02
Laelaudis	25			5	0,13
Kokku	$g_k =$				4,325
Joonkoormus talale (kN/m): $g_{vahelagi} = g_k \cdot s_1 = 6,272$					

Tabel 3.6. Tugevdatud ja ilma muldtäiteta vahelae omakaalukoormus

	h mm	b mm	s m	γ kN/m ³	g_k kN/m ²
Pörandalaudis	25			5	0,13
Tala	260	260	1,45	5	0,23
Tugevdustalad 2 tk	175	100	1,45	5	0,12
Klaasvill	100			0,4	0,04
Laudis	25			5	0,13
Prussid 2 tk	50	50	1,45	5	0,02
Laelaudis	25			5	0,13
Kokku	$g_k =$				0,786
Joonkoormus talale (kN/m): $g_{vahelagi} = g_k \cdot s_1 = 1,140$					

3.3.2 Omakaalukoormused hoone uuemas osas

Hoone uuema osa pööningule ruume planeeritud ei ole ja seega ei vaja see soojustamist.

Sarikate samm uuemas osas on $s_2 = 1,18$ m.

Tabel 3.7. Soojustamata katuse omakaalukoormus

	h mm	b mm	s m	γ kN/m ³	g_k kN/m ²
Katusekivi					0,45
Roovitus	50	50	0,35	5	0,04
Sarikas	180	180	1,18	5	0,14
Kokku	$g_k =$				0,62
Katuse kalle	38 °				
Koormus horisontaalpinnale	$g_{k,a} = g_k / \cos\alpha$				$g_{k,a} =$
Joonkoormus sarikale (kN/m):					
	$g_{katus} = g_{k,a} \cdot s_2 = 0,770$				

Penni (180 x 150 mm) omakaal, kui mahukaal $\gamma = 5$ kN/m³:

$$G_k = 0,18 \cdot 0,15 \cdot 5 = 0,135 \text{ kN/m}$$

Tabel 3.8. Uuema hooneosa olemasoleva vahelae omakaalukoormus

	h mm	b mm	s m	γ kN/m ³	g_k kN/m ²
Põrandalaudis	25			5	0,13
Tala	260	200	1,18	5	0,22
Täide	185			20	3,70
Laudis	25			5	0,13
Prussid 2 tk	50	50	1,18	5	0,02
Laelaudis	25			5	0,13
Kokku	$g_k =$				4,317
Joonkoormus talale (kN/m):					
	$g_{vahelagi} = g_k \cdot s_2 = 5,094$				

Tabel 3.9. Ilma muldtäiteta vahelae omakaalukoormus uuemas hooneosas

	h mm	b mm	s m	γ kN/m ³	g_k kN/m ²
Põrandalaudis	25			5	0,13
Tala	260	200	1,18	5	0,22
Klaasvill	100			0,4	0,04
Laudis	25			5	0,13
Prussid 2 tk	50	50	1,18	5	0,02
Laelaudis	25			5	0,13
Kokku	$g_k =$				0,657
Joonkoormus talale (kN/m):					
$g_{vahelagi} = g_k \cdot s_2 = 0,775$					

3.4 LUMEKOORMUS

Ehitusliku lumekoormuse kaardi andmetel on Pajusi vallas Tapiku külas lumekoormuse normväärtus maapinnal $s_k = 1,25 \text{ kN/m}^2$.

Katuse kaldenurk on $\alpha = 38^\circ$, seega katuse kujutegur μ_1 on:

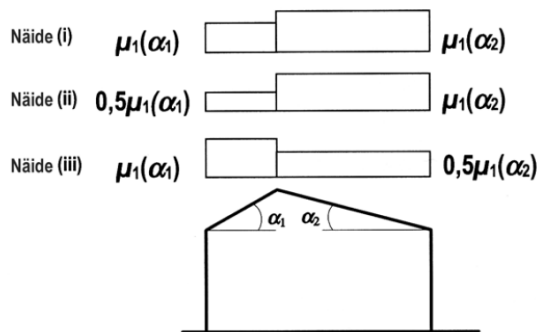
$$\mu_1 = \frac{0,8 \cdot (60 - \alpha)}{30} = \frac{0,8 \cdot (60 - 38)}{30} = 0,59$$

Normatiivne lumekoormus katusele:

$$Q_{lumi,k} = \mu_1 \cdot s_k = 0,59 \cdot 1,25 = 0,74 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Arvutuslik lumekoormus katusele:

$$Q_{lumi,d} = \gamma_Q \cdot s = 1,5 \cdot 0,74 = 1,12 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



Joonis 3.3. Viilkatuse lumekoormuse kujutegurid [20]

Normatiivne lumekoormus joonkoormusena:

$$\text{Vanemas hooneosas: } Q_{lumi,v} = Q_{lumi} \cdot s_1 = 0,74 \cdot 1,45 = 1,073 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Tabel 3.10. Lumekoormuse kombinatsioonid hoone vanemale osale joonise 3.3 järgi

Koormuskombinatsioon	Vasak katusepool	Parem katusepool
Lumi 1	1,073	1,073
Lumi 2	$0,5 \cdot 1,073 = 0,537$	1,073
Lumi 3	1,073	$0,5 \cdot 1,073 = 0,537$

$$\text{Uemas hooneosas: } Q_{lumi,u} = Q_{lumi} \cdot s_1 = 0,74 \cdot 1,18 = 0,873 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Tabel 3.11. Lumekoormuse kombinatsioonid hoone uuemale osale joonise 3.3 järgi

Koormuskombinatsioon	Vasak katusepool	Parem katusepool
Lumi 1	0,873	0,873
Lumi 2	$0,5 \cdot 0,873 = 0,437$	0,873
Lumi 3	0,873	$0,5 \cdot 0,873 = 0,437$

3.5 TUULEKOORMUS

Mõisahoone asub külas ning seda ümbritseb park. Selliselt kirjeldatud maastik kuulub maastikutüüpi III. Tuulekoormuse arvutamisel on hoone kõrgus $z = 11,35$ m.

Tuule baaskiiruse väärtuseks Eestis on $v_{b,0} = v_b = 21$ m/s, õhu tihedus $\rho = 1,25$ kg/m³, pinnavormitegur $C_0(z) = 1,0$ ja turbulentsitegur $k_1 = 1,0$. Maastikutüübi III puhul on karedusmõõt $z_0 = 0,3$ m, miinimumkõrgus $z_{\min} = 5$ m ja maksimumkõrgus $z_{\max} = 200$ m.

Maastikutüübitegur:

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,215$$

Karedustegur:

$$C_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,215 \cdot \ln\left(\frac{11,35}{0,3}\right) = 0,781$$

Keskmine tuulekiirus kõrgusel $z = 11,35$ m maapinnast:

$$v_m(z) = C_r(z) \cdot C_0(z) \cdot v_b = 0,781 \cdot 1,0 \cdot 21,0 = 16,40 \frac{m}{s}$$

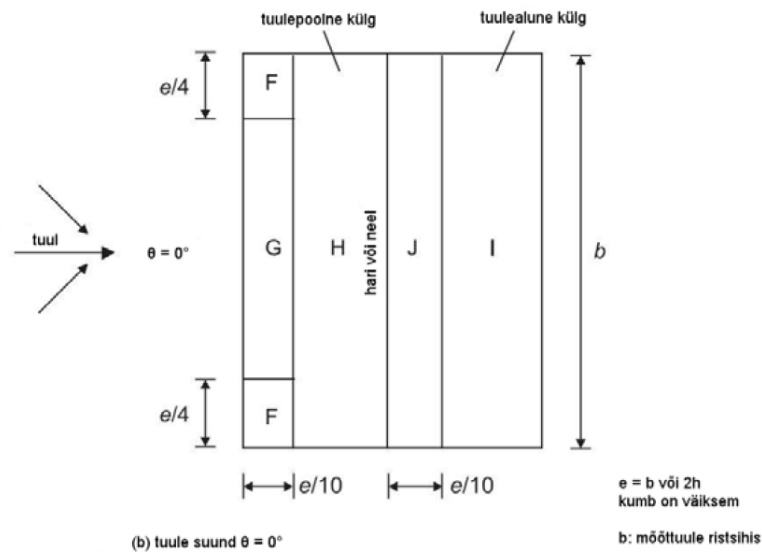
Turbulentsi intensiivsus kõrgusel $z = 11,35$ m maapinnast:

$$I_v(z) = \frac{k_1}{C_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{11,35}{0,3}\right)} = 0,275$$

Tippkiirusrõhk kõrgusel $z = 11,35$ m maapinnast:

$$\begin{aligned} q_p(z) &= [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = (1 + 7 \cdot 0,275) \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 16,40^2 = 492 \frac{N}{m^2} = \\ &= 0,492 \frac{kN}{m^2} \end{aligned}$$

Tuuletsoonide pikkused (tuulesuund 0°)



Joonis 3.4. Juhised kahekaldelise katuse tsoonide leidmiseks, kui $\theta = 0^\circ$ [21]

Hoone kõrgus $h = 11,35$ m, tuule suunaga risti oleva seina pikkus $b = 58,56$ m ja otsaseina pikkus $d = 14,55$ m.

$$e = 2h = 2 \cdot 11,35 = 22,70 \text{ m}$$

$$F_1 = \frac{e}{4} = \frac{22,7}{4} = 5,68 \text{ m}$$

$$G_1 = b - \frac{2e}{4} = 58,56 - \frac{2 \cdot 22,7}{4} = 47,21 \text{ m}$$

$$H_1 = b = 58,56 \text{ m}$$

$$I_1 = b = 58,56 \text{ m}$$

$$J_1 = b = 58,56 \text{ m}$$

$$F_2 = \frac{e}{10} = \frac{22,7}{10} = 2,27 \text{ m}$$

$$G_2 = \frac{e}{10} = \frac{22,7}{10} = 2,27 \text{ m}$$

$$H_2 = \frac{d}{2} - \frac{e}{10} = \frac{14,55}{2} - \frac{22,7}{10} = 5,01 \text{ m}$$

$$I_2 = \frac{d}{2} - \frac{e}{10} = \frac{14,55}{2} - \frac{22,7}{10} = 5,01 \text{ m}$$

$$J_2 = \frac{e}{10} = \frac{22,7}{10} = 2,27 \text{ m}$$

Tuulerõhutegurid (tuulesuund 0°)

Tsoon F $C_{pe} = -0,2$ või $+0,7$

Tsoon G $C_{pe} = -0,2$ või $+0,7$

Tsoon H $C_{pe} = -0,1$ või $+0,5$

Tsoon I $C_{pe} = -0,3$ või $+0,0$

Tsoon J $C_{pe} = -0,4$ või $+0,0$

Tabel 3.12. Välisrõhutegurid kui tuul puhub hoone pikema küljega risti

	Tuulepoolne külg	$w_{e,1} = q_p(z_e) \cdot C_{pe}$	Tuulealune külg	$w_{e,1} = q_p(z_e) \cdot C_{pe}$
1. kombinatsioon	+0,7	0,344	0,0	0
2. kombinatsioon	+0,7	0,344	-0,4	-0,197
3. kombinatsioon	-0,2	-0,098	0,0	0
4. kombinatsioon	-0,2	-0,098	-0,4	-0,197

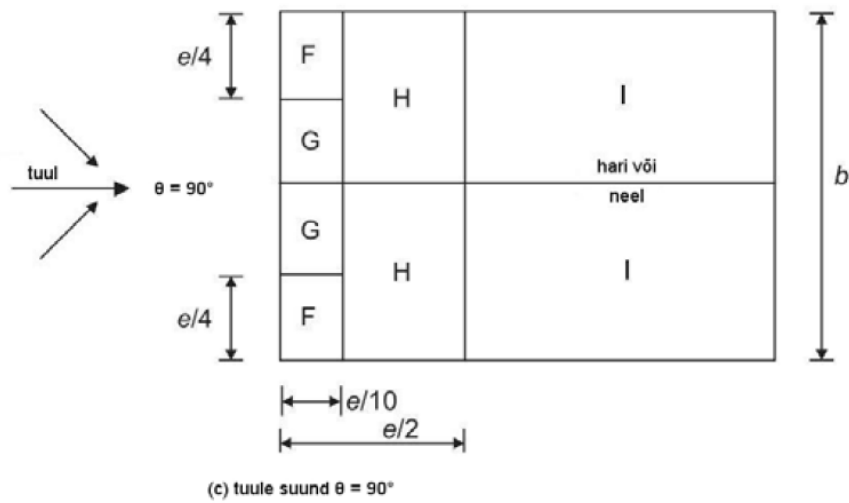
Tabel 3.13. Tuulekoormused vanemale hooneosale (raami samm $s_1 = 1,45$ m)

	Tuulepoolne külg	Tuulealune külg
Tuul 1	0,499	0
Tuul 2	0,499	-0,286
Tuul 3	-1,142	0
Tuul 4	-1,142	-0,286

Tabel 3.14. Tuulekoormused uuemale hooneosale (raami samm $s_2 = 1,18$ m)

	Tuulepoolne külg	Tuulealune külg
Tuul 1	0,406	0
Tuul 2	0,406	-0,233
Tuul 3	-0,116	0
Tuul 4	-0,116	-0,233

Tuuletsoonide pikkused (tuulesuund 90°)



Joonis 3.5. Juhised kahekaldelise katuse tsoonide leidmiseks, kui $\theta = 90^\circ$ [21]

Hoone kõrgus $h = 11,35$ m, tuule suunaga risti oleva seina pikkus $b = 14,55$ m ja pikiseina pikkus $d = 58,56$ m.

$$e = b = 14,55 \text{ m}$$

$$F_1 = \frac{e}{4} = \frac{14,55}{4} = 3,64 \text{ m}$$

$$F_2 = \frac{e}{10} = \frac{14,55}{10} = 1,46 \text{ m}$$

$$G_1 = b - \frac{2e}{4} = 14,55 - \frac{2 \cdot 14,55}{4} = 7,28 \text{ m}$$

$$G_2 = \frac{e}{10} = \frac{14,55}{10} = 1,46 \text{ m}$$

$$H_1 = b = 14,55 \text{ m}$$

$$H_2 = \frac{e}{2} - \frac{e}{10} = \frac{14,55}{2} - \frac{14,55}{10} = 5,82 \text{ m}$$

$$I_1 = b = 14,55 \text{ m}$$

$$I_2 = d - \frac{e}{2} = 58,56 - \frac{14,55}{2} = 51,29 \text{ m}$$

Tuulerõhutegurid (tuulesuund 90°)

Tsoon F $C_{pe} = -1,1$

Tsoon G $C_{pe} = -1,4$

Tsoon H $C_{pe} = -0,9$

Tsoon I $C_{pe} = -0,5$

3.6 KOORMUSKOMBINATSIOONID

Alaliste arvutusolukordade koormuskombinatsioonid kandepiirseisundis:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}, \text{ kus}$$

“+” ja Σ tähistavad mõjumist samaaegselt ühes kombinatsioonis;

γ on koormuse osavarutegur vastavalt indeksile;

$G_{k,j}$ – alaline koormus;

P – eelpingekoormus (töös esitatud juhul eelpingekoormus puudub);

$Q_{k,1}$ – domineeriv muutuvkoormus;

$Q_{k,i}$ – muu muutuvkoormus;

Ψ – koormuskombinatsiooni tegur.

Koormuse ebasoodsa mõju korral $\gamma_{G,j}=1,2$, $\gamma_{Q,1}=1,5$ ja $\gamma_{Q,i}=1,5$. Lisaks tuleb konstruktsiooni või -elementi kontrollida ainult alaliskoormuse ebasoodsast mõjust lähtudes, rakendades osavarutegurit $\gamma_{G,j}=1,35$. Koormuskombinatsiooni tegur Ψ_0 on lume puhul 0,5 ja tuule puhul 0,6.

Tabelis 3.15 on toodud koormuskombinatsioonid (edaspidi KK) milles raamkonstruktsiooni kontrollitakse.

Tabel 3.15. Koormuskombinatsioonid kandepiirseisundis

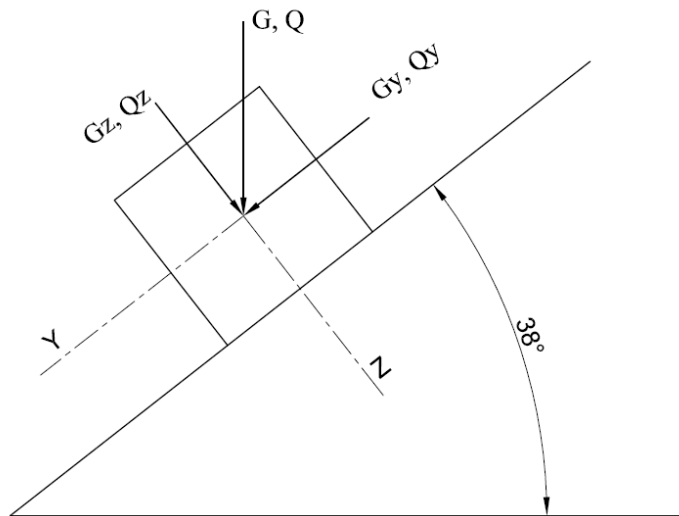
Tähis	Koormuskombinatsioonid kandepiirseisundis
KK1	1,35 · Omakaal
KK2	1,2 · Omakaal + 1,5 · Lumi1
KK3	1,2 · Omakaal + 1,5 · Lumi2
KK4	1,2 · Omakaal + 1,5 · Lumi3
KK5	1,2 · Omakaal + 1,5 · Tuul1
KK6	1,2 · Omakaal + 1,5 · Tuul2
KK7	1,2 · Omakaal + 1,5 · Tuul3
KK8	1,2 · Omakaal + 1,5 · Tuul4
KK9	1,2 · Omakaal + 1,5 · Lumi1 + 1,5 · 0,6 · Tuul1
KK10	1,2 · Omakaal + 1,5 · Lumi1 + 1,5 · 0,6 · Tuul2

KK11	$1,2 \cdot \text{Omakaal} + 1,5 \cdot \text{Lumi1} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Tuul3}$
KK12	$1,2 \cdot \text{Omakaal} + 1,5 \cdot \text{Lumi1} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Tuul4}$
KK13	$1,2 \cdot \text{Omakaal} + 1,5 \cdot \text{Lumi2} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Tuul1}$
KK14	$1,2 \cdot \text{Omakaal} + 1,5 \cdot \text{Lumi2} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Tuul2}$
KK15	$1,2 \cdot \text{Omakaal} + 1,5 \cdot \text{Lumi2} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Tuul3}$
KK16	$1,2 \cdot \text{Omakaal} + 1,5 \cdot \text{Lumi2} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Tuul4}$
KK17	$1,2 \cdot \text{Omakaal} + 1,5 \cdot \text{Lumi3} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Tuul1}$
KK18	$1,2 \cdot \text{Omakaal} + 1,5 \cdot \text{Lumi3} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Tuul2}$
KK19	$1,2 \cdot \text{Omakaal} + 1,5 \cdot \text{Lumi3} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Tuul3}$
KK20	$1,2 \cdot \text{Omakaal} + 1,5 \cdot \text{Lumi3} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Tuul4}$
KK21	$1,2 \cdot \text{Omakaal} + 1,5 \cdot \text{Tuul1} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Lumi1}$
KK22	$1,2 \cdot \text{Omakaal} + 1,5 \cdot \text{Tuul1} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Lumi2}$
KK23	$1,2 \cdot \text{Omakaal} + 1,5 \cdot \text{Tuul1} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Lumi3}$
KK24	$1,2 \cdot \text{Omakaal} + 1,5 \cdot \text{Tuul2} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Lumi1}$
KK25	$1,2 \cdot \text{Omakaal} + 1,5 \cdot \text{Tuul2} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Lumi2}$
KK26	$1,2 \cdot \text{Omakaal} + 1,5 \cdot \text{Tuul2} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Lumi3}$
KK27	$1,2 \cdot \text{Omakaal} + 1,5 \cdot \text{Tuul3} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Lumi1}$
KK28	$1,2 \cdot \text{Omakaal} + 1,5 \cdot \text{Tuul3} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Lumi2}$
KK29	$1,2 \cdot \text{Omakaal} + 1,5 \cdot \text{Tuul3} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Lumi3}$
KK30	$1,2 \cdot \text{Omakaal} + 1,5 \cdot \text{Tuul4} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Lumi1}$
KK31	$1,2 \cdot \text{Omakaal} + 1,5 \cdot \text{Tuul4} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Lumi2}$
KK32	$1,2 \cdot \text{Omakaal} + 1,5 \cdot \text{Tuul4} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Lumi3}$

Tabelis 3.15 on Omakaaluks normatiivne omakaalukoormus kokku tabelite 3.2, 3.3, 3.4 ja 3.7 järgi, Lumi on normatiivne lumekoormus tabelite 3.10 ja 3.11 järgi (3 kombinatsiooni) ja Tuul on normatiivne tuulerõhk tabelite 3.13 ja 3.14 järgi (4 kombinatsiooni).

Eelnevates kombinatsioonides on kõik koormused võetud raami jooksva meetri kohta.

3.7 KATUSE ROOVI ARVUTUS



Joonis 3.6. Koormuste jagunemine roovtala telgede vahel

Katuse roovtala arvutamiseks on kivitakuse omakaaluks valitud $G_{kivi,k} = 45 \text{ kg/m}^2 = 0,45 \text{ kN/m}^2$.

Roovi laius $b = 50 \text{ mm}$, kõrgus $h = 50 \text{ mm}$ ja samm $s = 0,35 \text{ m}$. Puidu tihedus on $\rho_{puit} = 5 \text{ kN/m}^3$. Roovituse omakaal on seega $G_{roov,k} = 0,05 \cdot 0,05 \cdot 5 / 0,35 = 0,04 \text{ kN/m}^2$.

Katusekatte arvutuslik omakaalukoormus on:

$$G_{katusekate,d} = G_{kivi,k} \cdot \gamma_G + G_{roov,k} \cdot \gamma_G = 0,45 \cdot 1,2 + 0,04 \cdot 1,2 = 0,59 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Roovile saab määravaks tuulekombinatsioon Tuul 1, kus tuul puhub hoone pikema küljega risti.

Normatiivne tuulerõhk pinna m^2 -le :

$$w_{e,1} = q_p(z_e) \cdot C_{pe} = 0,492 \cdot 0,7 = 0,344 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Arvutuslik tuulekoormus pinna ruutmeetrile:

$$Q_{tuul,d} = w_e \cdot \gamma_Q = 0,344 \cdot 1,5 = 0,516 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Roovide materjaliks on valitud saepuit tugevusklassiga C24, mille normatiivne paindetugevus on $f_{m,k} = 24 \text{ N/mm}^2$. Osavarutegur $\gamma_M = 1,3$ ja modifikatsioonitegur $k_{mod} = 0,9$.

Sarikate samm on $l = 1,45 \text{ m}$, katusekalle $\alpha = 38^\circ$.

Roovtala kontroll vildakpaindele

Arvutuslik paindetugevus:

$$f_{m,z,d} = f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,3} = 16,62 \frac{N}{mm^2}$$

Teljesuunalised arvutuslikud joonkoormused roovile:

$$G_{y,d} = G_{katusekate,d} \cdot s \cdot \sin \alpha = 0,59 \cdot 0,35 \cdot \sin 38^\circ = 0,127 \frac{kN}{m}$$

$$G_{z,d} = G_{katusekate,d} \cdot s \cdot \cos \alpha = 0,59 \cdot 0,35 \cdot \cos 38^\circ = 0,163 \frac{kN}{m}$$

$$Q_{y,d,lumi} = Q_{lumi,d} \cdot s \cdot \sin \alpha = 1,12 \cdot 0,35 \cdot \sin 38^\circ = 0,241 \frac{kN}{m}$$

$$Q_{z,d,lumi} = Q_{lumi,d} \cdot s \cdot \cos \alpha = 1,12 \cdot 0,35 \cdot \cos 38^\circ = 0,309 \frac{kN}{m}$$

$$Q_{z,d,tuul} = Q_{tuul,d} \cdot s = 0,516 \cdot 0,35 = 0,181 \frac{kN}{m}$$

$$q_y = G_{y,d} + Q_{y,d,lumi} = 0,127 + 0,241 = 0,368 \frac{kN}{m}$$

$$q_z = G_{z,d} + Q_{z,d,lumi} + Q_{z,d,tuul} \cdot \psi_0 = 0,163 + 0,309 + 0,181 \cdot 0,6 = 0,581 \frac{kN}{m}$$

Maksimaalsed arvutuslikud paindemomendid keskmistel tagedel:

$$M_{sd,z} = 0,1 \cdot q_y \cdot l^2 = 0,1 \cdot 0,368 \cdot 1,45^2 = 0,077 \text{ kNm}$$

$$M_{sd,y} = 0,1 \cdot q_z \cdot l^2 = 0,1 \cdot 0,581 \cdot 1,45^2 = 0,122 \text{ kNm}$$

Ristlõike vastupanumomendid:

$$W_z = W_y = \frac{b^3}{6} = \frac{50^3}{6} = 20833 \text{ mm}^3$$

Arvutuslikud paindepinged:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{sd,z}}{W_z} = \frac{0,077 \cdot 10^6}{20833} = 3,70 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{sd,y}}{W_y} = \frac{0,122 \cdot 10^6}{20833} = 5,86 \frac{N}{mm^2}$$

Tugevustingimused vildakpindel:

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1, kus$$

tegur k_m arvestab pingete ümberjagunemist ja materjali mittehomoogeensust, täisnurkse ristlõike korral $k_m = 0,7$.

$$0,7 \cdot \frac{5,86}{16,62} + \frac{3,70}{16,62} = 0,47 < 1$$

$$\frac{5,86}{16,62} + 0,7 \cdot \frac{3,70}{16,62} = 0,51 < 1$$

Roovi paindekandevõimest on kasutatud 51%.

Roovtala nihkekandevõime kontroll

Ristlõike efektiivlaius:

$$b_{ef} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 50 = 33,5 \text{ mm, kus}$$

tegur k_{cr} on saepuidu jaoks 0,67.

$$\text{Põikjõud } V = 1,1 \cdot q_z \cdot l = 1,1 \cdot 0,581 \cdot 1,45 = 0,927 \text{ kN}$$

Maksimaalne nihkepinge ristkülikristlõike puhul leitakse valemiga:

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot V}{b_{ef} \cdot h} = \frac{1,5 \cdot 0,927 \cdot 10^3}{33,5 \cdot 50} = 0,83 \frac{N}{mm^2} < f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{4,0}{1,3} = 2,77 \frac{N}{mm^2}$$

Nihkekandevõime on tagatud, kandevõimest on kasutatud 30%.

Paindekontroll punktkoormusega 1,5 kN ühe sildeava keskel ilma varuteguriteta

Arvutuslik paindetugevus:

$$f_{m,z,d} = f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 1,1 \cdot \frac{24}{1,0} = 26,4 \frac{N}{mm^2},$$

kus osavarutegur γ_M on avariilukorras 1,0 ning modifikatsioonitegur $k_{mod} = 1,1$ hetkelise koormuse korral.

Teljesuunalised normatiivsed joon- ja punktkoormused roovile:

$$G_{y,k} = G_{roov,k} \cdot s \cdot \sin \alpha = 0,04 \cdot 0,35 \cdot \sin 38^\circ = 0,009 \frac{kN}{m}$$

$$G_{z,k} = G_{roov,k} \cdot s \cdot \cos \alpha = 0,04 \cdot 0,35 \cdot \cos 38^\circ = 0,011 \frac{kN}{m}$$

$$P_{y,k} = P \cdot \sin \alpha = 1,5 \cdot \sin 38^\circ = 0,923 \text{ kN}$$

$$P_{z,k} = P \cdot \cos \alpha = 1,5 \cdot \cos 38^\circ = 1,182 \text{ kN}$$

Maksimaalsed normatiivsed paindepinged sildeavas:

$$\begin{aligned} M_{sk,z} &= 0,08 \cdot G_{y,k} \cdot l^2 + 0,175 \cdot P_{y,k} \cdot l = 0,08 \cdot 0,009 \cdot 1,45^2 + 0,175 \cdot 0,923 \cdot 1,45 = \\ &= 0,236 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{sk,y} &= 0,08 \cdot G_{z,k} \cdot l^2 + 0,175 \cdot P_{z,k} \cdot l = 0,08 \cdot 0,011 \cdot 1,45^2 + 0,175 \cdot 1,182 \cdot 1,45 = \\ &= 0,302 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Roovi paindepinged:

$$\sigma_{m,z,k} = \frac{M_{sk,z}}{W_z} = \frac{0,236 \cdot 10^6}{20833} = 11,33 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{m,y,k} = \frac{M_{sk,y}}{W_y} = \frac{0,302 \cdot 10^6}{20833} = 14,50 \frac{N}{mm^2}$$

Tugevustingimused vildakpindel:

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

ehk

$$0,7 \cdot \frac{14,50}{26,40} + \frac{11,33}{26,40} = 0,81 < 1$$

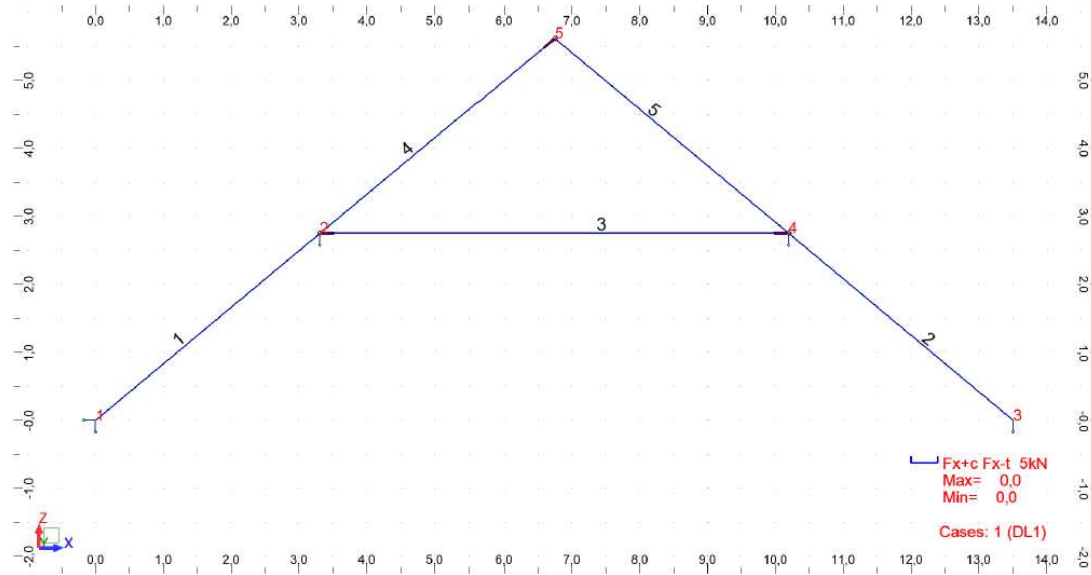
$$\frac{14,50}{26,40} + 0,7 \cdot \frac{11,33}{26,40} = 0,85 < 1$$

Roovi paindekandevõimest on kasutatud 85%.

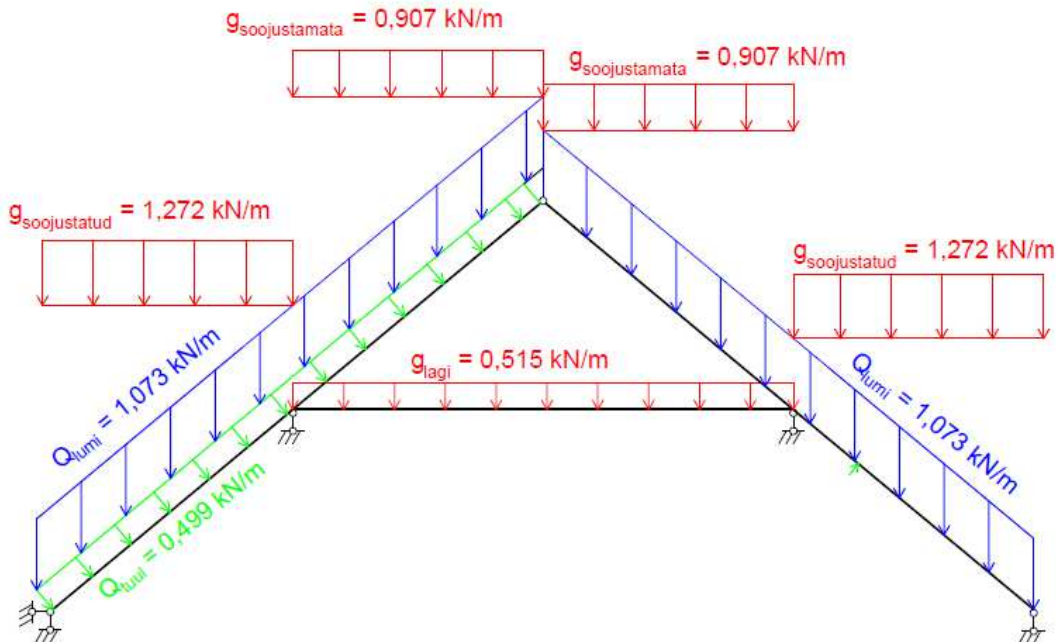
3.8 VANEMA HOONEOSA KATUSEKONSTRUKTSIOONI ARVUTUSED

3.8.1 Sarikas

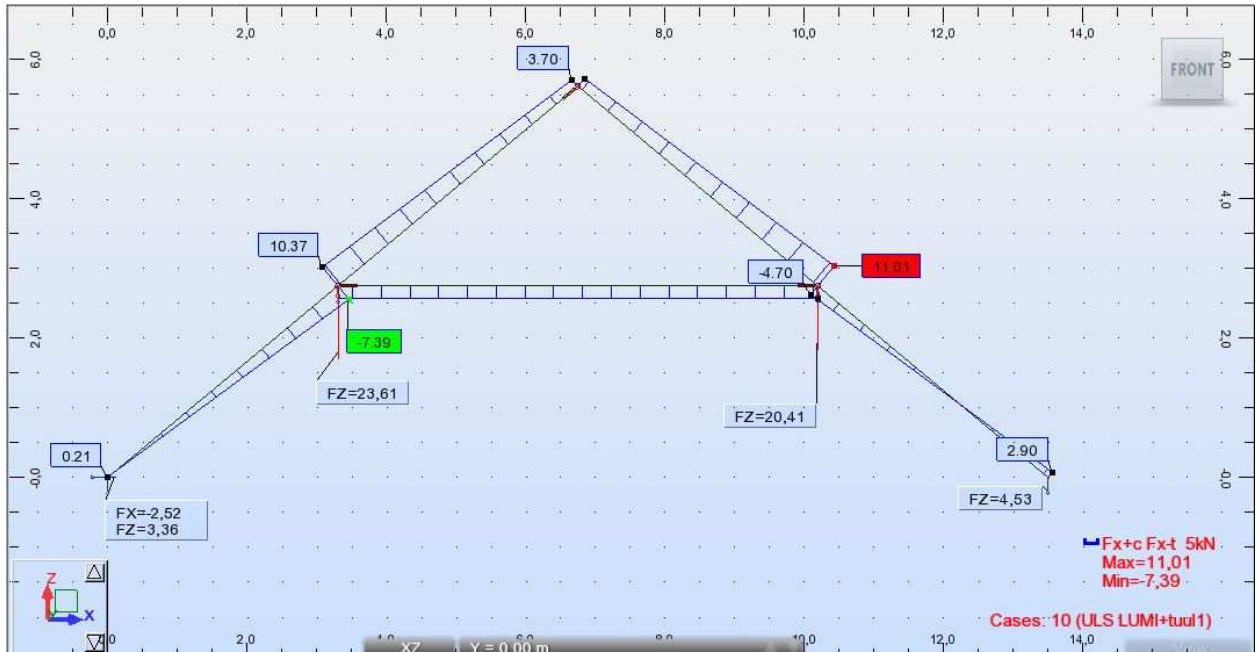
Sarika ristlõige on 180 x 180 mm. Määravaks sai koormuskombinatsioon KK9.



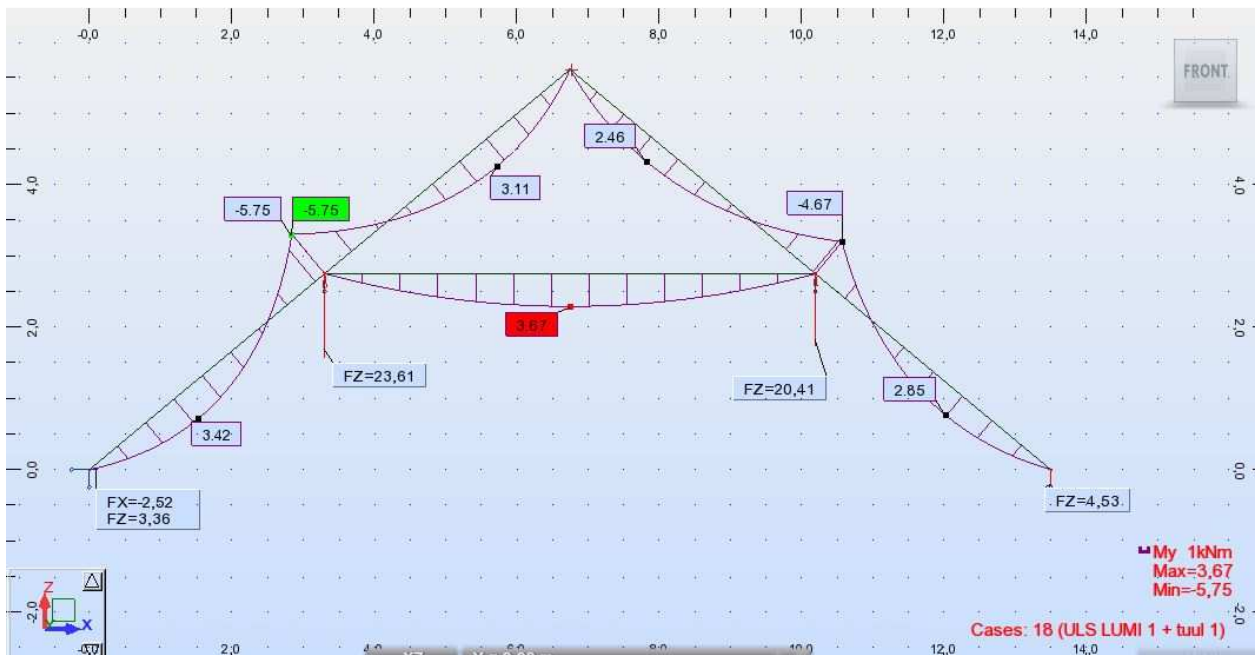
Joonis 3.7. Vanema hooneosa katusekonstruktsiooni arvutuskeem



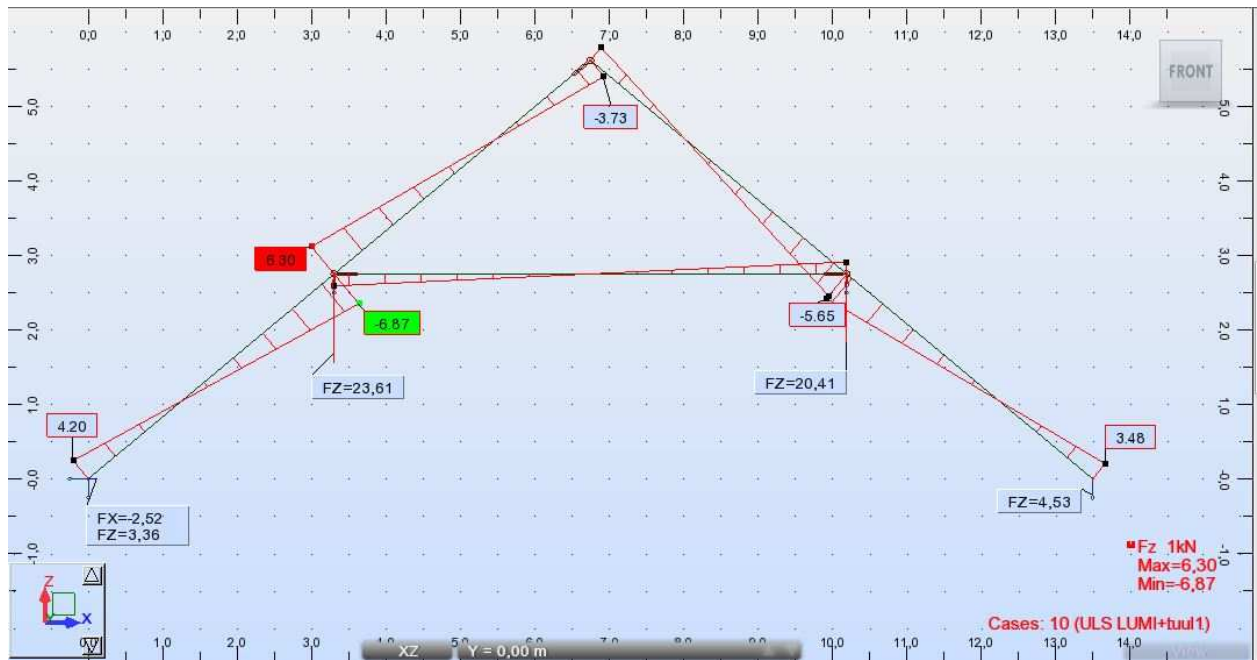
Joonis 3.8. Vanema hooneosa katusekonstruktsiooni koormusskeem KK9 järgi



Joonis 3.9. Vanema hooneosa katusekonstruktsioonile mõjuvad pikijõud ja toereaktsioonid



Joonis 3.10. Vanema hooneosa katusekonstruktsioonile mõjuvad paindemomendid ja toereaktsioonid



Joonis 3.11. Vanema hooneosa katusekonstruktsioonile mõjuvad põikjõud ja toereaktsioonid

Sarika kontroll survel koos paindega

Nõtkumine saab toimuda vaid z-telje sihis, kuna sarika ristlõike mõõtmed on mõlemas suunas ühesugused ja roov takistab y-telje suunas nõtkumist.

Nõtkepikkus $l_{ef,z} = 1,0 \cdot l = 4480 \text{ mm}$

Inertsiraadius:

$$i_z = \frac{a}{\sqrt{12}} = \frac{180}{\sqrt{12}} = 52,0 \text{ mm}$$

Saledus:

$$\lambda_z = \frac{l_{ef,z}}{i_z} = \frac{4480}{52,0} = 86,2$$

Suhteline saledus:

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{86,2}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7400}} = 1,46$$

Nõtketegur k_c :

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{1,68 + \sqrt{1,68^2 - 1,46^2}} = 0,40, kus$$

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1,46 - 0,3) + 1,46^2] = 1,68;$$

$$\beta_c = 0,2.$$

Survepinge ja paindepinge väärtused:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{c,d}}{A} = \frac{10,37 \cdot 10^3}{180 \cdot 180} = 0,32 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z} = \frac{5,75 \cdot 10^6}{972000} = 5,92 \frac{N}{mm^2}, kus$$

$$W_z = \frac{a^3}{6} = \frac{180^3}{6} = 972000 \text{ mm}^3$$

Saleda varda surveel koos paindega suhtelise saleduse $\lambda_{rel} > 0,3$ puhul peab olema täidetud tingimus:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,32}{0,40 \cdot 14,54} + \frac{5,92}{16,62} = 0,41 < 1$$

Sarika kontroll nihkele

Ristlõike efektiivlaius:

$$b_{ef} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 180 = 120,6 \text{ mm},$$

kus tegur k_{cr} on saepuidu jaoks 0,67.

Põikjõud $V = 6,87 \text{ kN}$

Maksimaalne nihkepinge riskülikristlõike puhul leitakse valemiga:

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot V}{b_{ef} \cdot h} = \frac{1,5 \cdot 6,87 \cdot 10^3}{120,6 \cdot 180} = 0,47 \frac{N}{mm^2} < f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{4,0}{1,3} = 2,77 \frac{N}{mm^2}$$

Nihkekandevõime on tagatud, kandevõimest on kasutatud 17%.

3.8.2 Penn

Määravaks sai KK10.

Tõmbepinge ja paindepinge väärtused:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{F_{t,d}}{A} = \frac{6,34 \cdot 10^3}{150 \cdot 140} = 0,30 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z} = \frac{3,67 \cdot 10^6}{490000} = 7,49 \frac{N}{mm^2}, kus$$

$$W_z = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{150 \cdot 140^2}{6} = 490000 \text{ mm}^3$$

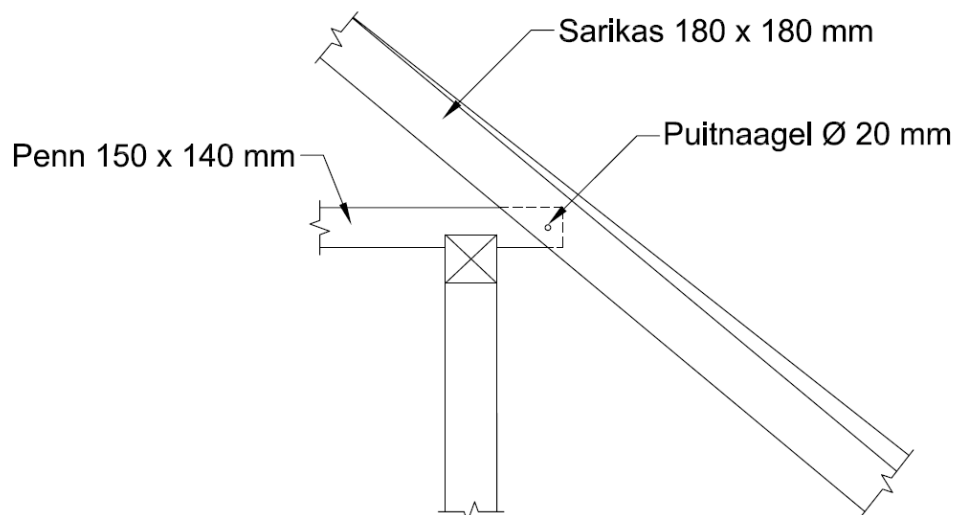
Rahuldatud peab olema tingimus:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

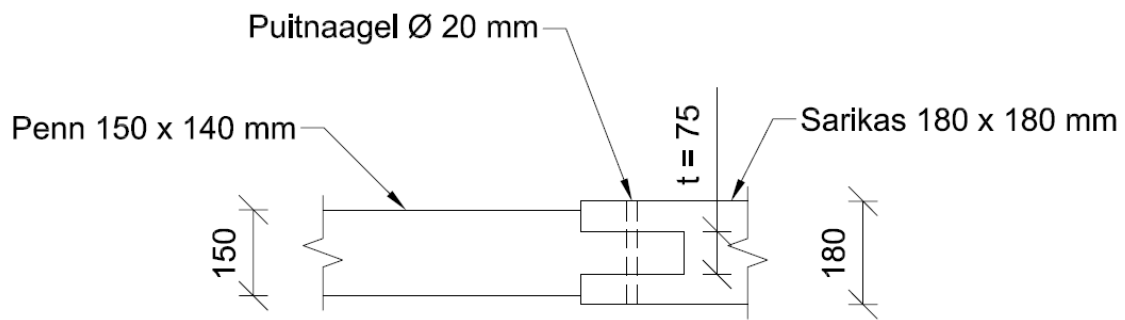
$$\frac{0,30}{9,69} + \frac{7,49}{16,62} = 0,48 < 1$$

Penni kandevõime on tagatud. Penn on sarikaga ühendatud puitnaagli abil.

Puitnaagli arvutus



Joonis 3.12. Penni ja sarika sõlm



Joonis 3.13. Penni ja sarika sõlme lõige

Puitnaagli läbimõõt $d = 20$ mm ja penni keele paksus $t = 75$ mm.

Pikijõud pennis: $N_d = 6,34$ kN

Muljumispinna pikkus:

$$s = \frac{\pi \cdot d}{2} = \frac{\pi \cdot 20}{2} = 31,4 \text{ mm}$$

Muljumispind:

$$A = s \cdot t = 31,4 \cdot 75 = 2355 \text{ mm}^2$$

Tugevustingimus:

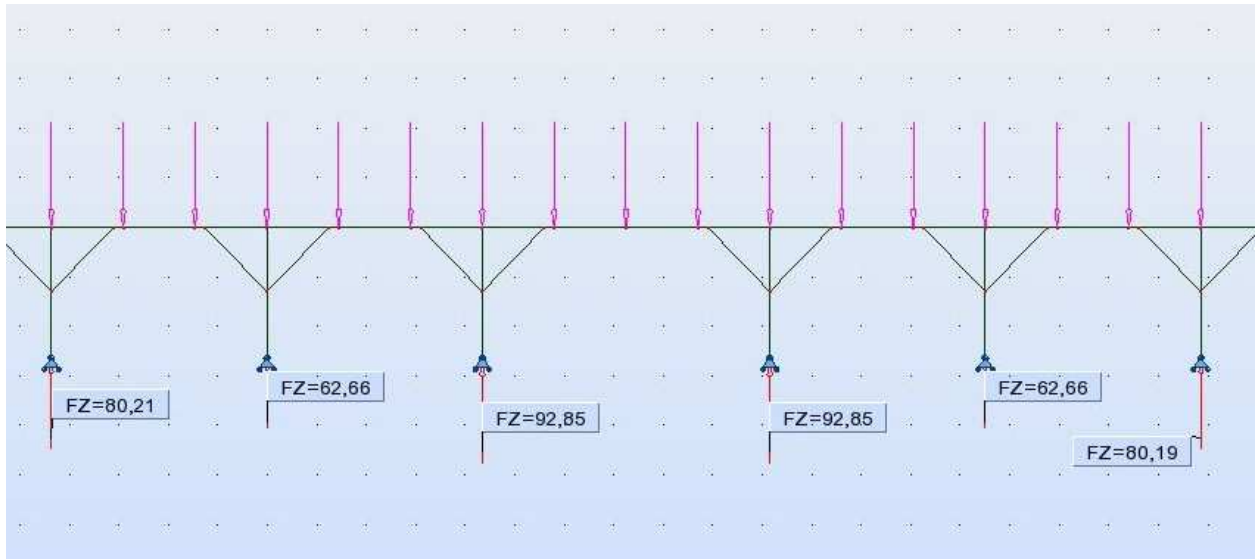
$$\sigma_{cd} \leq \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

kus $k_{c,90} = 1$

$$\sigma_{cd} = \frac{N_d}{A} = \frac{6,34 \cdot 10^3}{2355} = 2,69 \frac{N}{\text{mm}^2} < \frac{14,5}{\frac{14,5}{1 \cdot 1,73} \cdot \sin^2 40^\circ + \cos^2 40^\circ} = 3,58 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Sõlme tugevus on tagatud.

3.8.3 Toolvärk



Joonis 3.14. Toolvärgi toereaktsioonid

Toolvärgi tala

Paindemoment toolvärgi tala suurimas sildeavas on 17,86 kNm.

Tala ristlõike vastupanumoment:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{180 \cdot 180^2}{6} = 972000 \text{ mm}^3$$

Paindepinge:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{sd}}{W} = \frac{17,86 \cdot 10^6}{972000} = 18,37 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Täidetud peab olema tingimus:

$$\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad \text{ehk} \quad \frac{18,37}{14,77} = 1,24 > 1$$

Tala kandevõime kõige suuremas sildeavas ei ole tagatud. Toolvärgi tala tugevdamiseks tuleks suurendada tala ristlõiget või lisada tala alla toetuspost.

Toolvärgi tala suurimas sildeavas on olemasoleva toolvärgi kõrvale võimalik rajada tugiraam, mis võtaks osa sarikatelt tulevat koormust enda kanda. Raam koosneks 100 x 125 mm ristlõikega prussidest ja mis paigaldataks olemasoleva toolvärgi vastavate elementide taha (tala, diagonaal ja post).

Tugevdatud topeltristlõike vastupanumoment:

$$W_{kogu} = W + W_{raam} = 972000 + \frac{100 \cdot 125^2}{6} = 1232417 \text{ mm}^3$$

Paindepinge:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{sd}}{W} = \frac{17,86 \cdot 10^6}{1232417} = 14,49 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Täidetud peab olema tingimus:

$$\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad \text{ehk} \quad \frac{14,49}{14,77} = 0,98 < 1$$

Kandevõime suurimas sildeavas on tagatud koos toolvärgi taha rajatud raamiga.

Toolvärgi post ja tugikäpad

Posti ristlõike mõõtmed on 180 x 180 mm ja pikkus $l_{ef} = 2555$ mm.

Inertsiraadius:

$$i_z = \frac{a}{\sqrt{12}} = \frac{180}{\sqrt{12}} = 52 \text{ mm}$$

Saledus:

$$\lambda_z = \frac{l_{ef,z}}{i_z} = \frac{2555}{52} = 49,1$$

Suhteline saledus:

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{49,1}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7400}} = 0,83$$

Nõtketegur k_c :

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{0,90 + \sqrt{0,90^2 - 0,83^2}} = 0,80, kus$$

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (0,83 - 0,3) + 0,83^2] = 0,90;$$

$$\beta_c = 0,2.$$

Survepinge ja paindepinge väärtused:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{c,d}}{A} = \frac{92,85 \cdot 10^3}{180 \cdot 180} = 2,87 \frac{N}{mm^2}$$

Saleda varda surve suhtelise saleduse $\lambda_{rel} > 0,3$ puhul peab olema täidetud tingimus:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \frac{2,87}{0,80 \cdot 14,54} = 0,25 < 1$$

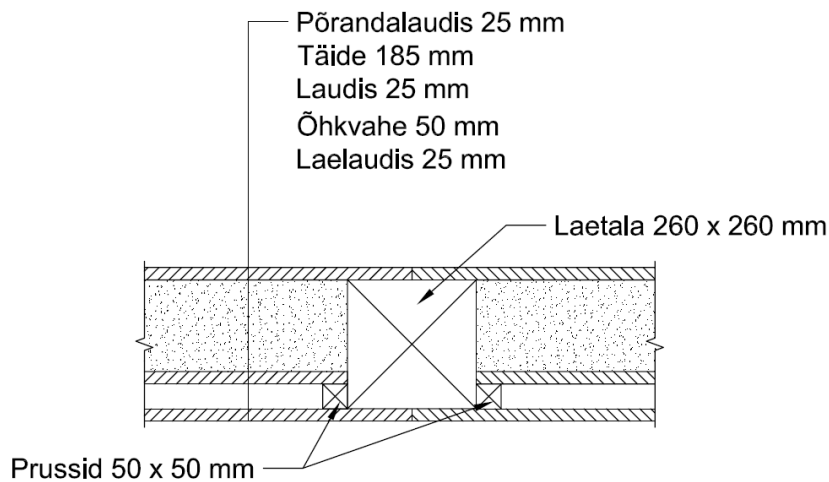
Posti kandevõime on tagatud.

Toolvärgi tugikäpad on postiga ühesuguse ristlõikega, kuid lühemad. Seetõttu saab eeldada, et ka tugikäppade kandevõime on piisav.

3.8.4 Vahelaetala

Laetalale mõjuvad toolvärgi postilt tulev koormus, kasuskoormus eluruumide jaoks ($q_k = 2 \text{ kN/m}^2$) ja vahelaie omakaal. Seda kõike ei suuda olemasolev tala tänapäevaste normide järgi vastu võtta.

Et lahendada olukord, oleks üheks võimaluseks jaotada koormus ühtlaselt kõigile laetaladele, lisades iga sarika alla toolvärgi kohale postid ning tugevdades laetalasid. Teine võimalus on suunata postidelt tulev koormus laetaladelt ära alumise korruse vaheseintele piki hoonet postide kõrval paikneva tala abil. Mõlema variandi puhul tuleks eemaldada ka lael olev muldtäide ja asendada see kergemaga.



Joonis 3.15. Olemasoleva vahelae lõige

1. variant – katuse koormuse jaotamine kõigile vahelaetaladele ja vahelaetalade tugevdamine prussidega

Sarikatelt tulev koormus jaotatakse postide abil kõigile taladele ning taladevaheline täide eemaldatakse ja asendatakse klaasvillaga. Postid paigutatakse toolvärgi kohale kõigi sarikate alla. Olemasolevaid talasid (260 x 260 mm) tugevdatakse kahelt poolt lisaprussidega. Tugevdustalade ristlõikeks valitakse 100 x 175 mm.

See lahendus sobib kasutada nii loode- kui kagupoolsel küljel. Kuna antud variandi puhul pannakse iga sarika alla toolvärgi kohale post, siis toolvärgi tala tugevdamist ei vaja.

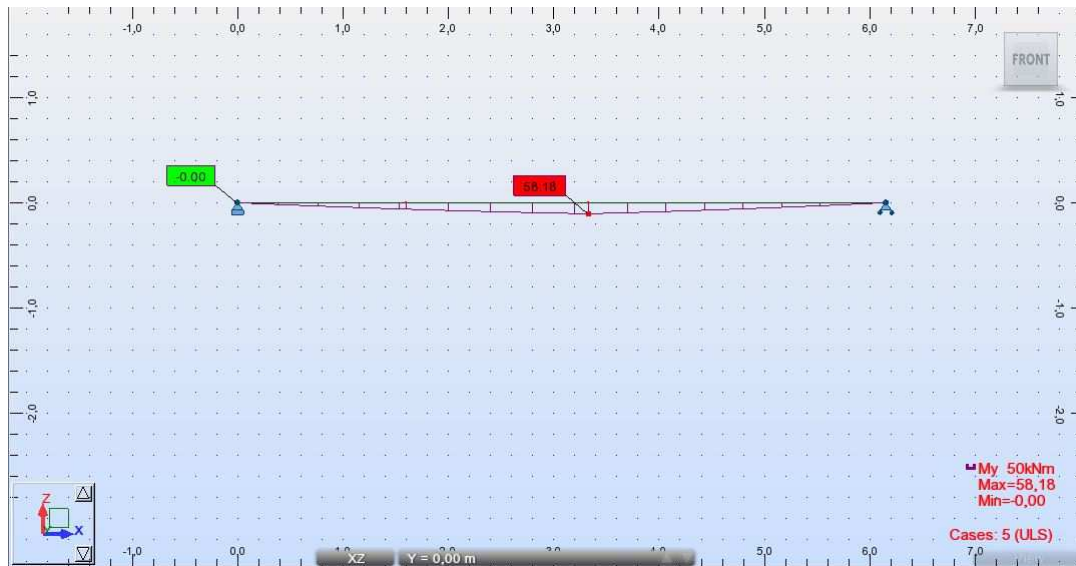
Talale tugevduse dimensioneerimine

Ristlõike vastupanumoment:

$$W_{kokku} = W_{tala} + 2 \cdot W_{tugevdus} = \frac{260^3}{6} + 2 \cdot \frac{100 \cdot 175^2}{6} = 3950167 \text{ mm}^3$$

Paindepinge:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{sd}}{W_{kokku}} = \frac{58,18 \cdot 10^6}{3950167} = 14,73 \frac{N}{\text{mm}^2}$$



Joonis 3.16. Laetala maksimaalne paindemoment kandepiirreisisundis

Tugevustingimus:

$$\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{14,73}{14,77} \approx 1$$

Kuna kõigi talade loodepoolsed otsad on mädanikukahjustusega, siis lõigatakse need otsad vajalikus ulatuses ära. Kui eemaldatav osa on kuni 0,6 meetrit toest, siis olemasolevat tala jätkama ei pea ja seinale jäävad toetama kaks tugevdustala. Talade otsad peavad vastu võtma vaid põikjõu.

Tugevdatud laetala kontroll läbipaindele

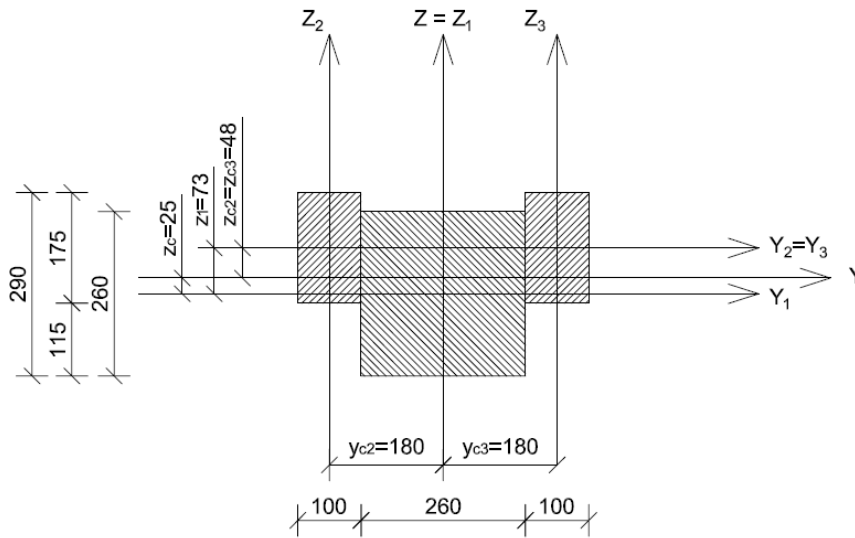
Tugevdatud vahelae omakaalukoormus (tabel 3.6): $g_k = 1,14 \text{ kN/m}$

Eluruumide kasuskoormus jooksvale meetrile: $q_k = 2,9 \text{ kN/m}$

Tala läbipainde lubatud piirväärtus:

$$w_{fin} \leq \frac{L}{200} = \frac{6150}{200} = 30,75 \text{ mm}$$

Liittala inertsimoment:



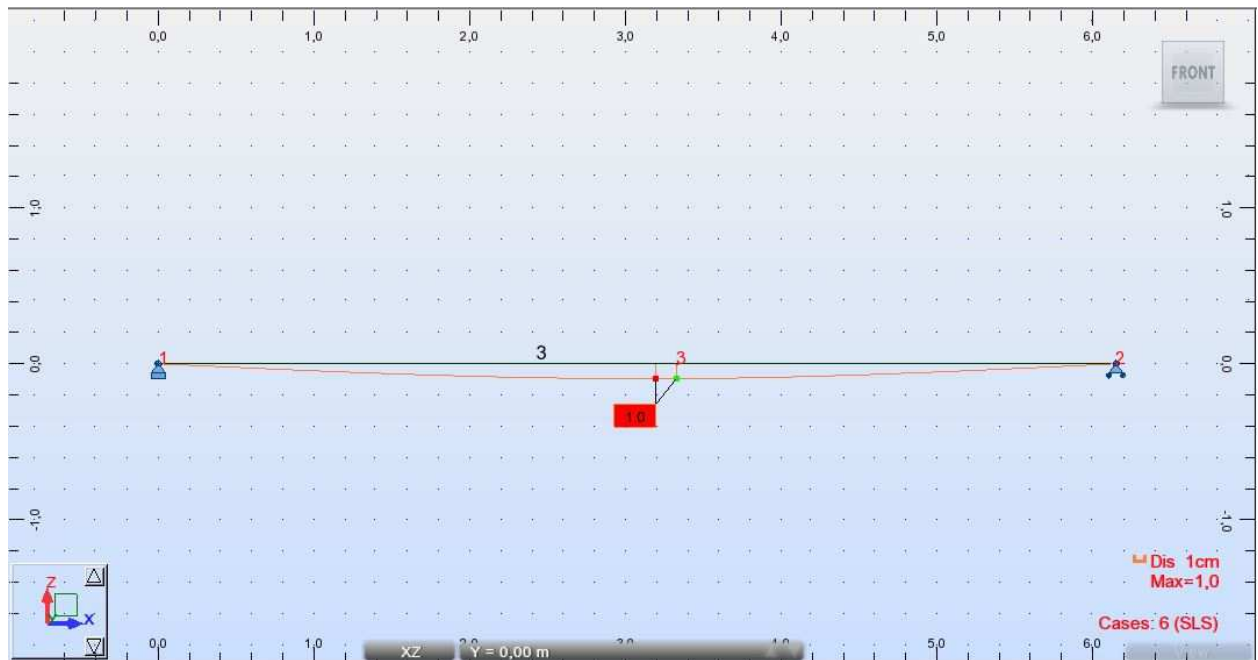
Joonis 3.17. Liittala ristlõige ja teljed

$$\begin{aligned}
 I_y &= \frac{b_1 \cdot h_1^3}{12} + \frac{b_2 \cdot h_2^3}{12} + y_{c2}^2 \cdot b_2 \cdot h_2 + \frac{b_3 \cdot h_3^3}{12} + y_{c3}^2 \cdot b_3 \cdot h_3 = \\
 &= \frac{260^4}{12} + \left(\frac{100 \cdot 175^3}{12} + 180^2 \cdot 100 \cdot 175 \right) \cdot 2 = 1,6 \cdot 10^9 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Postilt talale kanduv koormus F on leitud kasutuspiirseisundi koormuskombinatsioonis $1,0 \cdot \text{Omakaal} + 1,0 \cdot \text{Lumi 1} + 1,0 \cdot \text{Tuul 2}$.

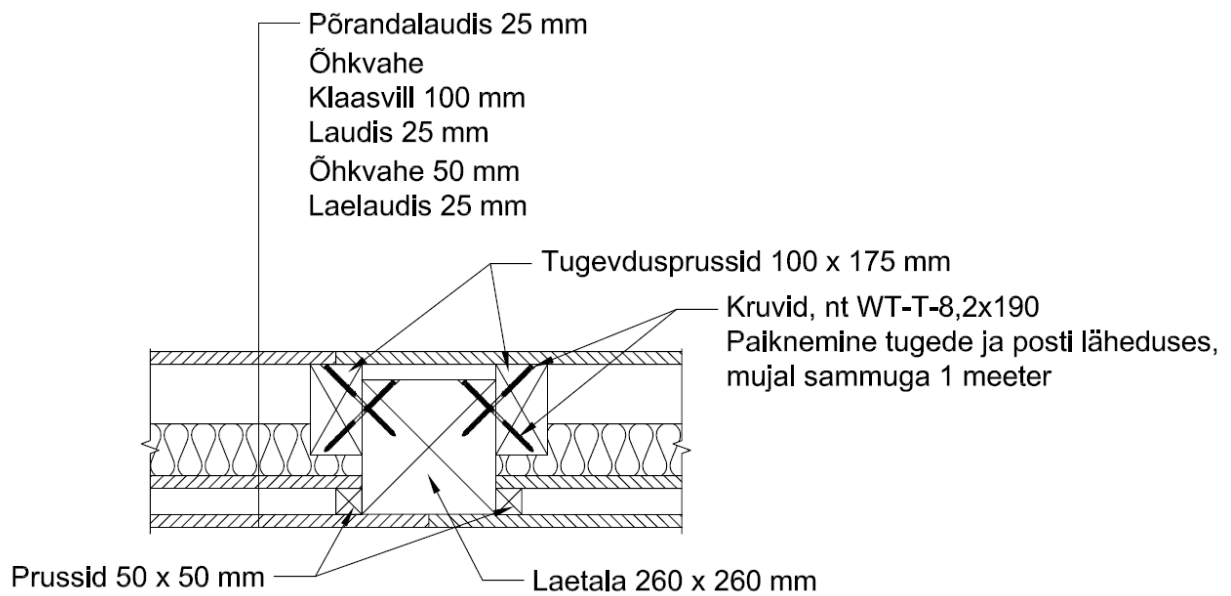
$$F = 20,24 \text{ kN}$$

Tugevdatud tala läbipaine on leitud Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2014 (tudengi versioon) abil, vt joonis 3.16.



Joonis 3.18. Tugevdatud tala läbipaine

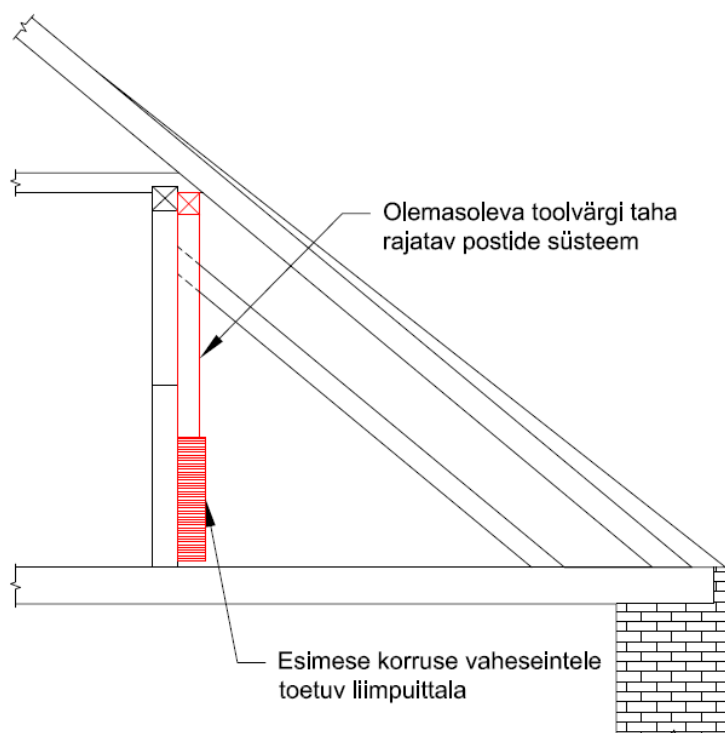
Jooniselt 3.16 järeldub, et tugevdatud tala läbipaine on 1 cm. See mahub lubatud läbipainde piiresse.



Joonis 3.19. Tugevdatud vahelae lõige

2. variant – katuse koormuse suunamine rajatava tugisüsteemi kaudu vaheseintele

Teist varianti sobib kasutada vanema hooneosa kagupoolsel küljel, kuhu planeeritakse pikk koridor, kust pääseb loodeküljele rajatavatesse ruumidesse. Olemasoleva toolvärgi taha sarikate alla on võimalik rajada uus postide süsteem, mis toetuks olemasolevate vahelaetaladega risti paigutatavale liimpuittalale. Liimpuittala omakorda toetuks esimese korruse vaheseintele. Toolvärgi tala lisatugevdamist ei vajaks, kuid vahelaelt tuleks eemaldada muldtäide ja asendada kergemaga. Selle variandi puhul jääksid olemasolev toolvärk ja vahelaetalad koormamata ning vahelaetalasid tugevdama ei peaks. Rajatav tugisüsteem on võimalik peita planeeritava koridori seina taha ja vana toolvärki saab soovi korral eksponeerida.



Joonis 3.20. Katuse koormuse suunamine rajatava tugisüsteemi kaudu vaheseintele

3.9 UUEMA HOONEOSA KATUSEKONSTRUKTSIOONI ARVUTUSED

3.9.1 Sarikas ilma diagonaaltoeta

Nõtkumine saab toimuda vaid z-telje sihis, kuna sarika ristlõike mõõtmed on mõlemas suunas ühesugused ja roov takistab y-telje suunas nõtkumist. Määravaks sai KK9.

Nõtkepikkus $l_{ef,z} = 1,0 \cdot l = 4431 \text{ mm}$

Inertsiraadius:

$$i_z = \frac{a}{\sqrt{12}} = \frac{180}{\sqrt{12}} = 52,0 \text{ mm}$$

Saledus:

$$\lambda_z = \frac{l_{ef,z}}{i_z} = \frac{4431}{52,0} = 85,2$$

Suhteline saledus:

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{85,2}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7400}} = 1,44$$

Nõtketegur k_c :

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{1,68 + \sqrt{1,68^2 - 1,46^2}} = 0,41, \text{ kus}$$

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1,46 - 0,3) + 1,46^2] = 1,65;$$

$$\beta_c = 0,2.$$

Survepinge ja paindepinge väärtused:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{c,d}}{A} = \frac{8,67 \cdot 10^3}{180 \cdot 180} = 0,27 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z} = \frac{4,89 \cdot 10^6}{972000} = 5,03 \frac{N}{\text{mm}^2}, \text{ kus}$$

$$W_z = \frac{a^3}{6} = \frac{180^3}{6} = 972000 \text{ mm}^3$$

Saleda varda surveel koos paindega suhtelise saleduse $\lambda_{rel} > 0,3$ puhul peab olema täidetud tingimus:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,27}{0,41 \cdot 14,54} + \frac{5,03}{16,62} = 0,35 < 1$$

Sarika kontroll nihkele

Ristlõike efektiivlaidus:

$$b_{ef} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 180 = 120,6 \text{ mm, kus}$$

tegur k_{cr} on saepuidu jaoks 0,67.

Põikjõud $V = 5,48 \text{ kN}$

Maksimaalne nihkepinge ristkülikristlõike puhul leitakse valemiga:

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot V}{b_{ef} \cdot h} = \frac{1,5 \cdot 5,48 \cdot 10^3}{120,6 \cdot 180} = 0,38 \frac{N}{mm^2} < f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{4,0}{1,3} = 2,77 \frac{N}{mm^2}$$

Nihkekandevõime on tagatud, kandevõimest on kasutatud 14%.

Kuna diagonaaltoega sarika ristlõikemõõtmed on samad, mis ilma toeta sarikal ning koormused sama suured, siis võib järeldada, et ka diagonaaltoega sarika kandevõime on tagatud.

3.9.2 Penn

Määravaks sai KK10.

Tõmbepinge ja paindepinge väärtused:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{F_{c,d}}{A} = \frac{5,42 \cdot 10^3}{180 \cdot 150} = 0,20 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z} = \frac{0,98 \cdot 10^6}{675000} = 1,45 \frac{N}{mm^2}, kus$$

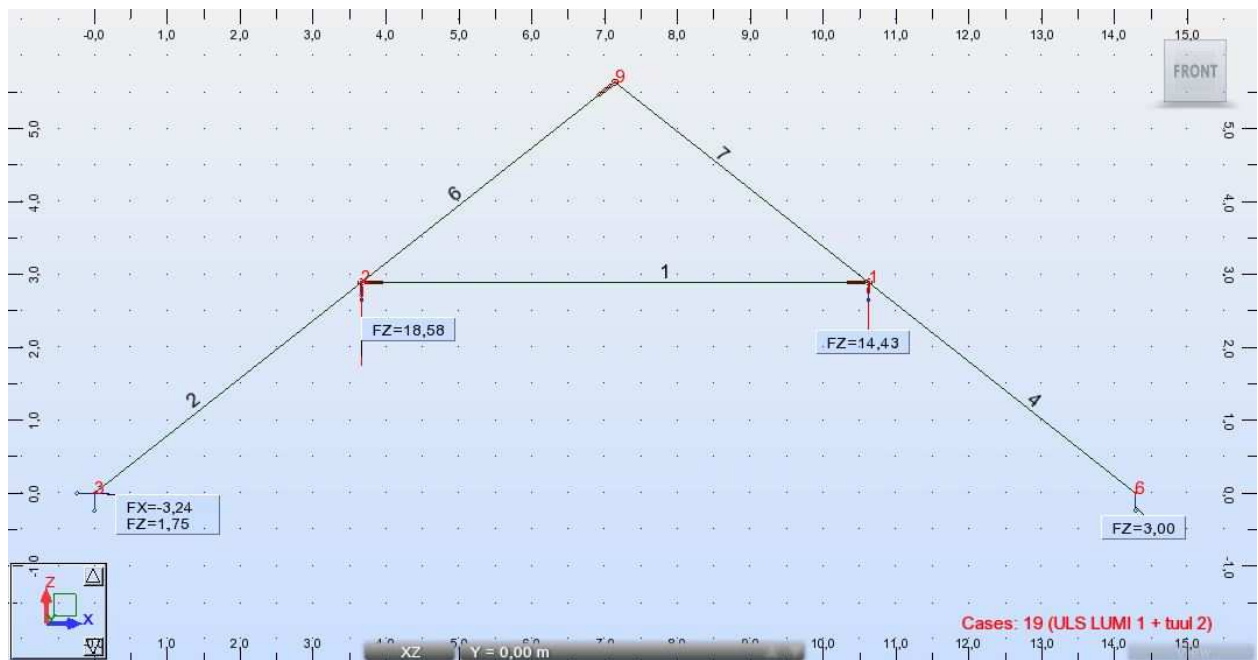
$$W_z = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{180 \cdot 150^2}{6} = 675000 \text{ mm}^3$$

Rahuldatud peab olema tingimus:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \frac{0,20}{9,69} + \frac{1,45}{16,62} = 0,12 < 1$$

3.9.3 Post

Määravaks sai KK10.



Joonis 3.21. Uuema hooneosa katusekonstruktsiooni toereaktsioonid

Nõtkepikkus $l_{ef,z} = 1,0 \cdot l = 2670 \text{ mm}$

Inertsiraadius:

$$i_z = \frac{a}{\sqrt{12}} = \frac{150}{\sqrt{12}} = 43,3 \text{ mm}$$

Saledus:

$$\lambda_z = \frac{l_{ef,z}}{i_z} = \frac{2670}{43,3} = 61,67$$

Suhteline saledus:

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{61,67}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7400}} = 1,05$$

Nõtketegur k_c :

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{1,13 + \sqrt{1,13^2 - 1,05^2}} = 0,65, kus$$

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1,05 - 0,3) + 1,05^2] = 1,13;$$

$$\beta_c = 0,2.$$

Survepinge ja paindepinge väärtused:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{c,d}}{A} = \frac{18,58 \cdot 10^3}{180 \cdot 150} = 0,688 \frac{N}{mm^2}$$

Saleda varda survele suhtelise saleduse $\lambda_{rel} > 0,3$ puhul peab olema täidetud tingimus:

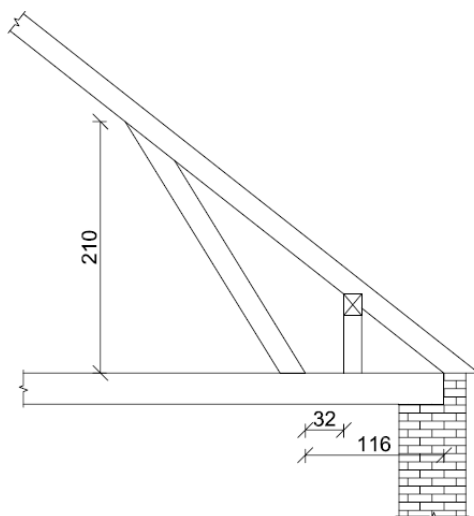
$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \frac{0,688}{0,65 \cdot 14,54} = 0,07 < 1$$

Posti kandevõime on tagatud.

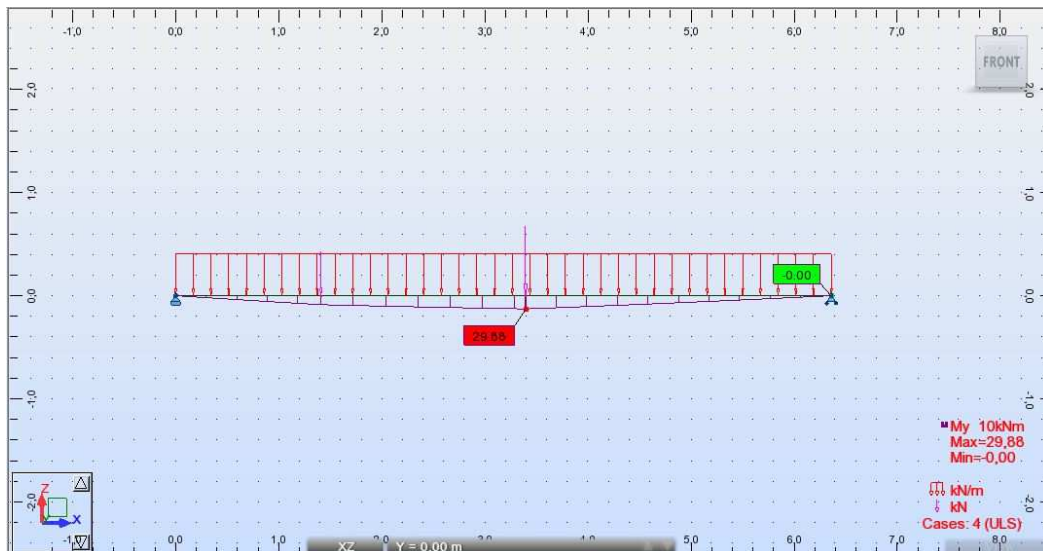
3.9.4 Vahelaetala

Laetala ristlõike mõõtmed on 200 x 260 mm.

Kaasaegsete normide järgi ei kannu laetala postilt tulevat koormust ja vahelaet omakaalukoormust. Kui vahelaelt täide eemaldada ja asendada klaasvillaga ning toestada kõik sarikad diagonaaltugedega, siis ei peaks olemasolevat tala tugevdama. Asendamist vajaksid vaid talade pehkinud kohad.



Joonis 3.22. Sarika diagonaaltugi, mõõdud on antud cm-tes



Joonis 3.23. Uuema hooneosa diagonaaltoega raami laetala maksimaalne paindemoment

Tala ristlõike vastupanumoment:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{200 \cdot 260^2}{6} = 2253333 \text{ mm}^3$$

Paindepinge:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{sd}}{W} = \frac{29,88 \cdot 10^6}{2253333} = 13,26 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Täidetud peab olema tingimus:

$$\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{13,26}{14,77} = 0,90 < 1$$

Kandevõimest on kasutatud 90%, kui vahelaelt on eemaldatud muldtäide ja igale sarikale paigaldatud diagonaaltugi.

4. PUITKONSTRUKTSIOONIDE BIOKAHJUSTUSED JA PROTEESIMINE

Puitmaterjali ohustavad mitmesugused biokahjustajad, millest üks olulisemaid on seened. Looduses esineb tuhandeid seeneliike, millest vaid mõnikümmend võib elutseda ka hoonetes. Vanades hoonetes on seentele sobivateks tingimusteks toidu (põhiliselt tselluloosi) ja niiskuse olmasolu ning siseõhu vähene liikumine. Mädanikseente vohamiseks on sobiv materjali niiskus vahemikus 20..120% ja õhutemperatuur vahemikus 0..40°C. [23]

Tapiku mõisa katusekonstruktsioonidest võeti proovitükke sarikatest ja laetaladest. Proovide analüüsimisel konsulteeriti TTÜ Materjaliuuringute Keskuse juhataja Urve Kallavusega.

Laetaladest võeti proove mädanikukoldest ning visuaalsel hinnagul kahjustamata alast. Visuaalselt kahjustamata proovis mädanikku ei leidunud, kuid mädanikukoldest võetud proovi puhul on tegemist pruunmädanikuga.

Pruunmädanik eelistab okaspuitu ja hävitab puidus tselluloosi. Pruunmädaniku tulemusena värvub puit helepruuni kuni tumepruuni värvuseni ja kuivades mureneb kuubikukujulisteks tükkideks. Kahjustunud puidu tugevus väheneb märkimisväärselt. [23]

Pruunmädaniku proovidel on murdejoon järsk ja murdepind sile, vt joonis 4.1.



Joonis 4.1. Pruunmädanikukahjustusega proovitükid vahelaetaladest

Laetalade puhul on biokahjustustega kohtade tugevdamislahendus järgmine:

1. Mädanenud osad tuleb eemaldada kuni 1 m ulatuses alates silmaga nähtavast kolde piirist.
2. Kui eemaldatav tala osa ei ulatu kaugemale, kui 0,6 m toest ja tala tugevdatakse lisaprussidega (hoone vanemas osas), siis ei tule eemaldatud osa asendada.
3. Laetalad, mis küll tugevdatakse prussidega, kuid mille mädaniku kolde piir on toest kaugemal, kui 0,6 m, tuleb asendada uutega.
4. Laetalade kaitsmine mädanikuvastaste kaitseainetega ei ole vajalik.

Laetalade proteesimisel ja asendamisel ei tohi kahjustada esimese korruse lage või hädavajadusel kahjustada nii vähe kui võimalik.

Sarikatest võetud proovid näitavad, et tegemist on pehmemädanikuga.

Pehmemädanikku tekitavad bakterid ja mitmed kottseened. Pehmemädanik vajab väga niisket elupaika ja toitub tselluloosist. Kahjustunud puit muutub kuivades rabadaks ja mädanik vähendab puidu tugevust oluliselt. [23]



Joonis 4.2. Pehmemädanikuga kahjustunud proovitükid sarikast

Proovid näitavad, et konstruktsioonid on olnud pikemat aega väga vahelduva niiskusesisaldusega.

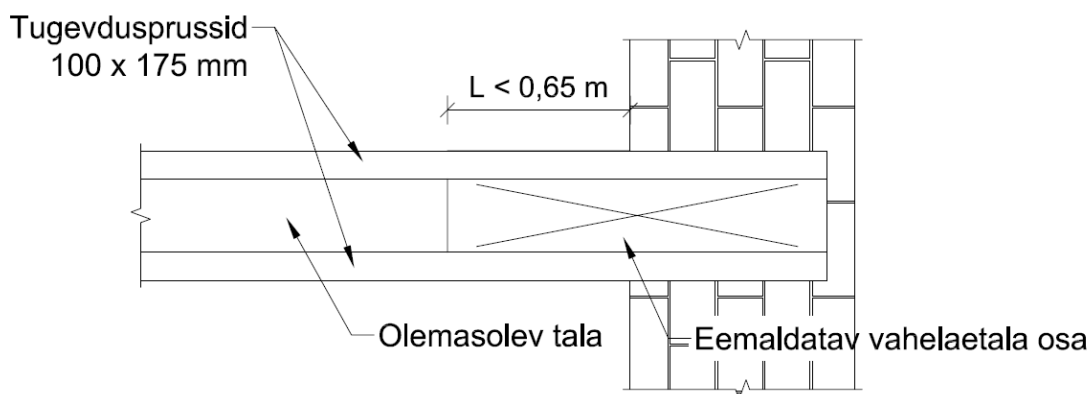
Sarikate mädanikukahjustusega osad tuleb eemaldada kuni 1 m ulatuses alates silmaga nähtavast kolde piirist. Samuti tuleb sarikad kindlasti töödelda mädanikuvastaste kaitsevahenditega.

Proteesimislahendused:

Kõik kahjustunud katusekonstruktsioonid tuleks olenevalt kahjustuse suurusest asendada või proteesida.

Vahelaetalade proteesimine:

1. Talad, mis tugevdatakse prussidega 100 x 175 mm, ei vaja tugedest 0,6 m ulatuses proteesimist. Olemasolevast talast eemaldatakse kahjustunud osa ja tugevdusprussid toetuvad seintele. Kui tala kahjustus ulatub kaugemale kui 0,6 m toest, siis tuleb asendada ka keskmine tala.
2. Talad, mida ei tugevdata, kuid mis on mädanikukahjustusega tuleks olenevalt kahjustuse ulatusest proteesida või asendada.



Joonis 4.3. Tugevdatud vahelaetala proteesimislahendus

Sarikate proteesimine:

Sarikate kahjustunud osad eemaldatakse ja asendatakse. Olemasolev ja asendatav sarika osa ühendatakse 45 x 175 mm ristlõikega 1 meetri pikkuste puitelementidega mõlemalt poolt. Puitelementide liitmiseks kasutatakse metallkinnitusi tugevusklassiga 8.8 ($f_u = 800 \text{ N/mm}^2$) läbimõõduga 12 mm (M12).

Seibi paksus: $0,3 \cdot d = 0,3 \cdot 12 = 3,6 \text{ mm}$

Seibi diameeter: $3 \cdot d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$

Poldi voolavuspiirile vastav paindemoment:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 12^{2,6} = 1,535 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Muljumistugevused (augud on ette puuritud):

$$f_{h,1,k} = f_{h,2,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 350 = 25,26 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Poltide normkandevõime ühe kinnituselemendi ühe nihkepinna kohta leitakse kahelõikelse liite korral minimaalse väärtusena järgnevatest valemitest:

1. $f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d = 25,26 \cdot 45 \cdot 12 = 13,64 \text{ kN}$

2. $0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d = 0,5 \cdot 25,26 \cdot 180 \cdot 12 = 27,28 \text{ kN}$

3. $1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] =$

$$= 1,05 \cdot \frac{25,26 \cdot 45 \cdot 12}{2 + 1} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot 1 \cdot (1 + 1) + \frac{4 \cdot 1 \cdot (2 + 1) \cdot 1,535 \cdot 10^5}{25,26 \cdot 12 \cdot 45^2}} - 1 \right] =$$

$$= 7,86 \text{ kN} \rightarrow \text{min}$$

4. $1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{1 + 1}} \cdot \sqrt{2 \cdot 1,535 \cdot 10^5 \cdot 25,26 \cdot 12} =$

$$= 11,09 \text{ kN}$$

$$\text{kus } \beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = 1$$

Seega:

$F_{v,Rk,min} = 7,86 \text{ kN}$ ja arvutuslik kandevõime kinnituselemendi ühe lõikepinna kohta on:

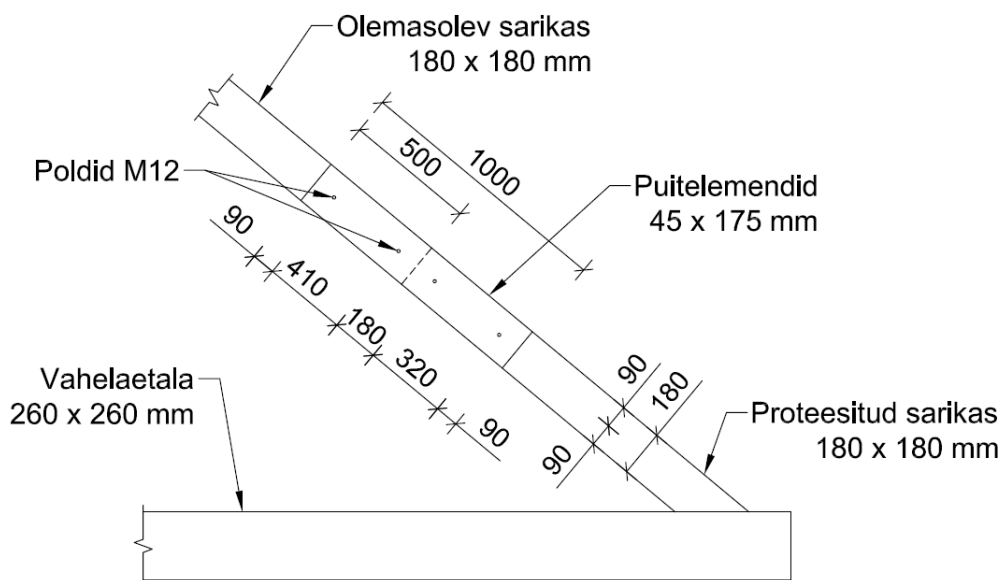
$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk,min}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{7,86}{1,3} = 5,44 \text{ kN}$$

Efektiivne poltide arv:

$$n = \frac{F_{t,0,d}}{F_{v,Rd}} = \frac{10,71}{5,44} = 1,97 \rightarrow 2 \text{ polti}$$

Poltide paigutus:

Pikikiudu	$a_1 = (4 + \cos\alpha) \cdot d = (4 + 1) \cdot 12 = 60 \text{ mm}$
Koormatud otsast	$a_{3,t} = 7 \cdot d = 7 \cdot 12 = \underline{84 \text{ mm}}$ / $a_{3,t} = 80 \text{ mm}$
Koormamata servast	$a_{4,c} = 3 \cdot d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$



Joonis 4.4. Sarika proteesimise liide

5. ARUTELU JA ETTEPANEKUD

Katusekonstruktsioonid on rahuldavas seisus, vaatamata sellele, et hoone on 40 aastat seisnud tühjana. Vanema hooneosa katusekonstruktsioonid on üldiselt paremas seisukorras kui uuemas hooneosas. See võib olla tingitud sellest, et vanema hooneosa ehitamise ajal kasutati ehitamisel hoolikamalt valitud puitmaterjali.

Katusekonstruktsioonid on võimalik viia Eurokoodeksi järgsele turvalisuse tasemele. Laetalade vahelt tuleb selleks eemaldada täide ja see võib mõjutada vahelae helipidavust. Sellega tuleks restaureerimistöode käigus arvestada, kasutades helipidavuse tagamiseks kerge kaaluga vahekihte.

Võib küsida, et kas muinsuskaitse aluse hoone konstruktsioonid tuleb viia vastavusse euronormidega. Kuna soov on kohandada hoone majutushooneks, kus viibivad pidevalt hoonet mittetundvad inimesed, kelle turvalisuse eest hoone omanik sel juhul vastutab, siis ei ole kindlasti õigustatud euronormidest väiksema turvalisusetaseme kasutamine.

Samuti on euronormidega vastavusse viimine tõenäoliselt vajalikuks eelduseks toetuste saamiseks Euroopa fondidest.

Hoonele on võimalik panna kivikatus sarikaid ja toolvärke tugevdamata.

Katusekorruse saab majutusruumideks kohandada, tugevdades vahelaetalasid ja eemaldes vahelaelt muldtäite. Muldtäite eemaldamine vähendab vahelae omakaalu märgatavalt. Hoone vanemas osas on hetkeolukorras vahelae omakaal 6,27 kN/m, ilma muldtäiteta ja 100 mm-se klaasvillakihiga oleks see 1,14 kN/m. Kahjustunud konstruktsioonid tuleb olenevalt kahjustuse ulatusest tervenisti asendada või vajalikus ulatuses proteesida. Proteesimislahendused on toodud peatükis 4.

Kuna tegemist on muinsuskaitsealuse hoonega, siis vahelae tugevdades ei tohi rikkuda esimese korruse lagesid. Sel põhjusel ei tohi lükata sirgeks ka olemasolevaid läbivajunud vahelaetalasid. Põranda horisontaalsus tagatakse tugevdusprusside horisontaalsusega.

Hoone vahelae on kohti, mis on varisemisohhtlikud, seetõttu tuleb seal liikudes olla eriti ettevaatlik.

Katusekorruse väljaehitamise ja soojustamisega muudetakse oluliselt sarikate niiskusrežiimi. Samuti kasutatakse proteesimisel uut puitu, mis võib soodsate tingimuste korral põhjustada mädaniku levimist sinna. Seetõttu tuleb nii uued kui ka vanad allesjäävad sarikad ja roovid töödelda mädanikuvastase kaitsevahendiga.

Hoone korrastamist tuleks alustada katusekatte vahetusega. Seda tuleks teha võimalikult kiiresti, et vältida katusekatte edasisest lagunemisest tingitud täiendavaid kahjustusi. Magistritöö kirjutamise ajal olid suuremad läbijooksud katusekattest ajutiste lahendustega välditud.

Magistritöö tulemusena saab teha järgnevad ettepanekud hoone katusekorruse tugevdamiseks:

1. Sarikate ja laetalade puhul tuleb mädanenud kohad proteesida;
2. Täielikult hävinud puitkonstruktsioonid tuleb asendada;
3. Hoone vahelae koormuse vähendamiseks tuleb eemaldada täide;
4. Vanema hooneosa katuselt tuleva koormuse vähendamiseks tuleb:
 - a) loodepoolses osas panna toolvärgi kohal iga sarika alla post,
 - b) kagupoolses osas paigaldada olemasoleva toolvärgi asemele vaheseintele toetuv liimpuittala ja postid;
5. Uuema hooneosa katuselt tuleva koormuse vähendamiseks tuleb paigaldada iga sarika alla diagonaaltugi;
6. Vanema hooneosa loodepoolsed vahelaetalad tuleb tugevdada lisaprussidega kogu tala pikkuses.

KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö tulemusena kirjeldati Tapiku mõisa peahoone üldist tehnilist seisukorda hooneosade kaupa, hinnati katusekonstruktsioonide seisukorda ja pakuti välja tugevduslahendused, pidades silmas katusekorruse kohendamist majutusruumideks ja katusekatte asendamist kiviga.

Arhiivmaterjalidest selgus, et poolkelpkatusega ühekorruseline mõisahooneline on ehitatud kahes etapis: vanema hooneosa valmimisaastaks võib lugeda 1842. aastat ja uuema osa puhul 1902. aastat. Alates 1926. aastast tegutses hoones kool ja sellega seoses on tehtud mõningaid ümberehitusi. Hoone on 1974. aastast olnud kasutuseta.

Töö käigus leiti hoonest mitmeid kultuuriväärtuslikke detaile. Nende hulgas on nt keerdtrepp, glasuurpottidest ahjud ning uste ja akende detailid.

Hoone hetkeolukorda vaadeldes ja analüüsides selgus, et katusekonstruktsioonid on saanud kohati tugevaid niiskuskahjustusi katusekatte läbijooksude tõttu. Visuaalse vaatluse käigus selgitati välja ja kaardistati avariilised katuse- ja vahelaekonstruktsioonid.

Magistritöö tulemusena selgus, et katusekorruse kohendamisel majutusruumiseks tuleb olemasolevaid vahelaetalasid tugevdada või jaotada katuselt tulev koormus kõigile laetaladele või vaheseintele. Vahelaelt tuleb eemaldada muldtäide. Kivikatuse võib paigaldada hoonele ilma katusekonstruktsioone tugevdamata. Kahjustunud konstruktsioonid tuleb eelnevalt asendada või vajalikus ulatuses proteesida.

Tehtud uuringu põhjal on magistrant välja toonud võimalikud tugevdus- ja proteesimislahendused katusekorruse konstruktsioonidele.

Autori arvates on positiivne, et Tapiku mõis on saanud endale omaniku, kes soovib hoonet restaureerida ja kasutusele võtta.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Praust, V. Viljandimaa mõisad. Tallinn: Tänapäev, 2010.
2. Eesti mõisaportaal. Eesti mõisate lühiajalugu [WWW]
<http://mois.ee/ajalugu/> (01.06.2014)
3. ERA.T-76.1.10436 – Mõisate ülevaated (1976-1978): Kaave mõis
4. ERA.T-76.1.10436 – Mõisate ülevaated (1976-1978): Pajusi mõis
5. Maa-amet. Geoportaal [WWW]
<http://geoportaal.maaamet.ee/> (01.06.2014)
6. Stryk, L. Beiträge zur Geschichte der Rittergüter Livlands, Bd.: 1, Der ehstnische District. Dorpat, 1877. [online] Bayerische Staatsbibliothek (01.06.2014)
7. Kultuurimälestiste riiklik register. Veljo Ranniku fotokogu [WWW]
<http://register.muinas.ee> (01.06.2014)
8. Harpe, E., Wahl, D. Erlebtes Livland : Die Familie v. Wahl 1795-1993. Weissenhorn: A.H. Konrad, 1995.
9. Rahvusarhiivi haldusüksuste andmebaas [WWW]
<http://www.eha.ee/labs/haldusyksused/index.php/home> (01.06.2014)
10. ERA.1108.13.662 – Pajusi vald, Tapiku algkool
11. Vanade fotode veebikeskkond vanadpildid.net [WWW]
<http://www.vanadpildid.net/> (01.06.2014)
12. Viru, R. Läbi paeselt halli argipäeva ... : Pajusi valla lood. Põltsamaa : Vali Press, 2006.
13. Riigi Teataja. Kultuurimälestiseks tunnistamine. 12.08.1999 nr 18 [WWW]
<https://www.riigiteataja.ee/akt/91746> (01.06.2014)
14. ERA.T-76.1.15858 – Tapiku mõis. Inventariseerimine
15. EAA.1405.1.178 – Tapiku mõisa maade kaart
16. EAA.2059.1.415 – Gut Tappik
17. Ehitismälestise seisukorra hindamise kriteeriumid [WWW]
<http://www.muinas.ee/> (01.06.2014)

18. EVS-EN 1995-1-1:2007. Eurokoodeks 5: Puitkonstruktsioonide projekteerimine. Osa 1-1: Üldist. Üldreeglid ja reeglid hoonete projekteerimiseks.
19. EVS-EN 1990:2002+NA:2002. Eurokoodeks. Ehituskonstruktsioonide projekteerimise alused.
20. EVS-EN 1991-1-3:2006+NA:2006. Eurokoodeks 1: Ehituskonstruktsioonide koormused. Osa 1-3: Üldkoormused. Lumekoormus.
21. EVS-EN 1991-1-4:2005+NA:2007. Eurokoodeks 1: Ehituskonstruktsioonide koormused. Osa 1-4: Üldkoormused. Tuulekoormus.
22. EVS-EN 338:2009. Ehituspuit. Tugevusklassid.
23. Loit, M. Kirikute hooldusraamat [Võrguteavik]. Muinsuskaitseamet, 2007 [WWW] http://www.muinas.ee/files/Kirikute%20hooldusraamat_.pdf (01.06.2014)

LISAD

Joonis 1 – Mõisahoonet vanema hooneosa katusekorruse lõige

Joonis 2 – Mõisahoonet uuema hooneosa katusekorruse lõige

Mõisahoonet vahelaetade kahjustused

Mõisahoonet katusekonstruktsioonide kahjustused

Tapiku mõisahoonet põhiplaan 1952. aastast

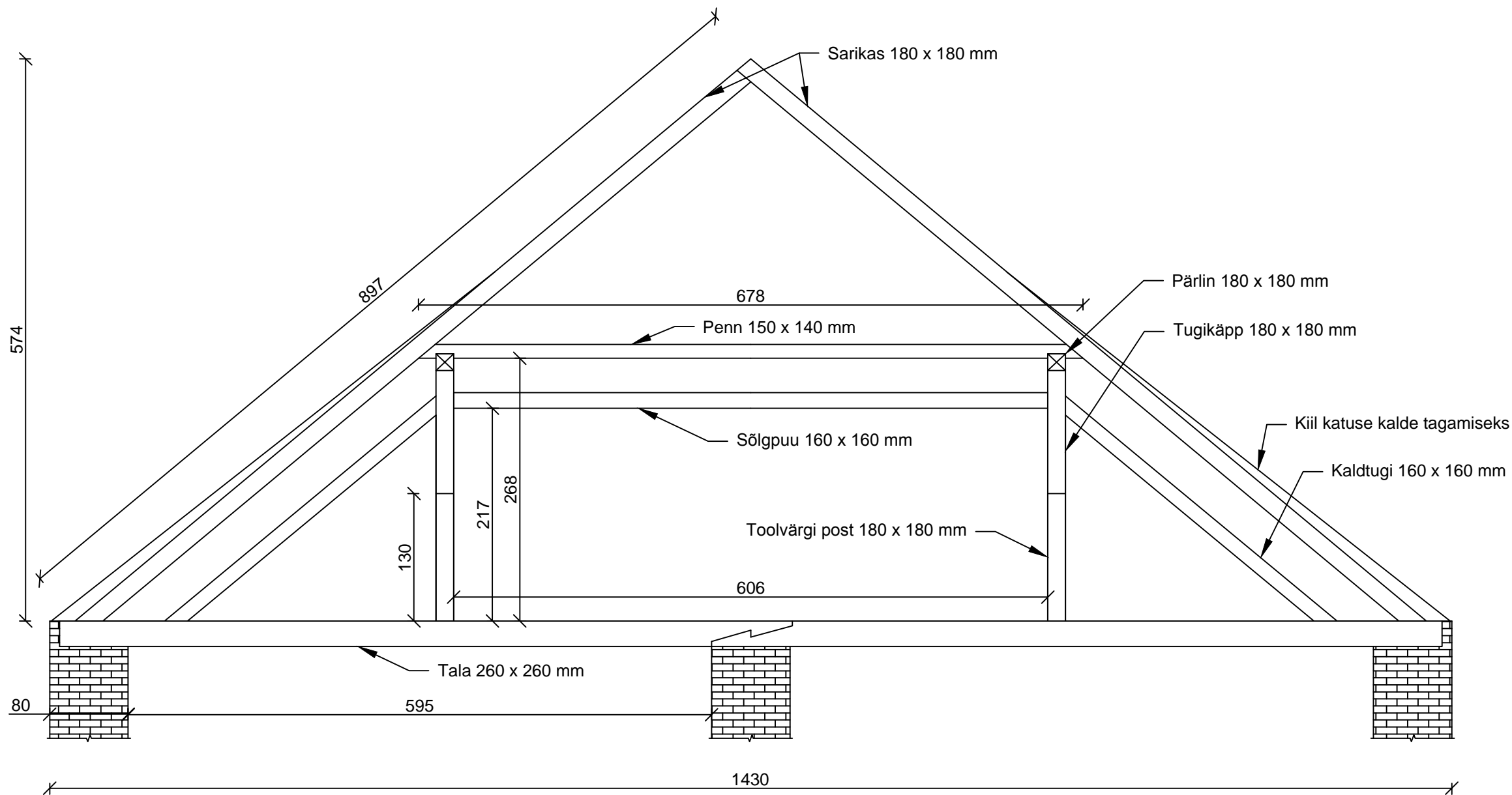
Tapiku mõisahoonet numeratsiooniga põhiplaan

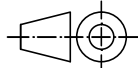
Tapiku mõisahoonet vaade 1952. aastast

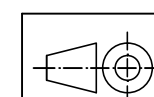
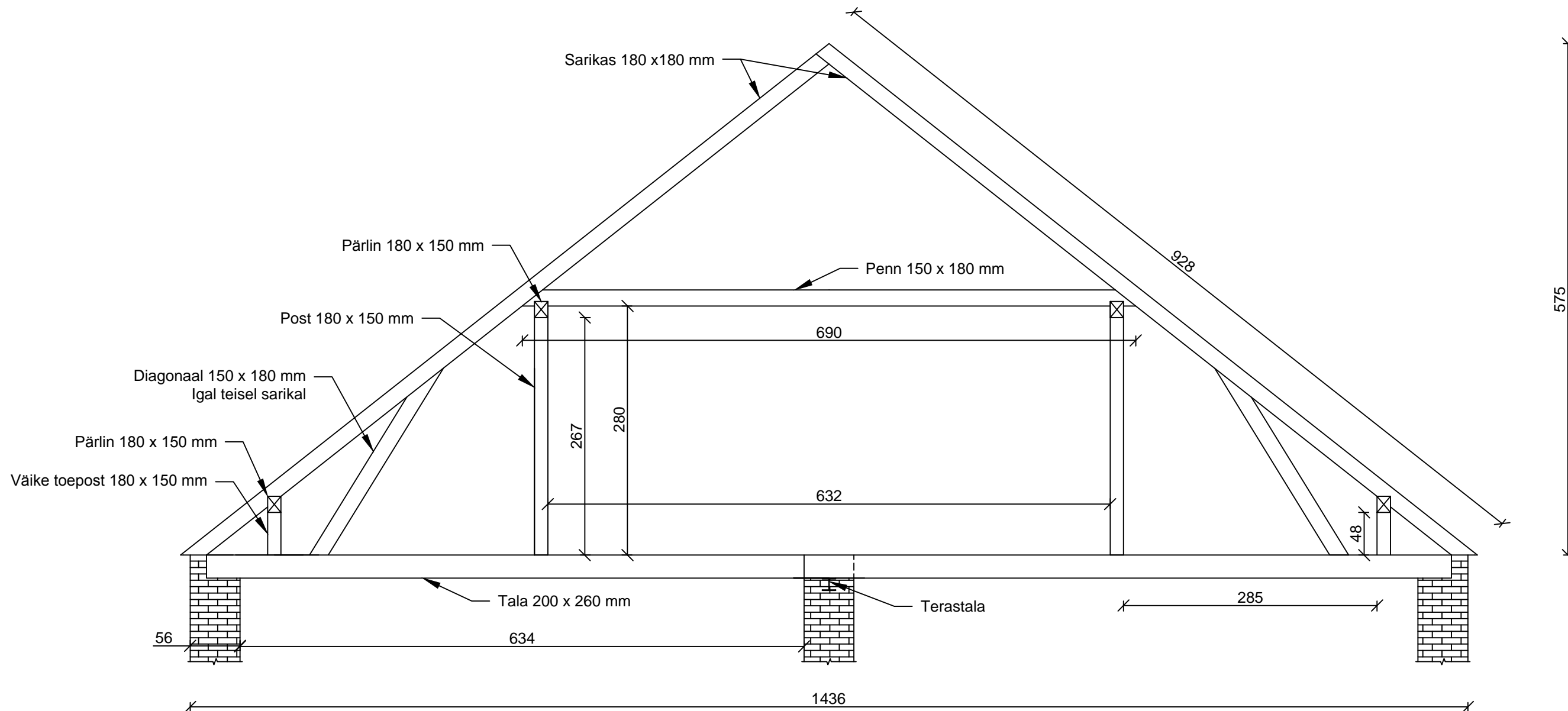
Tapiku mõisahoonet põhiplaani 1936. aastast I osa

Tapiku mõisahoonet põhiplaani 1936. aastast II osa

Muinsuskaitseameti ehitiste tehnilise seisukorra hindamise kriteeriumid



	Tellija:			Objekt:		
				Tapiku mõisa peahoone		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	Nimetus:		
Koostas	K.Lainemäe		30.05.14	Vanema hooneosa katusekorruse lõige		
Juhendas	A.Just			Leht	Lehti	Möötkava
TTÜ Tartu Kolledž				1	2	1:50



Tellija:

Objekt:
Tapiku mõisa peahoone

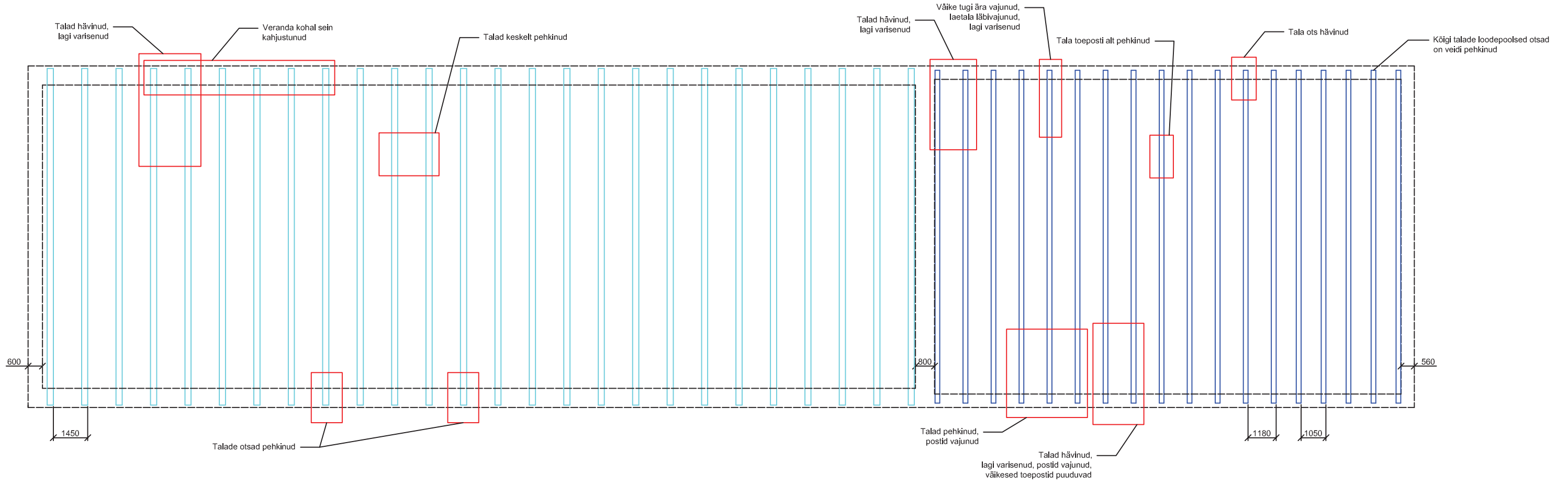
	Nimi	Allkiri	Kuupäev
Koostas	K.Lainemäe		30.05.14
Juhendas	A.Just		

Nimetus:
Uuema hooneosa katusekorruse lõige

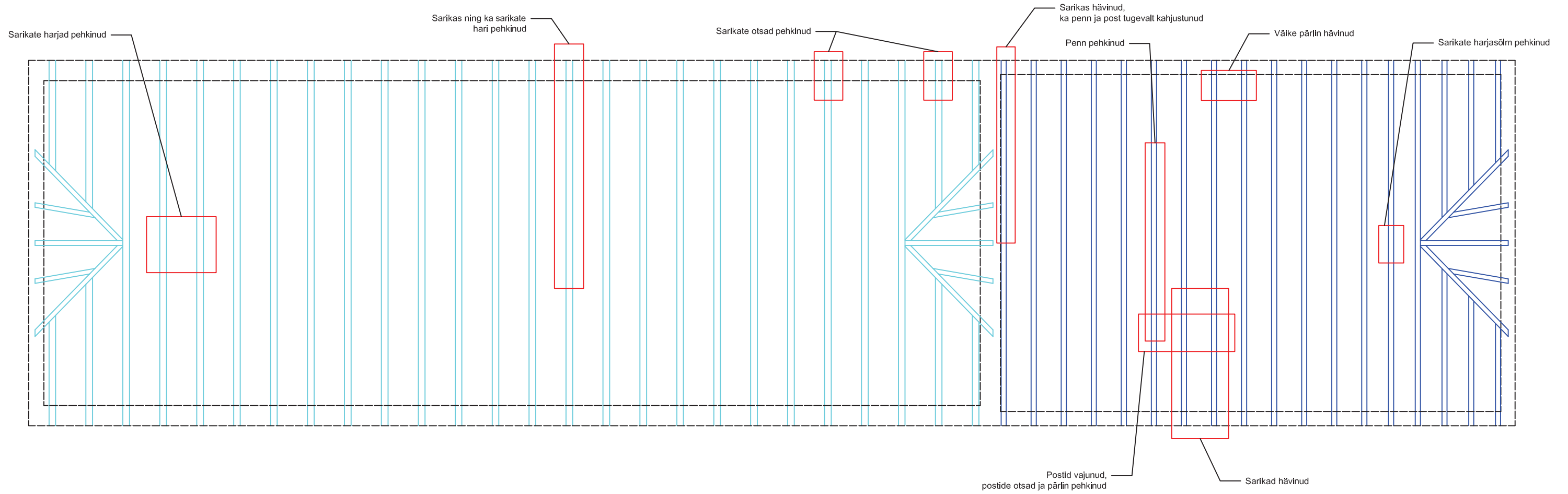
TTÜ Tartu Kolledž

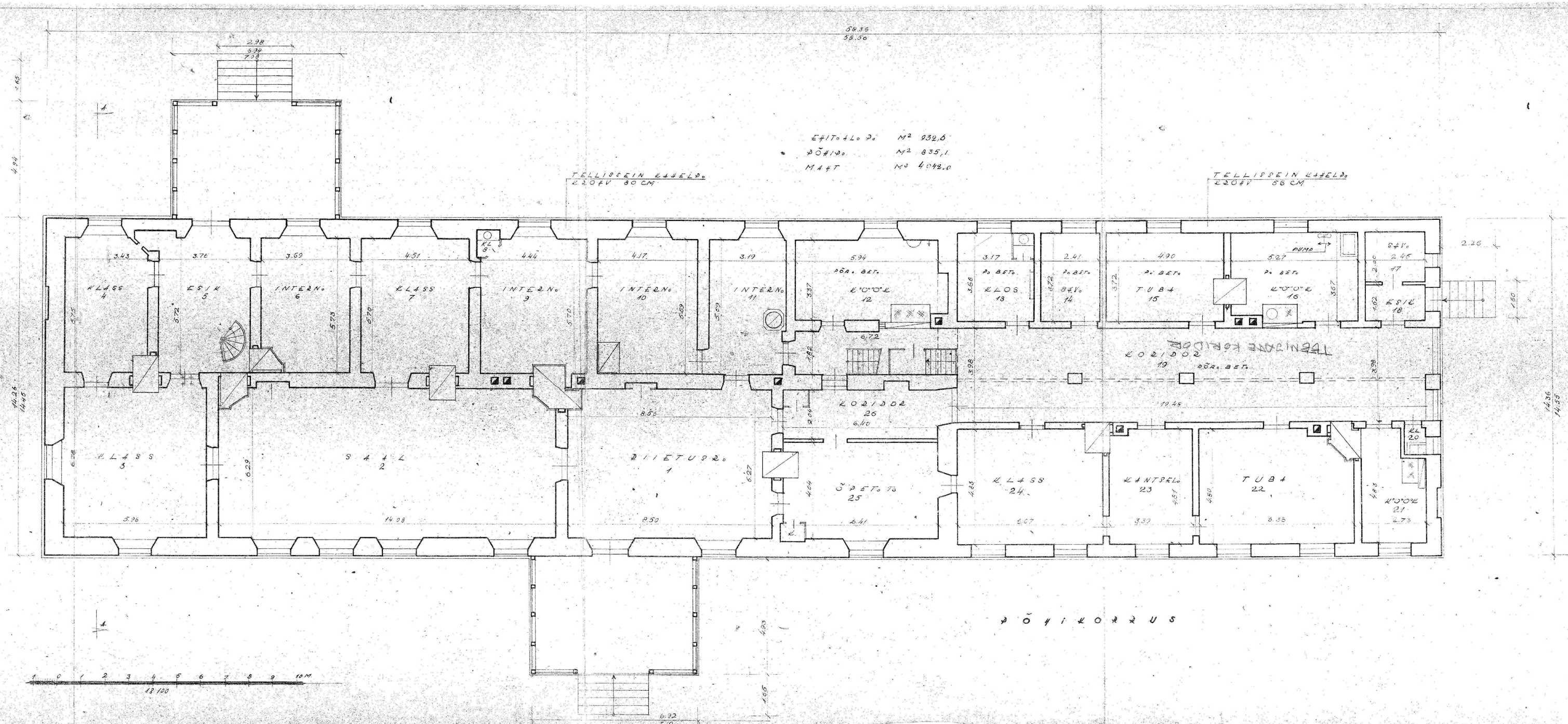
Leht	Lehti	Möötkava
2	2	1:50

Vahelaetalade kahjustused

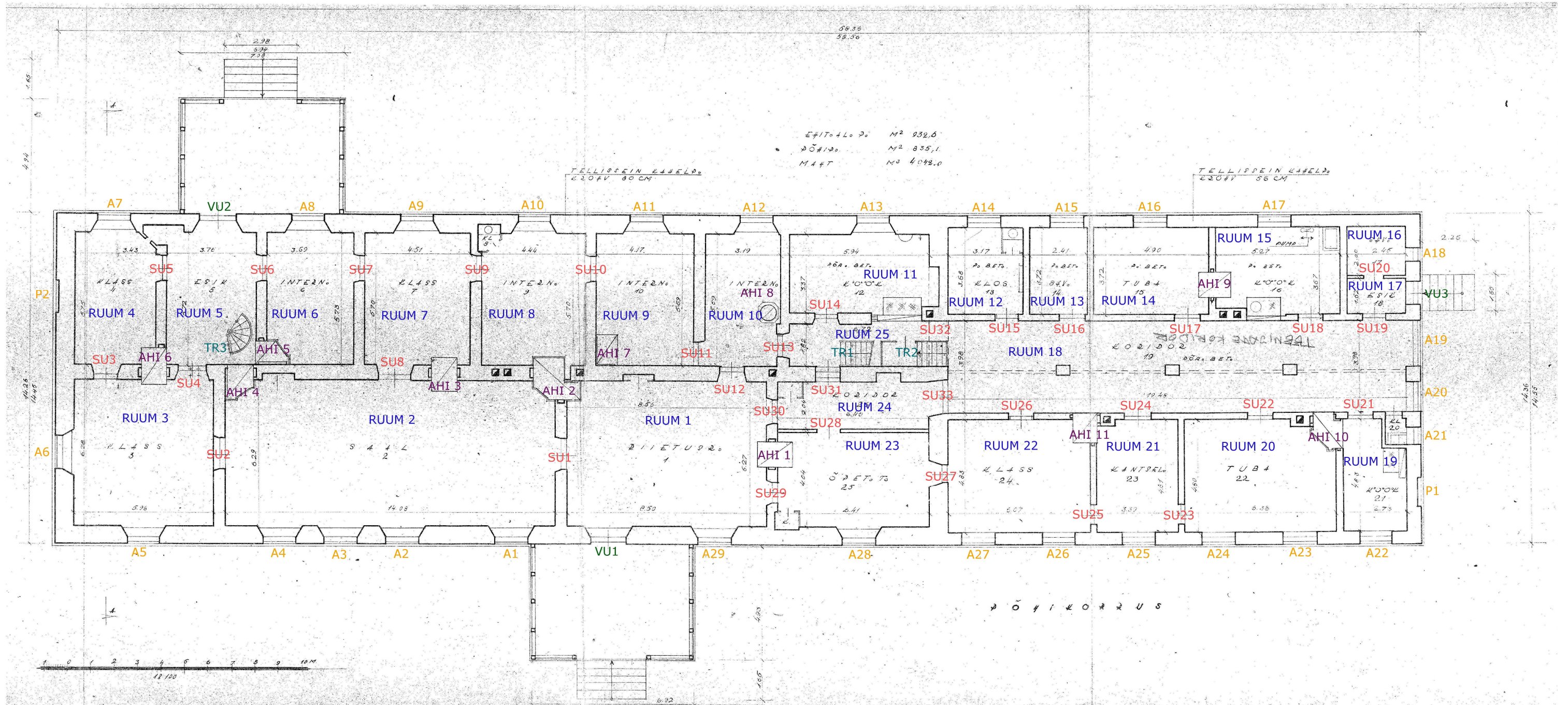


Katusekonstruktsioonide kahjustused





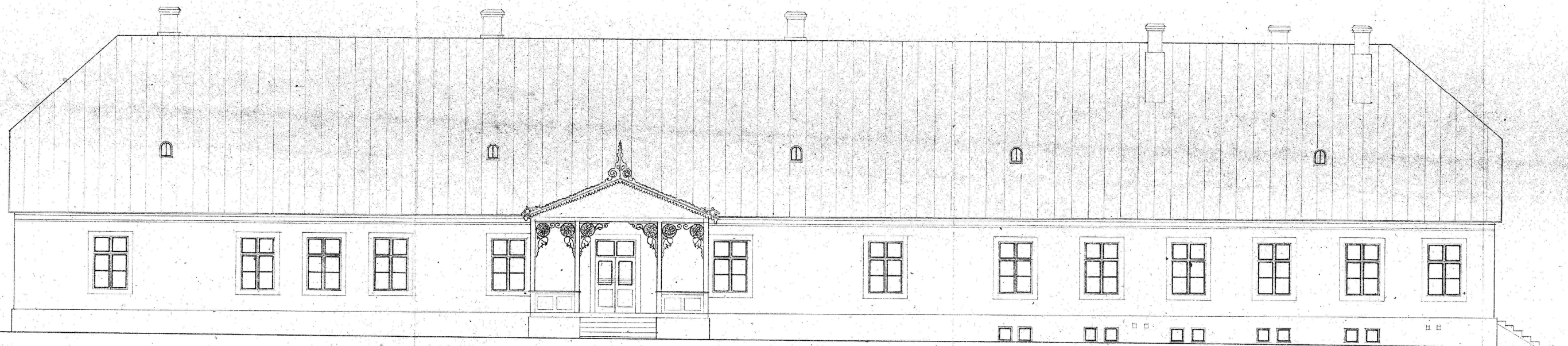
Tapiku mõisahoone numeratsiooniga põhiplaan



Tapiku mõisahoone vaade kagufassaadile 1952. aastast
ERA.T-76.1.15858

Tapiku mõisahoone kagufassaad

9

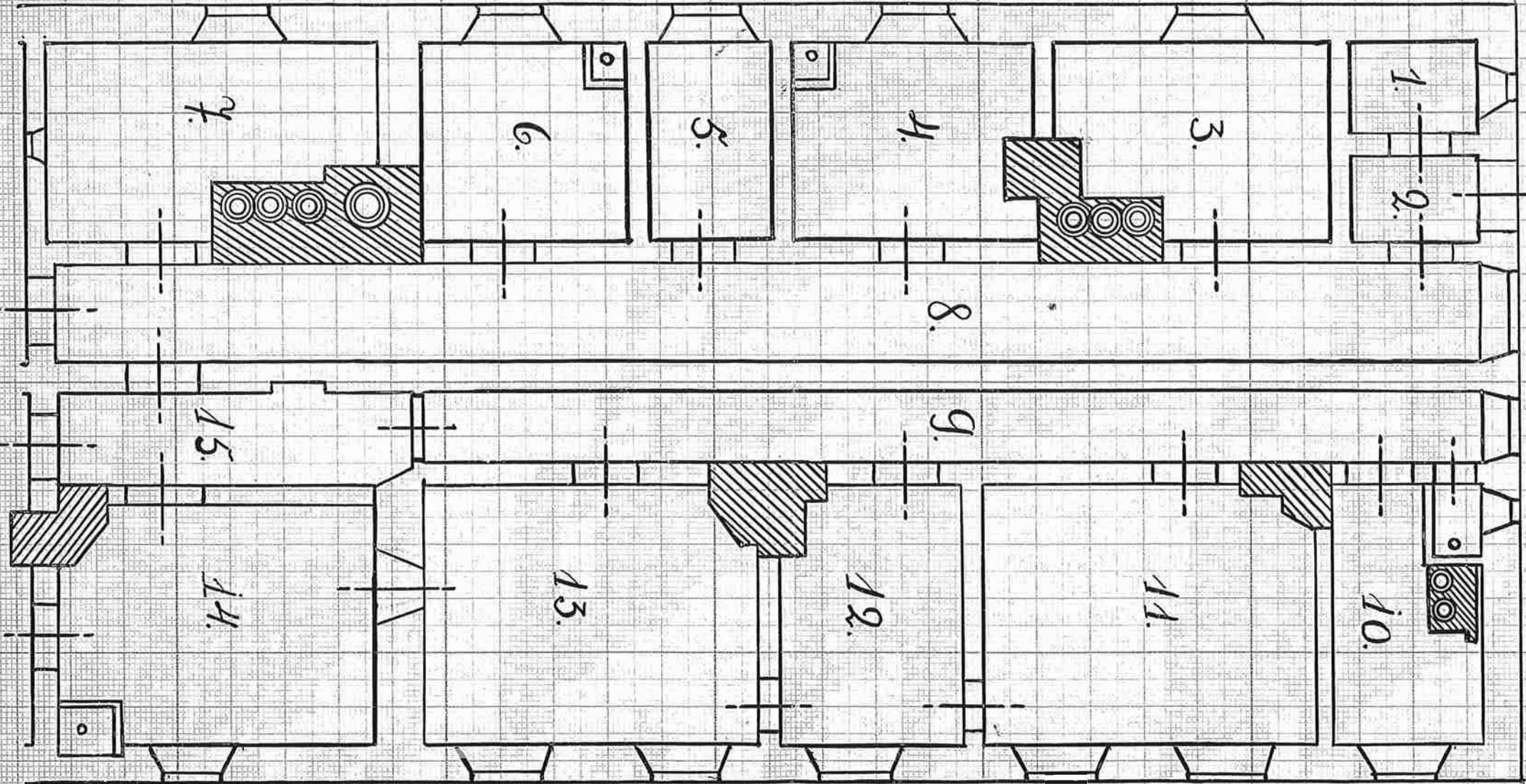


ENSV Riiklik Ehituskomitee
Kaitse- ja Arhitektuuriosakond
Projektantside Instituut
Tallinn, Lääne-Si. Arhiv nr. M-1386

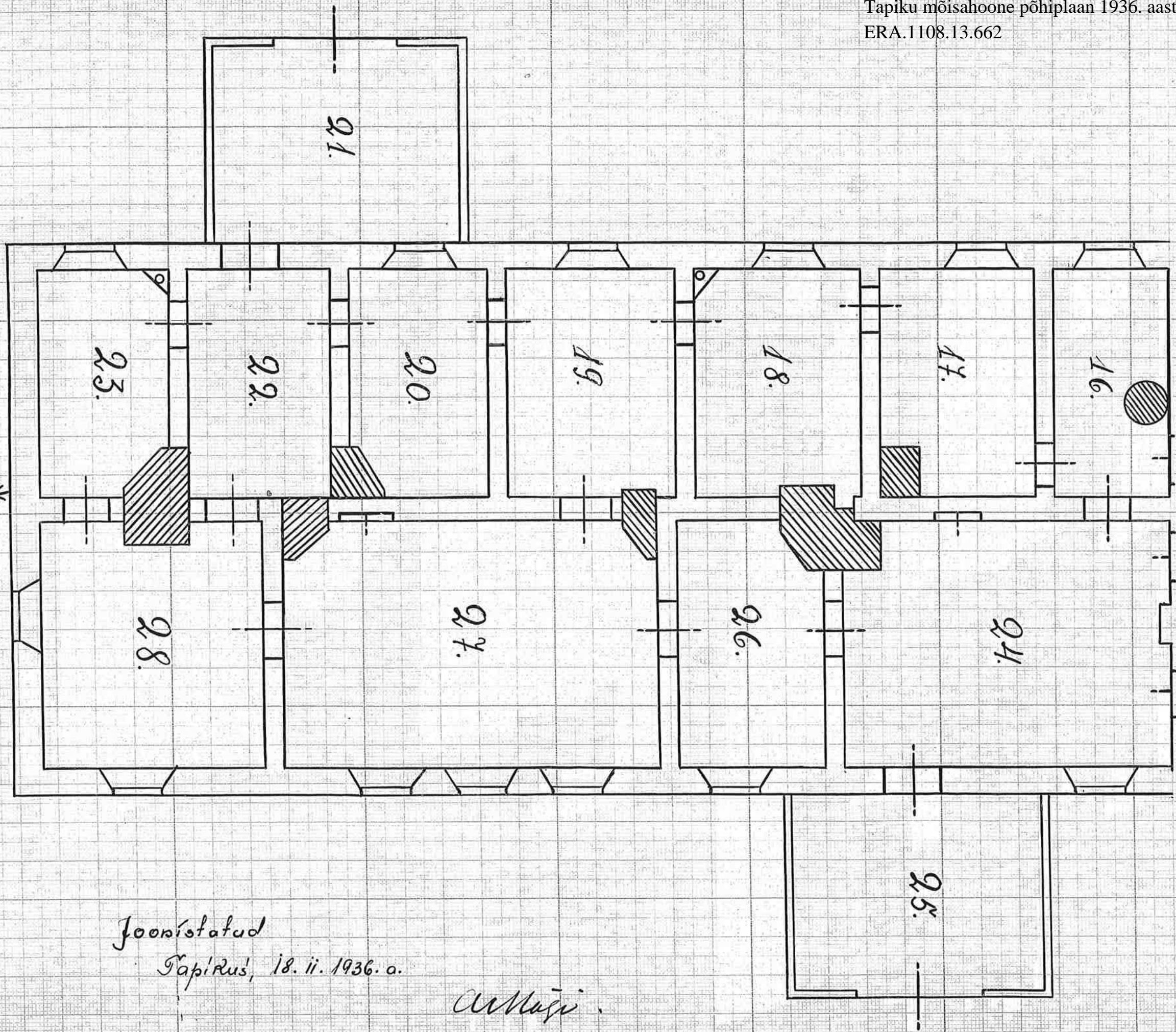
V A A D E

Tapiku valla Tapiku alg-
kooli, õhijamäeal,

Põhiplaan.



SAADUD
19.XI.1936
VILJANDI MAVALITSUSE
OSK. N. 1936



1
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
mestaf.

Mast: 1:100.

Joonistatud
Tapirus, 18. ii. 1936. a.

Ullasi

Ehitiste tehnilise seisukorra kriteeriumid

Hinnang	HEA	RAHULDAV	HALB	AVARIILINE
Hoone osad	4	3	2	1
Vundamendid Keldriseinad Sokkel	tehniliselt heas korras olevad	üksikud ebaolulised praod, deformats.	ebaühtlased deformatsioonid	avariilised deformatsioonid
Seinad	tehniliselt heas korras olevad	viimistluse osaline kahjustus	deformatsioonid, kõdukolded	avariilised deformatsioonid
Vahelaed	tehniliselt heas korras olevad	vähesed läbivajumised	suured läbivajumised, kõdukolded	avariilised deformatsioonid
Põrandad	tehniliselt heas korras olevad	osaline kulumine	amortiseerunud	-----
Trepid	tehniliselt heas korras olevad	osaline kulumine	amortiseerunud	ei ole kandevõimeline
Avatäited	tehniliselt heas korras olevad	ebakorrapärane hoold.	osaliselt amortiseerunud	täiesti amortiseerunud, puuduvad
Katuse kande- konstruktsioon	tehniliselt heas korras olevad	vähesed läbivajumised	ebaühtlased deformatsioonid	avariilised deformatsioonid
Katusekate	vettpidav, kindlust. vihmavee äravool	vettpidav, ebakorrapärane hooldus	katusekate amortiseerunud, üksikud ajutised läbijooksud, mis ei kahjusta oluliselt kandekonstruktsioone	suured sadevete läbijooksud, kandekonstruktsioonides on hakanud ilmne deformatsioonid
Küttekolded korstnad	korras	ebakorrapärane hoold.	osaliselt amortiseerunud, vajavad remonti	reaalne tulekahju tekkeoht, eiratakse tuleohutuse eeskirju
Sadevete äravool	kindlustatud korralik vihmavee äravool	hooldamata vihmaveerennid	puuduvad vihmaveetorud ja -rennid, karniisiplekid	Vihmaveed kahjustavad oluliselt fassaade, seinakonstruktsioone
Kasutamisiis	heaperemehelik kasutusviis	kasutamata, valvatud, avad suletud	kasutamata, sageli sissemurdmised, avad korduvalt sulgemata	Hoone võõrastele avatud. Hoone tuleohtlikku rämpsu täis. Toimuvad rüüstamised
Siseviimistlus	sobiv, hästi hooldatud	osaliselt mittedsobivad materjalid	hooldamata	-----
Maalingud				
Arhitektuursed detailid	heas korras olevad	vajavad puhastamist, viimistlemist	toimub pidev kahjustumine	-----
Välisviimistlus	heas korras olevad	vajavad puhastamist, viimistlemist	toimub pidev kahjustumine	-----
Heakord, haljastus	ümbrus hästi hooldatud	Ebakorrapärane hooldus	hooldamata, haljastus kahjustab hoone konstruktsioone	-----
Vertikaalplaneerimine, sillutis	sillutus ümber hoone on hooldatud	hooldamata sillutus	vale pinnase kalle hoone poole	-----
Muud				