



Keski-Suomen pelastuslaitoksen uusi palotalo

Emmi Vuorinen

Opinnäytetyö, AMK

Toukokuu 2021

Tekniikan ala

Insinööri (AMK), rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma

Vuorinen, Emmi

Keski-Suomen pelastuslaitoksen uusi palotalo

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. **Toukokuu 2021**, 41 sivua.

Tekniikan ala. Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Verkkojulkaisulupa myönnetty: kyllä

Tiivistelmä

Tavoitteena oli tuottaa Keski-Suomen pelastuslaitokselle uuden palotalon luonnossuunnitelmat, jotka toimivat lähtökohtana hankkeen kustannusarviota sekä seuraavaa suunnitteluvaihetta varten. Keskeisiä tutkimuskysymyksiä olivat rakenteellisen toteutustavan sekä materiaalien valinnat, mitkä kestäisivät toistuvia tulipalotilanteita sekä muita rakennukseen kohdistuvia rasituksia.

Palotalo toimii pelastustoimen harjoitteluympäristönä sammutus- sekä pelastusharjoituksissa ja mahdollistaa onnettomuustilanteiden simuloimisen lähes autenttisissa tulipalotilanteissa. Keski-Suomen vanha palotalo on tullut käyttökänsä päähän lukuisten paloharjoitusten aiheuttamien lämpörasitusten vuoksi ja on näin ollen osittain käyttökelvoton. Uusi palotalo mahdollistaa turvallisen, kestävä ja mielekkään harjoitteluympäristön pelastushenkilöstölle.

Palotalolle sopivinta toteutustapaa tutkittiin materiaalien palonkesto-ominaisuuksien sekä palomitoituksen kautta. Lisäksi tutustuttiin kahden eri paikkakunnan palotaloihin, niiden toteutustapoihin sekä haastateltiin näistä palotaloista vastaavia henkilöitä. Lähtökohtana suunnitelmille toimivat Keski-Suomen pelastuslaitoksen esittämät toiveet sekä vaatimukset rakennukselle.

Palotalon päärakennusmateriaaliksi valittiin teräsbetonirakenteita sekä metalli- ja teräsrakenteita, jotka kaikki ovat palamattomia A1-luokan materiaaleja. Kantavaksi runkorakenteeksi valittiin teräsbetonielementit, niiden erinomaisten palonkesto-ominaisuuksien vuoksi. Suunnitelmissa rakenteita ei mitoitettu, vaan ne toimivat lähtökohtana seuraavaa suunnitteluvaihetta varten. Luonnossuunnitelmien perusteella palotalolle saatiin kustannusarviot samanaikaisesti toteutetussa tuotannosuunnittelun opinnäytetyössä.

Avainsanat (asiasanat)

palotalo, paloturvallisuus, palonkestävyys, savusukellus, pelastustoimi

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Vuorinen, Emmi

The new firehouse of Central Finland Rescue Department

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, May 2021, 41 pages

Engineering and technology. Bachelor's Degree Programme in Construction and Civil Engineering Technology. Bachelor's thesis.

Permission for web publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

The goal was to provide sketch plans of a new firehouse for the Central Finland Rescue Department. The plans would serve as the basis to estimate the costs of the project and the next planning phase. The main research questions were the choice of the structural implementation and materials that would withstand repeated fire situations as well as other stresses on the building.

The firehouse serves as a training environment for rescue operations in firefighting and rescue drills and enables the simulation of accident situations in almost authentic fire situations. The old firehouse has reached the end of its service life due to the thermal stresses caused by numerous fire drills and therefore is partly unusable. The new firehouse provides a safe and sustainable training environment for rescue services.

The most suitable structural implementation for the firehouse was researched through the fire resistance properties of the materials and fire design. The firehouses in two different locations and their structural implementation were acquainted with and the people in charge of these firehouses were interviewed. The basis for the plans of the building were the wishes and requirements of the Rescue Department.

Reinforced concrete structures, metal, and steel structures, all of which are non-combustible A1 class materials, were chosen as the main building material for the firehouse. Reinforced concrete elements were chosen as the load-bearing frame structure due to their excellent fire resistance properties. The structures were not dimensioned in the plans but served as the basis for the next planning phase. Based on the sketch plans, cost estimates were obtained for the firehouse in a production planning thesis carried out at the same time.

Keywords/tags (subjects)

firehouse, fire safety, fire resistance, smoke diving, rescue services

Miscellaneous (Confidential information)

Sisältö

1	Johdanto	3
1.1	Keski-Suomen pelastuslaitos	3
1.2	Työn tavoitteet.....	3
1.3	Työn rajausta.....	4
1.4	Tutkimusmenetelmät	4
2	Pelastustoimen harjoittelu	5
2.1	Pelastustoimintaa ohjaavat lait ja asetukset	5
2.2	Savusukellusharjoitukset	6
3	Suomen paloturvallisuusmääräykset	7
3.1	Palo- ja rakennusosaluokitukset.....	7
3.2	Rakennusmateriaalien paloluokitus	7
3.3	Palokuorma	9
3.4	Kantavien rakenteiden kestävyys tulipalossa	10
4	Palotalo	10
5	Nykyisiä palotaloja muualla	11
5.1	Pirkanmaan pelastuslaitos.....	11
5.2	Kuopion pelastusopisto	12
6	Keski-Suomen vanha palotalo	14
7	Uuden palotalon vaatimukset	17
7.1	Pelastuslaitoksen toiveet.....	17
7.2	Rasitukset palotalossa	18
7.3	Rakenteelliset vaatimukset	20
8	Päämateriaalivalinta	21
8.1	Teräsbetoni yleisesti materiaalina.....	21
8.2	Teräsbetonin palonkesto-ominaisuudet.....	22
8.3	Teräsbetonin palomitoitus	23
9	Rakenteelliset ratkaisut	24
10	Luonnossuunnitelmat	26
11	Pohdinta	30
	Lähteet	32
	Liitteet	34
	Liite 1. Palotalon luonnossuunnitelmat.....	34
	Liite 2. Liikuteltavan väliseinäelementin mallipiirustus	39

Liite 3. Ontelolaatan ja seinän liitosdetalji.....	40
Liite 4. Ontelolaatan ja väliseinän liitosdetalji	41

Kuviot

Kuvio 1. Materiaalien paloluokat	8
Kuvio 2. Esimerkkejä eri paloluokkien materiaaleista	9
Kuvio 3. Pirkanmaan pelastuslaitoksen palotalo	12
Kuvio 4. Kuopion pelastusopiston palotalo	13
Kuvio 5. Pelastusopiston palotalon polttopaikka	14
Kuvio 6. Keski-Suomen vanha palotalo	15
Kuvio 7. Keski-Suomen vanhan palotalon pohjapiirustukset.....	15
Kuvio 8. Palovaurioita Keski-Suomen vanhassa palotalossa.....	16
Kuvio 9. Uuden palotalon ensimmäinen luonnoskuva	18
Kuvio 10. Standardipalokäyrä	19
Kuvio 11. Uuden palotalon luonnossuunnitelmien 1. kerroksen pohjapiirustus	27
Kuvio 12. Uuden palotalon luonnossuunnitelmien välipohjat.....	28
Kuvio 13. Uuden palotalon luonnossuunnitelmien yläpohja.....	29
Kuvio 14. Liikuteltavien väliseinäelementtien alue 2. kerroksessa.....	30

1 Johdanto

Keski-Suomen pelastuslaitoksen vanha palotalo on tullut käyttöikänsä loppuun. Tästä syystä pelastuslaitos lähti kartoittamaan mahdollisuuksia sekä kustannuksia uudelle ja kestävämmälle rakennukselle. Pelastuslaitos käyttää palotaloa erilaisiin sammutus- ja pelastusharjoituksiin. Palotalo mahdollistaa pelastustoimen harjoittelun lähes autenttisissa tulipalotilanteissa, missä palotilanne muodostetaan polttamalla puumateriaalia. Palotaloja löytyy niin Suomesta kuin maailmaltakin, mutta rakenteelliset ratkaisut ja toteutukset poikkeavat toisistaan eikä vakiintunutta tai tutkittua parasta tapaa ole olemassa. Opinnäytetyössä tutkittiin palotalolle soveltuvia materiaalivevaihtoehtoja, alustavia rakenteellisia ratkaisuja sekä ideoita miten toteuttaa rakennuksen toiminnallisia vaatimuksia, kuten muunneltavuus mahdollisuuksia.

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Keski-Suomen pelastuslaitos, joka sai työssä tuotettavien luonnossuunnitelmien lisäksi suunnitelmiin perustuvat arviot rakennuskustannuksista. Hankkeen kustannusarviot kuuluivat samanaikaisesti toteutetun palotalon tuotannosuunnittelun opinnäytetyöhön.

1.1 Keski-Suomen pelastuslaitos

Keski-Suomen pelastuslaitos vastaa pelastustoimesta Keski-Suomen maakunnan alueella. Pelastuslaitos huolehtii pelastuslain mukaisista tehtävistä ja ylläpitää pelastustoiminnan järjestelmää. Pelastustoiminnan tarkoituksena on onnettomuuden uhatessa tai sattuesssa pelastaa ja suojata ihmisiä, omaisuutta sekä ympäristöä. Tehtävät voivat liittyä muun muassa tulipaloihin, liikenneonnettomuuksiin, vahingontorjuntaan, räjähdyksiin, luonnononnettomuuksiin sekä ihmisten ja eläinten pelastamiseen erilaisissa tilanteissa. (Pelastustoiminta n.d.)

Keski-Suomen 47 paloasemalla työskentelee päätoimisesti noin 300 vakituista ammattilaista ja sen lisäksi noin 1000 sivutoimista koulutettua henkilöä (Pelastustoiminta n.d.).

1.2 Työn tavoitteet

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa Keski-Suomen pelastuslaitokselle uuden palotalon yleissuunnitteluvaiheen rakennussuunnitelmat vanhan käyttöikänsä loppuun tulleen palotalon tilalle.

Tavoitteena oli suunnitella mahdollisimman kestävä ja tarkoitukseen soveltuva rakenteellinen toteutustapa uudelle palotalolle. Rakennus oli tarkoitus suunnitella siten että se palvelisi käyttäjiään mahdollisimman hyvin ja mahdollistaisi monipuolisen, turvallisen sekä mielekkään harjoitteluympäristön pelastustoimelle. Työssä tuotettavien suunnitelmien tavoitteena oli olla tarpeeksi kattavat, jotta niiden perusteella saadaan tarpeeksi suuntaa antavat kustannusarviot sekä pohja seuraavaa suunnitteluvaihetta varten. Opinnäytetyössä tutkittiin mikä olisi paras toteutustapa rakennukselle, jonka käyttötarkoitus, rasitusvaatimukset sekä lämpötilavaihtelut ovat poikkeuksellisen vaativia toistuvien tulipalotilanteiden takia. Lisäksi oli huomioitava muun muassa talviolosuhteet, jolloin rakenteet kasvavat sammutusvedestä pakkaskeleillä. Rakennuksen tavoitteena oli olla myös mahdollisimman huoltovapaa, jotta säästettäisiin huoltokustannuksia sekä pelastushenkilökunnan aikaa.

1.3 Työn rajaus

Opinnäytetyö on rajattu palotalon yleissuunnitteluvaiheen rakennus- sekä rakennesuunnitelmiin. Työssä tuotettiin yleissuunnitteluvaiheen rakennussuunnitelmat, joihin kuuluivat tasojen mittapiirustukset, yleisleikkauspiirustus sekä julkisivupiirustukset, joiden avulla pelastuslaitos saa vietyä palotalohankettaan eteenpäin. Asemapiirrosta ei työssä tehty, sillä rakennuksen lopullinen sijainti ei ollut vielä varma. Suunnitelmissa tehtiin alustavat keskeiset materiaalivalinnat sekä rakenneratkaisut, mutta rakenteita ei vielä tässä työssä mitoitettu sillä siihen ei olisi aika riittänyt. Opinnäytetyössä tuotettujen suunnitelmien perusteella ei siis voida vielä toteuttaa rakennusta, vaan ne toimivat lähtötietona määrä- ja kustannuslaskennoille, rakennesuunnittelijan lujuuslaskennalle sekä seuraavalle suunnitteluvaiheelle. Opinnäytetyössä perehdyttiin erityisesti rakennussuunnitteluun sekä materiaalivalintojen tekemiseen.

1.4 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyö toteutettiin soveltavana tutkimuksena, jonka tavoitteena oli tuottaa käytännöllistä ja käyttökelpoista tietoa. Työssä sovellettiin tietoa, koska rakennuskohde on epätavallinen eikä rakennuksia tavallisesti tarvitse suunnitella kestävä jatkuvaa palorasitusta. Palotalolle sopivinta toteutustapaa tutkittiin materiaalien palonkesto-ominaisuuksien ja palomitoituksen kautta. Työssä käytettiin lähteenä Suomen lakeja ja asetuksia liittyen paloturvallisuuteen, rakennusalan kirjalli-

suutta ja muita julkaisuja sekä pelastusalan omia määräyksiä. Lisäksi tutustuttiin kahteen eri paikkakunnan palotaloon, niiden toteutustapoihin sekä haastateltiin näistä palotaloista vastaavia henkilöitä. Työssä lähtökohtana toimi Keski-Suomen pelastuslaitoksen esittämät toiveet ja vaatimukset rakennukselle.

Opinnäytetyössä tärkeimpiä tutkimuskysymyksiä olivat, mikä materiaali kestäisi parhaiten kaikkia palotaloon kohdistuvia käyttö- ja ympäristörasituksia, mitkä rakenteelliset ratkaisut tekisivät palotaloista mahdollisimman kestävänsä sekä miten rakennuksen tiloista saisi mahdollisimman toimivan harjoitteluympäristön, jota tarvittaessa pystyttäisiin muuntelemaan.

2 Pelastustoimen harjoittelu

2.1 Pelastustoimintaa ohjaavat lait ja asetukset

Pelastustoimintaa ja sen harjoittelua, mukaan lukien savusukellusta, ohjaavat lait ja asetukset. Pelastuslaki on keskeisin näistä, ja se määrittää pelastuslaitoksen toimintaa, velvollisuuksia ja vastuualueita. Pelastuslaki velvoittaa pelastuslaitoksen vastaamaan alueensa pelastustoiminnasta, johon kuuluu vastaanottaa hälytyksiä, varoittaa ihmisiä, torjua onnettomuuksia, sammuttaa tulipaloja, rajoittaa vahinkoja sekä pelastaa ja suojata onnettomuuksissa ihmisiä, ympäristöä ja omaisuutta. Lisäksi pelastuslaki velvoittaa pelastustoimen huolehtimaan alueensa toimista, kuten viestinnästä ja neuvonnasta, jotka osaltaan ehkäisevät onnettomuuksien sekä tulipalojen torjuntaa ja auttavat toimimaan onnettomuus- ja vaaratilanteissa. (Pelastuslaki 379/2011, 27§.) Voidakseen toimia tehokkaasti ja turvallisesti pelastustoiminnassa, on pelastuslaitoksen henkilöstön ylläpidettävä pelastustaitojaan sekä toimintakykyään (Pelastuslaki 379/2011, 39§).

Pelastussukellusohje on sisäministeriön julkaisu, jonka tarkoituksena on edistää turvallisuutta savusukelluksessa ja pintapelastuksessa. Pelastussukellusohje kertoo muun muassa vaatimuksia pelastajien koulutuksesta, fyysisestä kunnosta, varustuksesta sekä harjoittelusta. Ohjeen mukaan jokaisella pelastajalla tulisi olla vähintään yksi kuuma savusukellusharjoitus vuodessa sekä kaksi kylmää savusukellusharjoitusta. Ensisijaisesti kuumen savusukellusharjoituksen tulisi sisältää tulta ja savua, jolloin harjoittelu tapahtuu lämmönvaikutuksen alaisena. Kylmä savusukellus toteutetaan ilman tulta, mutta harjoittelu tapahtuu pimeässä tai tekosavun seassa. Molemmissa harjoituksissa

harjoitellaan pelastamista ja savusukellustekniikkaa. Lisäksi ohje kertoo harjoitusten organisoinnista ja turvallisesta suorittamisesta. (Pelastussukellusohje 2007.)

Korkealla työskentely pelastustoimessa -julkaisu sisältää ohjeita tilanteisiin, joissa työskennellään korkealla tai putoamisvaarallisella alueella. Korkealla työskentelyn koulutuspaikka on oltava vaki-
oitettu, jottei turvallisuus vaarannu eikä vaaraa aiheuttavia yllätyksiä pääse tapahtumaan. Pelastus-
henkilöstöllä tulee olla riittävä peruskoulutus korkealla työskentelyä varten, kuten esimerkiksi pelastajatutkinto. (Korkealla työskentely pelastustoimessa 2005.)

2.2 Savusukellusharjoitukset

Pelastustoimi ylläpitää savusukellus- ja pelastustaitojaan harjoittelemalla säännöllisesti. Savusukellus on sammutus- ja pelastustyötä, joka suoritetaan paineilmahengityslaitteiden ja asianmukaisten suojarusteiden kanssa. Savusukelluksessa tunkeudutaan rajattuun palavaan tilaan, jossa on savua. Savusukellustaitoja on ylläpidettävä vähintään kolmella harjoituksella per vuosi, joista yhden täytyy olla kuuma savusukellus eli harjoitus, jossa käytetään oikeaa tulta. Harjoituksissa keskitytään savusukellustekniikkaan, savun seassa toimimiseen, etsimiseen, pelastamiseen, pelastautumiseen sekä palon sammutukseen. Lisäksi pelastajat oppivat tuntemaan ja havainnoimaan lämpökuormituksen rasituksia elimistössään. Yleensä harjoituksiin sisällytetään myös ensiapukoulutusta liiallisen lämpökuormituksen vaikutuksiin. Savusukellusharjoituksissa toimitaan sekä pareittain että suurempina joukkoina, mutta harjoitus vaatii aina vähintään neljä savusukelluskelpoista henkilöä. (Pelastussukellusohje 2007.)

Savusukellus vaatii hyvää fyysistä ja henkistä kuntoa, sillä varusteet ovat painavia ja hengityslaitteet tekevät hengittämisestä raskaampaa. Turvallinen savusukellus edellyttää tekijän savusukelluskelpoisuutta, joka koostuu koulutuksen, terveydentilan, fyysisen kunnan sekä harjoitusten vaatimuksista. Tästä syystä pelastustoimintaan osallistuvan henkilön tulee ylläpitää tehtäviensä edellyttämiä perustaitoja ja kuntoa. Lisäksi turvallisen harjoittelun perustana on hyvin johdettu ja organisoitu toiminta. (Pelastussukellusohje 2007.)

Palotaloharjoittelun lisäksi savusukellus ja sammutustekniikoita voidaan harjoitella myös polttamalla purkuluvan saaneita rakennuksia. Vain pelastuslaitoksella on oikeus hävittää rakennuksia

harjoituksissaan polttamalla, joita suoritetaan muutamia vuosittain. (Rakennusten hävittäminen polttamalla n.d.)

3 Suomen paloturvallisuusmääräykset

Suomen paloturvallisuusmääräykset pohjautuvat Ympäristöministeriön asetukseen rakennusten paloturvallisuudesta. Vuonna 2017 voimaan tullut uusi asetus kumoaa aiemman vuonna 2011 annetun asetuksen ja sen liitteenä olleet rakentamismääräyskokoelmat E1 ja E2. (Ympäristöministeriön muistio 2017, 1–2.)

3.1 Palo- ja rakennusosaluokitukset

Rakennukset jaetaan neljään eri paloluokkaan, jotka ovat P0, P1, P2 ja P3. Paloluokkia P1, P2 ja P3 käytetään kohteissa missä rakennus suunnitellaan ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten paloturvallisuudesta esitettyjen luokkien ja lukuarvojen mukaisesti. P0 luokka käytetään yleensä vaativissa erityiskohteissa silloin kun suunnittelu perustuu menettelyyn oletetusta palonkehityksestä. Eri paloluokkia rakennuksen eri osista voidaan käyttää, mikäli palon leviäminen estetään palomuurilla. Rakennuksen paloluokka määritellään taulukoista sen kerrosluvun, korkeuden, käyttötarkoituksen, kerrosalan ja henkilömäärän mukaan. (A 848/2017, 4 §; RT 103131.)

Rakennusosat, jotka toimivat kantavina ja osastoivina jaetaan luokkiin niiden palonkestävyyden perusteella. Vaatimuksia kuvataan merkinnöillä kantavuus R, eristävyys I ja tiiviys E. Merkintöjen jälkeen kerrotaan palonkesto-aika minuutteina luvuilla 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180 tai 240. Esimerkiksi osastoiva väliseinä voi olla R60, joka tarkoittaa sitä, että seinä pysyy kantavana 60 minuuttia tulipalotilanteessa. Kirjainmerkintöjä voidaan myös yhdistellä R, REI, RE, EI tai E merkinnöiksi. (Ympäristöministeriön muistio 2017, 5–6.)

3.2 Rakennusmateriaalien paloluokitus

Rakennusmateriaalien paloluokitus määrittyy sen perusteella, kuinka materiaali osallistuu tulipalloon, sen syttymiseen, leviämiseen sekä tuottaako se savua tai palavia pisaroita. Materiaalin paloluokka määritetään standardeissa palotestausmenetelmillä tai laskennallisesti. (SFS-EN 13501-1:2019; Ympäristöministeriön muistio 2017, 5.) Materiaalin paloluokitus ilmoitetaan CE-

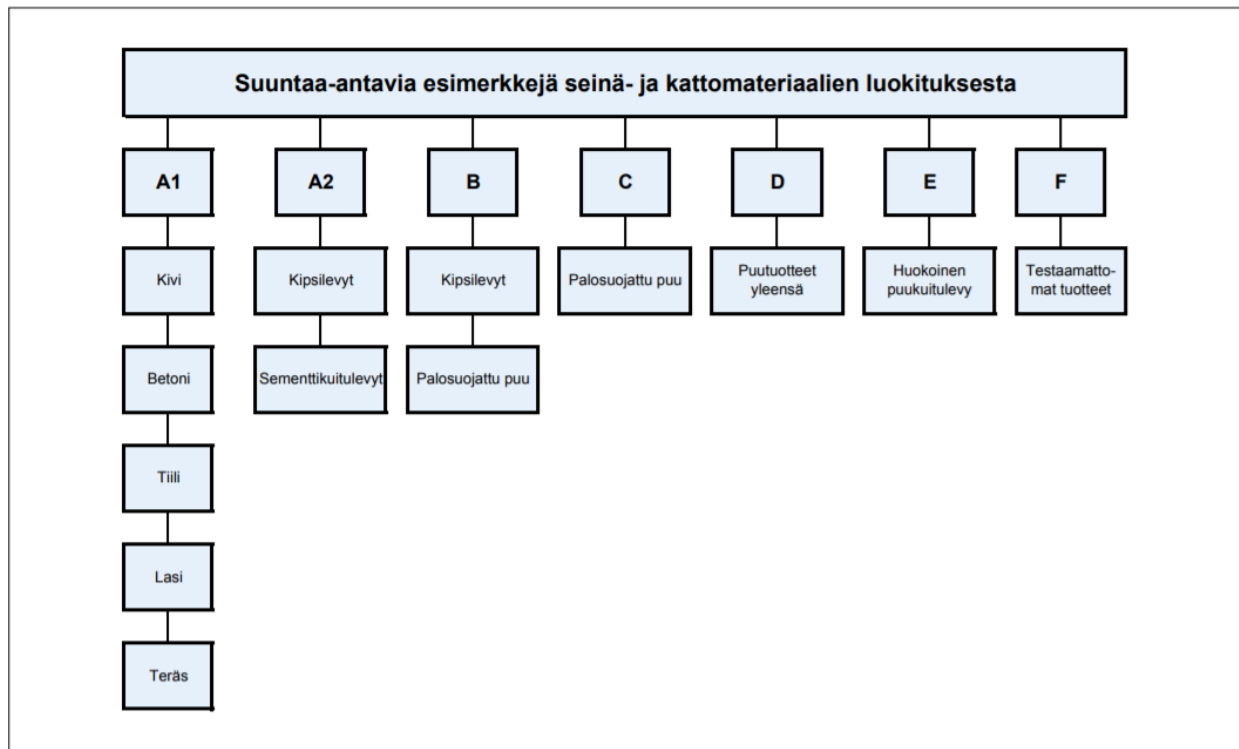
merkityissä tuotteissa suoritustasoilmoituksessa tai tuotehyväksynnässä, jos kyseessä on muu kuin CE-merkitty tuote (Ympäristöministeriön muistio 2017, 5).

Materiaalien paloluokat ilmoitetaan kirjain- ja numeroyhdistelmällä esitetyillä merkinnöillä (ks. kuvio 1). Materiaalin pääluokat A1 - F kertoo, osallistuuko se paloon. Materiaalin savun tuotto ilmaistaan lisämääreellä s ja palavien pisaroiden irtoaminen määreellä d.

A1	Tarvikkeet, jotka eivät osallistu lainkaan paloon.
A2	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on erittäin rajoitettu.
B	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyvin rajoitettu.
C	Tarvikkeet, jotka osallistuvat paloon rajoitetusti.
D	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyväksyttävissä.
E	Tarvikkeet, joiden käyttäytyminen palossa on hyväksyttävissä.
F	Tarvikkeet, jotka eivät täytä E -luokan vaatimuksia.
s1	Savuntuotto on erittäin vähäistä.
s2	Savuntuotto on vähäistä.
s3	Savuntuotto ei täytä s1 eikä s2 vaatimuksia.
d0	Palavia pisaroita tai osia ei esiinny.
d1	Palavat pisarat tai osat sammuvat nopeasti.
d2	Palavien pisaroiden tai osien tuotto ei täytä d0 eikä d1 vaatimuksia.

Kuvio 1. Materiaalien paloluokat (Ympäristöministeriön muistio 2017, 7–8).

A1-luokan rakennusmateriaalit ovat yksiaineisia palamattomia tuotteita (ks. kuvio 2). Muiden luokkien tarvikkeet osallistuvat jollain tavoin paloon ja koostuvat yleensä useammasta eri aineesta, mutta voivat olla myös yksiaineisia. (Paloturvallinen puutalo – Asuin- ja toimitilarakentaminen. 2018, 24.)



Kuvio 2. Esimerkkejä eri paloluokkien materiaaleista (Paloturvallinen puutalo – Asuin- ja toimitilarakentaminen 2018, 26).

Suojaverhous on rakennusosan pintamateriaali tai osa, joka suojaa alustaansa määrätyn ajan palolta, hiiltymiseltä tai muulta vaurioitumiselta. Suojaverhous rajoittaa palon kehittymistä tapauksissa, joissa rakennusosan materiaalit osallistuvat paloon vaaraa aiheuttaen. Eurooppalaisia suojaverhousluokkia ovat K₁10, K₂10, K₂30, K₂60, jossa alaindeksi viittaa suojaverhouksen alla olevaan alustaan ja jälkimmäinen numero kertoo suojausajan minuutteina. (Paloturvallinen puutalo – Asuin- ja toimitilarakentaminen 2018, 35.)

3.3 Palokuorma

Palokuorma on kokonaislämpömäärä mikä vapautuu, kun kaikki tilassa oleva palava materiaali palaa täydellisesti. Palokuormaan kuuluvat kaikki kantavat, jäykistävät ja osastoivat rakennusosat sekä tilassa oleva irtaimisto. Rakennuksen pääkäyttötarkoitus määrittää palokuorman ja se voidaan erikseen määritellä jokaiselle palo-osastolle. Palokuorma määritellään laskennallisesti standardien ohjeiden mukaan. (Paloturvallinen puutalo – Asuin- ja toimitilarakentaminen 2018, 13.)

3.4 Kantavien rakenteiden kestävyys tulipalossa

Ympäristöministeriön asetus kantavien rakenteiden paloturvallisuudesta edellyttää, että määrätynä aikana palon alkamisesta rakennus tai sen osat eivät saa aiheuttaa vaaraa sortumisen takia ja rakennuksen tulee kestää koko palokuorman palaminen sekä jäähtymisvaihe (A 848/2017, 11 §). Rakennuksen kestävyuden palotilanteessa katsotaan täyttyvän riittävästi ja luotettavasti kun mitoitus tehdään asetuksen pykälän 12 § mukaisten luokkien ja lukuarvojen mukaan tai silloin kun suunnittelu tehdään perustuen oletettuun palonkehitykseen pykälän 13 § mukaisesti (RIL 195-1-2018, 49). Palomitoitus kantaville rakenteille perustuu voimassa oleviin eurokoodeihin ja niiden pohjalta laadittuihin suunnitteluohjeisiin. Palomitoituksen luokkavaatimusten täyttyminen on osoitettava kokeellisesti, laskennallisesti tai hyväksytyä taulukkomitoitusta käyttämällä (A 848/2017, 12 §).

4 Palotalo

Palotalo on tulipalotilanteiden simuloimista varten rakennettu rakennus, jonka tarkoituksena on toimia harjoitusympäristönä pelastustoimen erilaisissa harjoituksissa, kuten savusukellusharjoituksissa. Rakennus voi olla yksi- tai monikerroksinen ja siellä on useampia eri huoneita, joilla voidaan simuloida esimerkiksi asuintaloja ja niiden huoneistopaloja. Palotalon rakennusmateriaalin sekä rakennusteknisen toteutuksen tulee kestää toistuvia tulipalotilanteita ja niistä aiheutuvia ympäristörasituksia kuten lämpötilan vaihtelua ja sammutusvettä. Toteutustapaan ja lämpörasitukseen vaikuttaa myös poltettava materiaali.

Pelastustoimi harjoittelee palotalossa erilaisia tehtäviä kuten tulipalon sammutusta, savusukellusta ja pelastamista. Palotalo mahdollistaa sammutus- ja pelastusteknisten suoritteiden harjoittelun turvallisessa ja hallitussa ympäristössä. Palotalossa voidaan simuloida tulipalotilanteita lähes autenttisesti polttamalla puuta, kaasua tai muuta palomateriaalia. Harjoituksesta riippuen palon voimakkuutta voidaan säätää poltettavan materiaalin ja polttopaikkojen määrää lisäämällä. (Palotalo n.d.) Harjoitukset voivat olla hyvinkin erityyppisiä ja mikäli rakennuksen tilat ovat muunneltavissa, saadaan harjoitukseen vaihtelevuutta ja mielekkyyttä lisää. Harjoitus voi olla esimerkiksi sammutustyö huoneistossa, jonne edetään tilanteen mukaan rappukäytävästä, ikkunasta tai katon

kautta. Huoneistosta pelastetaan mahdolliset potilaat (palonukke), sammutetaan palo, savutuuletetaan tila ja tehdään jälkitarkastukset. Palotalo harjoitteluun kuuluu myös harjoitusten suunnittelu, palotilanteen syyttäminen sekä palojätteen siivoaminen harjoittelun jälkeen.

5 Nykyisiä palotaloja muualla

Palotaloja löytyy muutamia eri puolelta Suomea. Rakennus- ja toteutustavat ovat kaikissa hyvin erilaisia, koska kyseessä on harvinaislaatuinen kohde ja näin ollen vakiintunutta toteutustapaa ei ole. Osana opinnäytetyön tutkimustyötä käytiin tutustumassa Pirkanmaan pelastuslaitoksen konttirakenteiseen palotaloon. Kuopion pelastusopistolla vierailun koronatilanne esti, mutta sähköpostin välityksellä oli mahdollista saada tietoja kohteesta.

5.1 Pirkanmaan pelastuslaitos

Pirkanmaan pelastuslaitoksen palotalo on valmistunut vuonna 2020 ja se on toteutettu metallirakenteisena konttirakennuksena (ks. kuvio 3). Rakennuksessa on neljä kerrosta ja tulipaloa simuloidaan polttamalla maakaasua. Palotalossa voidaan simuloida niin erilaisia huoneistopaloja kuin myös teollisuushallipaloja. Lisäksi rakennuksesta löytyy mallinnustilat ilmanvaihtokonehuoneelle, kellarille, ullakolle sekä paikat korkealta pelastamisen harjoitteluun. Polttopisteet ovat kiinteitä ja niitä on lavastettu esimerkiksi keittiönurkkaukseksi tuomaan harjoitukseen todentuntua. Osa väliseinistä on L-muotoisia metallirakenteisia liikuteltavia elementtejä, millä harjoitteluympäristöä saadaan nopeasti ja helposti muokattua. Maakaasua poltettaessa pelastushenkilökunnan altistuminen myrkyllisille kemikaaleille on huomattavasti vähäisempää kuin muuta polttomateriaalia käytettäessä. Maakaasua poltettaessa myös lämpötila jää huomattavasti alhaisemmaksi, noin 250 °C:seen, kuin esimerkiksi puuta käyttämällä. Maakaasusta ei savua synny, joten harjoituksissa käytetään keinosavua heikentämään näkyvyyttä. (Koskela 2021; Pelastusalan ammattilainen 2020.)



Kuvio 3. Pirkanmaan pelastuslaitoksen palotalo.

5.2 Kuopion pelastusopisto

Kuopion pelastusopisto toimii valtakunnallisena turvallisuusalan koulutuskeskuksena, joka järjestää pelastustoimen ja hätäkeskusten ammatillista perus- ja täydennyskoulutusta. Pelastusopistolla erilaisia tutkintoja ovat pelastajatutkinto, hätäkeskuspäivystäjätutkinto, alipäällystötutkinto sekä pelastusalan päällystötutkinto. Pelastusopiston palotalo toimii yhtenä opiston oppimisympäristönä erilaisissa harjoituksissa ja koulutuskäytössä (ks. kuvio 4). (Valtakunnallinen turvallisuusalan koulutuskeskus n.d.)



Kuvio 4. Kuopion pelastusopiston palotalo (Rissanen 2021).

Pelastusopiston palotalon runkoaineena on käytetty betonia. Perustukset ja alapohja ovat teräsbetonia ja väliseinät on toteutettu betoniharkkomuurauksella. Rakennuksen portaat ovat teräsrakenteisia ja ovet metallirakenteisia. Ikkunalasit ovat lämpösäteilyä eristäviä ja kestäviä, ja niiden lämpölaajeneminen on asennuksessa otettu huomioon. Ikkunoiden ulkopuolella on mekaanisesti avattavat luukut huonetilojen pimennystä varten. Polttopaikkojen seinät ja katot ovat suojattu teräslevyillä ja palotiilillä (ks. kuvio 5). Palotalon sammutusvesien poisto ja rakenteiden kuivatus on toteutettu lattiakaadoilla, ja rakennuksessa on lattialämmitys ja koneellinen perusilmanvaihto, jossa on mahdollisuus hätätuuletukseen. (Rissanen 2021.)



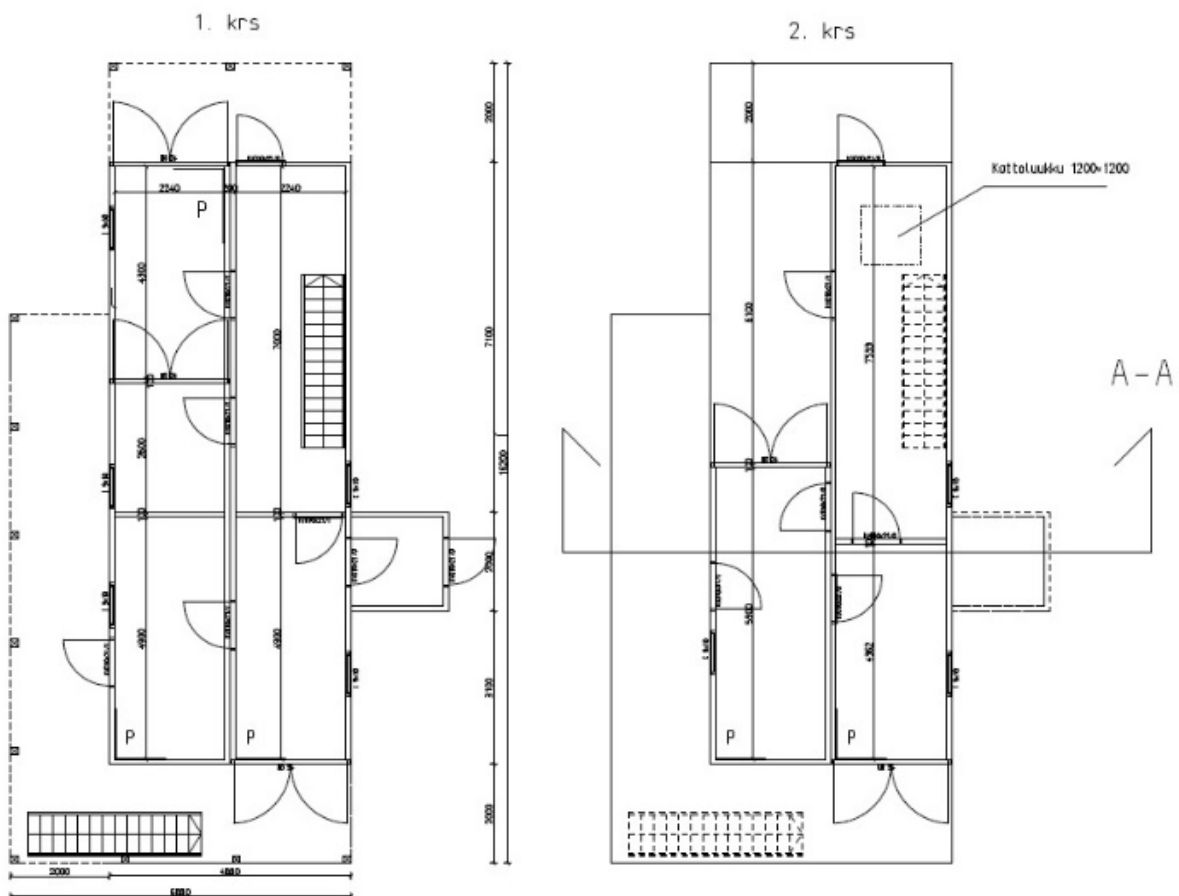
Kuvio 5. Pelastusopiston palotalon polttopaikka (Rissanen 2021).

6 Keski-Suomen vanha palotalo

Keski-Suomen nykyinen palotalo (ks. kuvio 6) on rakennettu merikonteista ja se on tullut käyttökänsä päähän, korjaustoimenpiteistä huolimatta. Merikontit ovat metallisia, jonka vuoksi lämpövaikutukset muokkaavat kontteja metallin eläessä lämpötilan vaihteluissa. Tilajako sekä rakennuksen mitat (ks. kuvio 7) muodostuvat konttien mittojen mukaan, jotka on aseteltu betonipalkkien päälle irti maasta. Rakennuksen ympärillä kiertää teräsritilärakenteinen parveke molemmissa kerroksissa. 2-kerroksisessa rakennuksessa on polttopaikkoja molemmissa kerroksissa ja polttotapahtumat ovat aiheuttaneet muun muassa huoneiden kattojen tippumista, reikiäntyä sekä ovien ja ikkunoiden rikkoontumista. Rakenteiden rikkoontuminen on heikentänyt merkittävästi rakennuksen tiiveyttä, jonka takia savukaasut eivät pysy palotalon sisällä ja harjoitusten laatu on tästä syystä oleellisesti heikentynyt. Rakennuksen huono kunto aiheuttaa henkilökunnalle turhautumista, työturvallisuusriskejä sekä harjoitusten soveltamista.



Kuvio 6. Keski-Suomen vanha palotalo.



Kuvio 7. Keski-Suomen vanhan palotalon pohjapiirustukset (Keski-Suomen pelastuslaitos 2020).

Polttotapahtumat ovat vaurioittaneet rakenteita aiheuttamalla konttien vääntymistä, teräksen haurastumista sekä reikien syntymistä, koska materiaalit eivät ole kestäneet paloharjoitusten korkeita lämpötiloja (ks. kuvio 8). Rakennus on paloharjoitusten takia sisäpuoleltaan täysin mustan noen peitossa, eikä alkuperäisiä pintoja ole juurikaan enää nähtävissä. Ulkopuolelta voidaan myös havaita värimuutosten perusteella, missä kohdin palo on päässyt eniten vaikuttamaan (ks. kuvio 6).



Kuvio 8. Palovaurioita Keski-Suomen vanhassa palotalossa.

Rakennusta on vuosien saatossa paranneltu ja saneerattu useita kertoja, mutta kaikkia puutteita ei ole saatu korjattua. Nykyisen palotalon käytön jatkaminen vaatisi useiden konttien korvaamista uusilla sekä jatkuvaa huoltotyötä, mutta sen käyttöikä jäisi todennäköisesti silti lyhyeksi. Tästä syystä pelastuslaitos halusi etsiä palotalolleen kestävämpiä ratkaisuja.

7 Uuden palotalon vaatimukset

7.1 Pelastuslaitoksen toiveet

Tässä kappaleessa on kerrottu mitä vaatimuksia ja toiveita uudelle palotalolle asetettiin pelastuslaitoksen taholta liittyen rakennuksen käyttöön sekä ominaisuuksiin. Näitä tietoja saatiin pelastuslaitoksen kanssa käydystä aloituspalaverista sekä palotalon hanke-esityksestä. Pelastuslaitos oli hankkeelle asettanut budjettitavoitteen ~100 000 €.

Uuden palotalon haluttiin olevan niin sanotusti ”oikea” rakennus toisin kuin vanha, joka on kasattu merikonteista. Käyttöältään rakennuksen toivottiin kestävän noin 20 vuotta ja rungon tulisi olla säänkestävä. Kerroksia rakennukseen haluttiin kaksi ja pohjaratkaisun tulisi säilyä suhteellisen samanlaisena kuin vanhassa, mutta tiloja voisi muunnella esimerkiksi liikuteltavilla väliseinillä. Näillä muunneltavilla väliseinillä saataisiin harjoituksiin vaihtelevuutta, jotta harjoituksista ei tulisi liian rutiinia. Harjoitusten haastavuuden vuoksi tilojen muoto tulisi olla sellainen, ettei paloa päästä sammuttamaan suoraan ovelta, vaan huoneisiin joudutaan menemään sisään. (Keski-Suomen pelastuslaitos 2020.)

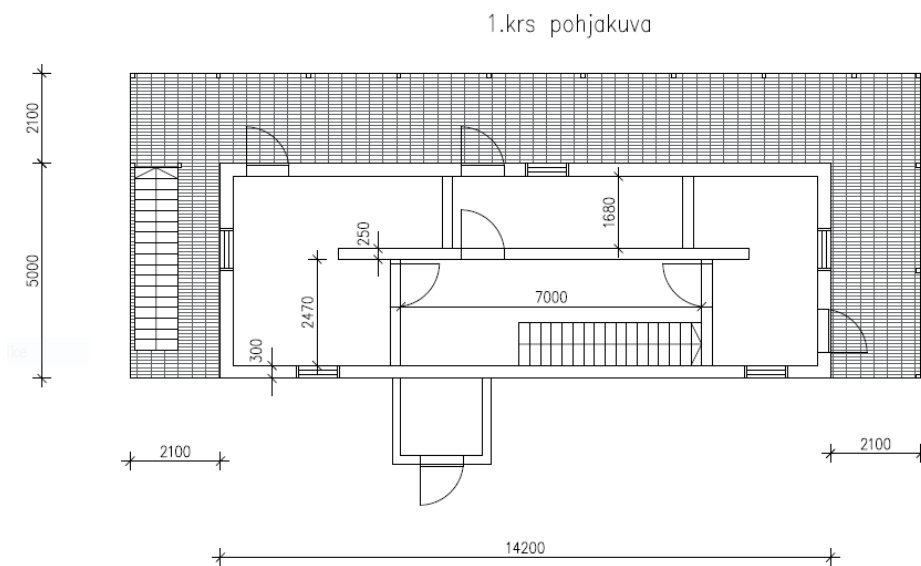
Ulos rakennuksen ympärille haluttiin kiertämään teräsritilärakenteinen-parveke, jonka portaat toimisivat myös hätäpoistumistienä. Yläpohja rakennuksessa olisi teräspalkkiruoteinen peltikate, jossa olisi paikat pistosuihkuputkille. Jotta rakennuksessa voisi simuloida yläpohjanpaloa, tulisi 2-kerroksen katon olla ontelolaatastoa. Mahdollisuuksien mukaan yläpohjan sisäpuolisten rakenteiden tulisi olla muokattavissa erilaisia harjoituksia varten. (Keski-Suomen pelastuslaitos 2020.)

Sisälle lähelle rakennuksen pääovea tulisi teräsritiläportaat 2-kerrokseen, jotka olisi suojattu niin ettei mahdollisesti palavaa materiaalia pääsisi tippumaan portaiden ritilöiden välistä aiheuttaen vaaraa. Rakennuksen sisällä tulisi huomioida sammutuskaluston kuten paloletkujen helppo liikuteltavuus ja terävien kulmien välttäminen. Ovien alanurkassa pitäisi olla kulkuaukot paloletkuja varten, jotta ovet voidaan sulkea ja savun määrä saataisiin mahdollisimman suureksi. Polttopaikkojen läheisyyteen tulisi aukot lattian rajaan, jotta alkupalo saisi riittävästi happea ja kouluttajan ei tarvitsisi hapettaa tilaa ovien ja ikkunoiden avulla eikä tällöin altistuisi pistoliekille. Koska paloa sammutetaan vedellä, on rakennuksen kaadot ja vedenpoisto huomioitava, jotta etenkin pakkaskeleillä rakenteet saadaan kuivumaan nopeasti. Sammutustyötä varten rakennukseen halutaan myös

kuivanousut, ja toiveena oli selvittää, onko mahdollista varustaa rakennus savukonevalmiudella. Harjoituksen jälkeen palojätteen siivoaminen pois tulisi olla mahdollisimman helppoa, esimerkiksi siten että palojätteet voisi suoraan lakaista jäteastiaan rakennuksen viereen. (Keski-Suomen pelastuslaitos 2020.)

Palotalon lisäksi tarve oli myös erilliselle huoltotilalle, mikä sisältäisi pesutilat, varusteiden huoltomahdollisuus sekä pienen opetus-/taukotilan. Huoltotila voitaisiin toteuttaa liikuteltava konttirakenteena. (Keski-Suomen pelastuslaitos 2020.)

Toiveiden perusteella luonnosteltiin ensimmäinen yksinkertainen versio pohjapiirustuksista (ks. kuvio 9), joita pelastuslaitos sai kommentoida. Mitat ja pohjaratkaisu mukailevat vanhaa palotaloa, mutta tilajaossa voitiin käyttää vapaampaa jakoa, koska sitä rajoittavia tekijöitä ei ollut. Rakennuksen kokoa rajoittaa pelastuslaitoksen tavoittelema budjetti.



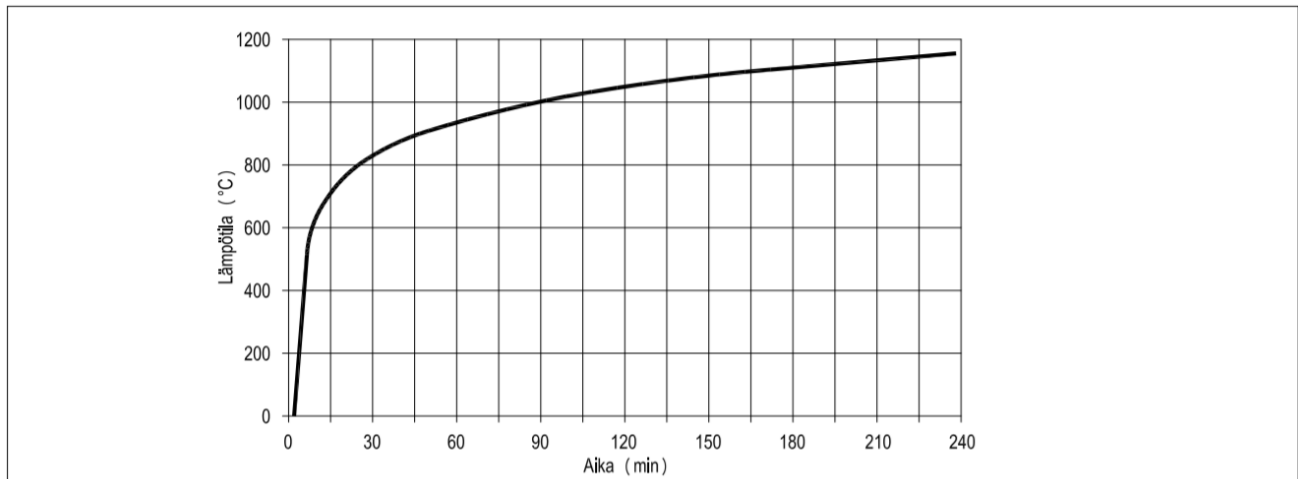
Kuvio 9. Uuden palotalon ensimmäinen luonnoskuva.

7.2 Rasitukset palotalossa

Palotalo on hyvin epätyypillinen rakennuskohde, sillä se altistuu toistuville tulipalotilanteille. Jatkuvat suuret lämpötilan vaihtelut rasittavat rakenteita merkittävästi. Palotalon rasitteena on myös tulipalon sammutuksessa käytettävä sammutusvesi, joka kastelee rakenteita. Talvella pakkanen

voi aiheuttaa merkittäviä ongelmia, mikäli rakenteet eivät pääse kuivumaan tarpeeksi ja kosteat rakenteet jäätyvät. Betoni voi pakkasrapautua, kun sen huokosiin imeytynyt vesi jäätyy ja tämän seurauksena betoniin syntyy säröjä ja lohkeamia (Betonin vaurioituminen n.d).

Talossa tullaan polttamaan puhdasta puumateriaalia, mikä aiheuttaa huomattavasti enemmän lämpörasituksia kuin esimerkiksi maakaasu. Palamisreaktio vaatii oikean lämpötilan, palavan aineen ja riittävän happipitoisuuden. Tulipalo kehittyy muutamassa minuutissa lieskahduspisteeseen pienessä suljetussa tilassa, kun se saa vapaasti kehittyä. Lieskahduspisteessä kaikki palava materiaali tilassa syttyy palamaan ja lämpötila voi nousta yli +500 °C, jolloin savukaasut ovat täyttäneet jo koko tilan. Palon kehittyessä täyteen mittaan lämpötila voi nousta jopa noin +1000 °C (ks. kuvio 10) ja se alkaa jäähtymään vasta kun tilan palokuorma on palanut loppuun tai kun pelastustoimi aloittaa sammutustyöt. (Paloturvallinen puutalo – Asuin- ja toimitilarakentaminen 2018, 7.) Tulipalon sammumisen jälkeen rakenteet pääsevät jäähtymään, jolloin esimerkiksi tulipalon lämpörasituksen aiheuttamat muodonmuutokset materiaalista ja rakenteesta riippuen joko palautuvat ennalleen tai kokevat pysyviä muutoksia.



Kuvio 10. Standardipalokäyrä, mitä käytetään palomitoituksen perustana (Paloturvallinen puutalo – Asuin- ja toimitilarakentaminen 2018, 9).

Savusukellusharjoitusten käytänteet vaihtelevat jonkin verran paikkakuntakohtaisten toimintatapojen, palotalon rakennustyyppin ja poltettavan materiaalin mukaan. Keski-Suomen pelastuslaitok-

sen palotalolla savusukellusharjoituksia on noin 100 päivänä vuodessa. Yhden harjoituspäivän aikana on tyypillisesti 2–6 savusukellusharjoitusta ja yksi harjoitus kestää noin 20 minuuttia. Yhtäjaksoinen palotilanne kestää tällöin siis alle tunnin, mukaan lukien sytytysvaiheen, mutta rakenteet eivät kokonaan ehdi jäähtyä päivän harjoitusten välissä. (Göös 2021.)

7.3 Rakenteelliset vaatimukset

Käyttötarkoitustensa vuoksi rakennus tulisi olemaan mahdollisimman yksinkertainen ja riisuttu. Palotalolle ei esimerkiksi asetettu ulkonäkövaatimuksia koska ne eivät oleellisia ole, vaan tärkeintä on rakennuksen toiminnallisuus. Rakennuksella tulisi olemaan noin 100 käyttöpäivää vuodessa erilaisia paloharjoituksia varten (Keski-Suomen pelastuslaitos 2020).

Palotalon rakenteelliset vaatimukset liittyivät ensisijaisesti mahdollisimman hyvään palonkestoon. Tärkeimpänä mitoittavana tekijänä on kantavien rakenteiden kestävyiden säilyttäminen toistuvissa paloharjoituksissa. Rakenteiden tulisi kestää tulipalon lämpötilan korkea nousu sekä jäähtyminen ennalleen ilman rakenteiden heikentymistä, sortumista tai pysyviä muodonmuutoksia.

Palotalossa ei ole oleellista rakenteiden tiiviiden säilyttäminen, sillä harjoitusten laadukkuuden ja haastavuuden kannalta esimerkiksi koko rakennukseen levinnyt savu on vain parempi. Palotalossa ei ole myöskään tarvetta lämmöneristykselle, koska rakennus on puhtaasti vain harjoittelutarkoitukseen eikä siellä muuten tapahdu oleskelua. Samasta syystä rakennusta ei ole tarvetta tiivistää esimerkiksi ikkunoista eikä ääneneristävyttä tarvita.

Toinen tärkeä vaatimus rakenteille oli niiden kosteudensietokyky sekä tehokas kuivumisen mahdollisuus paloharjoitusten sammutusveden kasteltua ne. Rakennusmateriaalien tulisi palonkestävyyden lisäksi olla siis myös kosteudenkestäviä. Kuivumisen tehostamiseksi lattioissa tulisi olla riittävät kaadot sekä viemäröinnit veden poistamiseksi.

Ikkunoiden ja ovien tulisi olla palonkestävää materiaalia, esimerkiksi terästä tai metallia. Ikkunat olisivat ulospäin kokonaan aukeavia umpinaisia luukkuja, joiden avausmekanismi olisi yksinkertainen kääntövipu. Ikkunoista voitaisiin tarvittaessa savutuulettaa tiloja, tai niitä voitaisiin käyttää häätäpoistumisreitteinä.

8 Päämateriaalivalinta

Nykypäivän käytetyimpiä runkomateriaaleja rakennuksissa ovat betoni, teräs ja puu. Palotalon päämateriaaliksi näistä valikoitui teräsbetoni, joka on raudoitteilla vahvistettua betonia. Betoni on palamaton A1-luokan materiaali ja se säilyttää hyvin ominaisuutensa korkeissakin lämpötiloissa kantavana sekä paloa eristävänä rakenteena. Betoni ei levitä paloa eikä esimerkiksi haihduta myrkyllisiä kaasuja tulipalotilanteessa. Betoni soveltuu myös hyvin teräsrakenteiden palosuojaukseen sen lämmöneristyskyvyn ja lämpökapasiteetin vuoksi. (BY 201 2018, 120–127)

Teräs kuuluu betonin tapaan A1-materiaaliluokkaan, mutta kuten vanhassa palotalossa jo todettiin, teräksen merkittävien muodonmuutosten takia se ei sovellu kohteeseen missä poltetaan puuta ja lämpötila nousee merkittävän korkeaksi. Teräkselle ominaista on kuitenkin säilyttää lujuuttaan jäähtymisvaiheessa maltillisen lämpörasituksen jälkeen (Hanka 2018).

Puu on palavaa materiaalia ja se syttyy palamaan noin 250–300 °C:ssa (Paloturvallinen puutalo – Asuin- ja toimitilarakentaminen 2018, 80). Puun palotekninen käyttäytyminen tunnetaan hyvin, ja vaikka nykyään puusta voidaan rakentaa paloturvallisia monikerroksisia ja haastavia rakennuksia, ei se kuitenkaan ominaisuuksiltaan yksinkertaisesti sovellu palotalon kaltaisen rakennuksen materiaaliksi.

8.1 Teräsbetoni yleisesti materiaalina

Maailman eniten käytetyin rakennusmateriaali maailmassa on betoni, jota valmistetaan vuosittain noin 13 miljardia kuutiota. Betoni soveltuu laajasti kaikkeen rakentamiseen talonrakentamisesta infrarakentamiseen sen hyvien lujuus-, jäykkyys-, kosteudenkesto- ja muokkausominaisuuksien vuoksi. Betonia käytetään erityisesti kohteissa missä tarvitaan suuria, stabiileja ja turvallisia rakenteita. Betoni kestää hyvin kosteutta, se on kestävä sekä huoltovapaata. Betonia voidaan käyttää valamalla sitä muotteihin työmaalla tai tehtaassa koneellisesti valmistettuina valmisosina. (BY 201 2018, 13.)

Betonirakenteita voidaan toteuttaa raudoittamattomina tai raudoitettuina. Raudoitettua betonia kutsutaan teräsbetoniksi. Raudoittamaton betonirakenne kestää sille kohdistuvat rasitukset yksinään, mutta teräsbetonissa betoni ja rauditus toimivat yhdessä. Betonin vetolujuus on huono,

kun taas teräs kestää vetorasituksia huomattavasti paremmin. Tähän perustuukin teräsbetonin erinomainen kestävyys, kun betoni vastaanottaa rakenteeseen kohdistuvat puristusrasitukset ja raudoitus vetorasitukset. (BY 201 2018, 17.)

Betoni on keinotekoisista kiveä, joka koostuu sementistä, vedestä ja runkoaineesta eli erikokoisista kivirakeista. Vesi ja sementti sekoittuvat yhteen sementtiliimaksi, joka sitoo runkoaineet yhteen. Veden ja sementin välinen kemiallinen reaktio aiheuttaa sementtiliiman kovettumisen sementtikiveksi. Erilaisilla lisäaineilla voidaan betonimassan ominaisuuksia muunnella, jolloin voidaan vaikuttaa esimerkiksi betonimassan työstöominaisuuksiin tai valmiin kovettuneen betonin ominaisuuksiin. Betonille on tyypillistä hyvä puristuslujuus, ja betoni jaetaan sen perusteella puristuslujuusluokkiin, jotka ilmoitetaan merkinnällä C12/15...C50/60. Puristuslujuutta voidaan säädellä esimerkiksi vesi-sementtisuhteella käyttötarkoitukseen soveltuvaksi. (BY 201 2018, 16.)

Pakkasrapautuminen ilmenee betonin lujuuden menetyksenä, tilavuuden kasvuna sekä pinnan rapautumisena. Pakkasrapautumisen aiheuttaa betonin kapillaarihuokosiin imeytynyt vesi, joka jäätyy ja laajenee. Vaurioituminen tapahtuu, mikäli veden jäätymlaajenemisen aiheuttama ylipaine betonin sisällä ei pääse vapaasti tapahtumaan. Betoni pakkasenkestävyyttä on kuitenkin mahdollista parantaa muokkaamalla betonin huokosrakennetta, lisähuokostamalla betonia lisäaineilla tai käyttäen mahdollisimman pientä vesi-sementtisuhdetta. (BY 201 2018, 116–118.)

8.2 Teräsbetonin palonkesto-ominaisuudet

Betoni on palamaton A1-luokan materiaali, jota käytetään yleisesti kohteissa, joissa vaaditaan rakenteen palonkestävyyttä kantavana tai eristävänä rakenteena. Korkeissakin lämpötiloissa betoni säilyttää ominaisuutensa hyvin, suojaa raudoitteita ja varaa lämpöä. Tavanomaiset betonit toimivat noin +200°C asti, mutta erikoisbetonit voivat kestää paljon suurempia lämpötiloja ilman materiaaliominaisuuksien heikentymistä. (BY 201 2018, 120.)

Erittäin korkeissa lämpötiloissa sementtiliimassa sekä kiviaineksessa voi tapahtua fysikaalisia ja kemiallisia reaktioita. Betoniin voi syntyä halkeamia tai ääritapauksessa se voi menettää kokonaan kantokykynsä, kun sementtiliiman ja kiviaineksen erilaiset tilavuuden- ja muodonmuutokset aiheuttavat betonille sisäisiä jännityksiä. Betonin sekä raudoitteiden lujuus ja kantokyky heikentyvät korkeissa lämpötiloissa. Betoni kuitenkin suojaa teräksiä lämmöneristyskykynsä ansiosta ja mitä

enemmän suojaavaa betonikerrosta on, sitä paremmin teräkset ovat suojassa lämpötilan aiheuttamilta rasitteilta kuten muodonmuutoksilta. (BY 201 2018, 120.) Suojabetonin toiminta kuitenkin edellyttää betonipeitteen paikallaan pysymistä vahingoittumattomana eli betonissa ei saa tapahtua esimerkiksi lohkeilua (BY 201 2018, 129).

Betonin lujuusominaisuuksiin korkeissa lämpötiloissa vaikuttaa merkittävästi kiviaines-sementti-suhde, johon vaikutetaan valitsemalla kiviaineelle suurempi raekoko. Pehmeän kiviaineen kuten kalkkikiven tai kevytsoran käyttäminen ehkäisee lujuuden alenemista korkeissa lämpötiloissa. Kevytsoran käyttö runkoaineena myös pienentää halkeiluriskiä. Sementtityypin vaikutus betonin ominaisuuksiin korkeissa lämpötiloissa on vähäinen paitsi aluminaattisementillä, jota ei kantavissa rakenteissa saa käyttää. (BY 201 2018, 123–124.)

Hyvän lämpökapasiteettinsa ansiosta betonirakenteet voivat säilyä kuumina pitkäänkin tulipalon jäähtymisvaiheen jälkeen. Vaikka lämpötila alkaa tulipalontilanteen jälkeen jäähtyä ulkoisesti, niin betonirakenteen sisäosat jatkavat kuumenemista vielä jonkin aikaa. Kuumien betonirakenteiden jäähdyttäminen kylmällä vesisuihkulla saattaa aiheuttaa rakenteissa lohkeilua, sillä betonirakenteet ovat alttiita lohkeilemaan jäähtyessään nopeasti. (Hanka 2018)

8.3 Teräsbetonin palomitoitus

Palomitoituksessa huomioidaan voimassa olevat lait sekä asetukset paloturvallisuusvaatimuksista. Tulipalo on onnettomuustilanne, ja siksi palomitoituksessa käytetään poikkeavia varmuuskertoimia. Betoni- sekä teräsbetonirakenteet on mahdollista suunnitella kestämään tulipalon rasituksia ja kuormituksia kantavana sekä osastoivana rakenteena halutun ajan. Maksimilämpötila sekä sen vaikutusaika rakenteessa on palonkestävyyden kannalta ratkaisevaa. (BY 201 2018, 120.) Mitoitettaessa teräsbetonirakennetta on tarkasteltava niin betonia kuin terästäkin ja huomioitava kummankin materiaaliominaisuudet. Rakenteen staattinen toimintatapa, sen muotoilu, mitat sekä liitokset vaikuttavat rakenteen käyttäytymiseen tulipalossa. (BY 201 2018, 128.)

Betonirakenteet jaetaan eurooppalaisissa standardeissa normaaliin betoniin (lujuusluokka \leq C50/60) ja korkealujuusbetoniin (lujuusluokka \geq C55/67). Tavallisen ja korkealujuusbetonin ominaisuudet eroavat toisistaan korkeissa lämpötiloissa ja nämä on suunnittelussa sekä rakenteiden

valinnassa otettava huomioon. Betonin lujuuden kasvaessa myös sen tiiviys kasvaa. Tiiviys estää kosteuden poistumista rakenteesta, jolloin betonin lohkeiluriski kasvaa. (BY 201 2018, 128.)

Betonin kosteuspiitoisuus on merkittävin syy tulipalon alussa tapahtuvalle lohkeilulle, kun betonin kosteus ei pääse kulkeutumaan betonin kylmempiin sisäosien huokosiin ja höyrystyy. Höyryn esteetyn lämpölaajenemisen takia aiheutuu kasvava höyrynpaine ja rakenteisiin syntyy jännitystila mikä irrottaa kuumentuneen kuivan kerroksen räjähdysmäisesti. Korkealujuusbetonin tulipalossa tapahtuvaa räjähdysmäistä lohkeilua voidaan estää käyttämällä tiheää verkkoraudoitusta rakenteen pinoissa, betonin huokoistuksella, lisäämällä betoniin monofilamentti-polypropeenikuituja tai suojaamalla palolle altis pinta. (BY 201 2018, 128–129.)

Betonin terästen muodonmuutokset sekä lujuuden heikkenemiset on huomioitava palomitoituksessa etenkin vaativassa kohteessa kuten palotalo. Kirjallisuuskatsauksessa terästen palorasituksen jälkeisistä mekaanisista ominaisuuksista (Maraveas & Fasoulakis 2014), oli selvitetty pehmeiden kuumavalssattujen terästen lujuuksien palautumista jäähtymisen jälkeen. Selvityksessä todettiin terästen jäännöslujuuden palautuvan täysin altistuttuaan 600 °C:een rasitukselle. Jäännöslujuudet kuitenkin laskevat lineaarisesti, kun lämpötila nousee 900 °C:seen ja pysyvät samoina 1000 °C:seen asti. Lisäksi tutkimuksessa todettiin vesijäähdytyksen laskevan terästen muodonmuutoskykyä ja parantavan lujuutta verrattuna ilmassa jäähtymiseen. (Maraveas & Fasoulakis 2014)

9 Rakenteelliset ratkaisut

Opinnäytetyön selvityksen perusteella uuden palotalon päärakennusmateriaaliksi valittiin raudoitettuja betonirakenteita sekä metalli- ja teräsrakenteita, jotka kaikki ovat palamattomia A1-luokan materiaaleja. Betoni on kuitenkin näistä kaikista kestävin ja parhaiten kohteeseen soveltuva sen erinomaisten palonkesto-ominaisuuksien vuoksi. Kantavaksi runkorakenteeksi valittiin teräsbetonielementit. 2-kerroksisen rakennuksen alapohja, välipohja sekä yläpohja tehdään ontelolaatoilla. Ontelolaattojen pitkiä palonkestovaatimuksia kuten REI180 ja REI240 voidaan toteuttaa käyttämällä ontelolaattojen alapuolista paloeristystä. Tässä työssä ei otettu kantaa rakenteiden jäykisteisiin eikä esimerkiksi ontelolaattojen suuntaan. Lämmöneristeitä ei rakennukseen tule niiden huonon palonkestävyyden takia eikä rakennusta ole tarvetta lämmöneristää sen käyttötarkoituksen vuoksi.

Rakenteiden mitoitusta ei tässä työssä tehty, mutta betonin mitoitusta ja suunnittelua varten työssä löydettiin huomioitavia asioita, millä saadaan parannettua betonin kestävyyttä siihen kohdistuvia rasituksia vastaan. Pakkaskestävyyttä voidaan parantaa lisähuokoistamalla betonia lisäaineilla ja käyttämällä alhaista vesi-sementtisuhdetta. Raudoitteita voidaan suojata käyttämällä tavallista paksumpaa suojabetonikerrosta. Betonin runkoaineeksi olisi hyvä valita suurempi kivi- raekoko ja esimerkiksi kevytsora, joka pienentää halkeiluriskiä. Kaikkein lujinta betonia ei kannata kohteessa käyttää, sillä luja betoni on myös tiivistä, jolloin kosteus jää rakenteeseen ja saattaa aiheuttaa lohkeilua, mikä altistaa myös teräkset palolle alttiiksi. Palotalon betonin lujuuden tulisi olla siis \leq C50/60-lujuusluokkaa esimerkiksi C40/50, mikä on lujaa betonia, mutta ei kuitenkaan liian tiivistä korkealujuusbetonia.

Katto- sekä parvekerakenteet toteutetaan teräksestä. Kattorakenteet joutuvat altistumaan palolle yläpohjan sammutusharjoituksissa, mutta eivät niin paljon kuin rakennuksen sisäpuoliset rakenteet, joten teräs soveltuu käytettäväksi materiaaliksi. Parveke tehdään teräsrtilästä eikä se joudu altistumaan palolle juurikaan, vaan toimii pääasiassa kulku- ja pelastusreitteinä.

Rakenteiden kuivumisen varmistamiseksi alapohjaratkaisuksi valittiin tuulettuva alapohjarakenne. Ala- ja välipohjan lattiakaadoilla ja viemäröinneillä saadaan rakenteet kuivumaan sammutusvedestä ja näin betoni ei pääse myöskään pakkasrapautumaan. Betonin kuivumista edistää myös betoniin varautunut lämpö. Salaojituksella ja maapinnan kallistuksella rakennuksesta pois päin varmistetaan maahan päätyneen veden pois ohjaaminen ja kuivattaminen.

Yksi vaihtoehto kohteessa olisi ollut toteuttaa pintamateriaaleja tai seiniä palovaurioitumisen jälkeen korvattavilla rakenteilla, mutta palotalossa yksi vaatimuksista oli huoltovapaus sekä helppokäyttöisyys, joten tästä ideasta luovuttiin. Pirkanmaan palotalosta löydettiin ratkaisu tilojen muuntamiseen siirrettävillä elementtiseinillä ja niitä päädyttiin käyttämään rakennuksen 2.kerroksessa.

Pelastuslaitos oli hankkeelle asettanut budjettitavoitteen \sim 100 000 € ja opinnäytetyön yhtenä tarkoituksena oli myös saada tarkemmat arviot hankkeen kustannuksista. Rakennussuunnittelulla, toteutustavoilla sekä materiaaliratkaisuilla kustannuksia on mahdollista säädellä, mutta ensisijaisesti tässä työssä keskityttiin löytämään toimivin ja kestävin ratkaisu. Hankkeen kustannusarviot tehtiin samanaikaisesti toteutetussa palotalon tuotannosuunnittelun opinnäytetyössä. Rajallisen

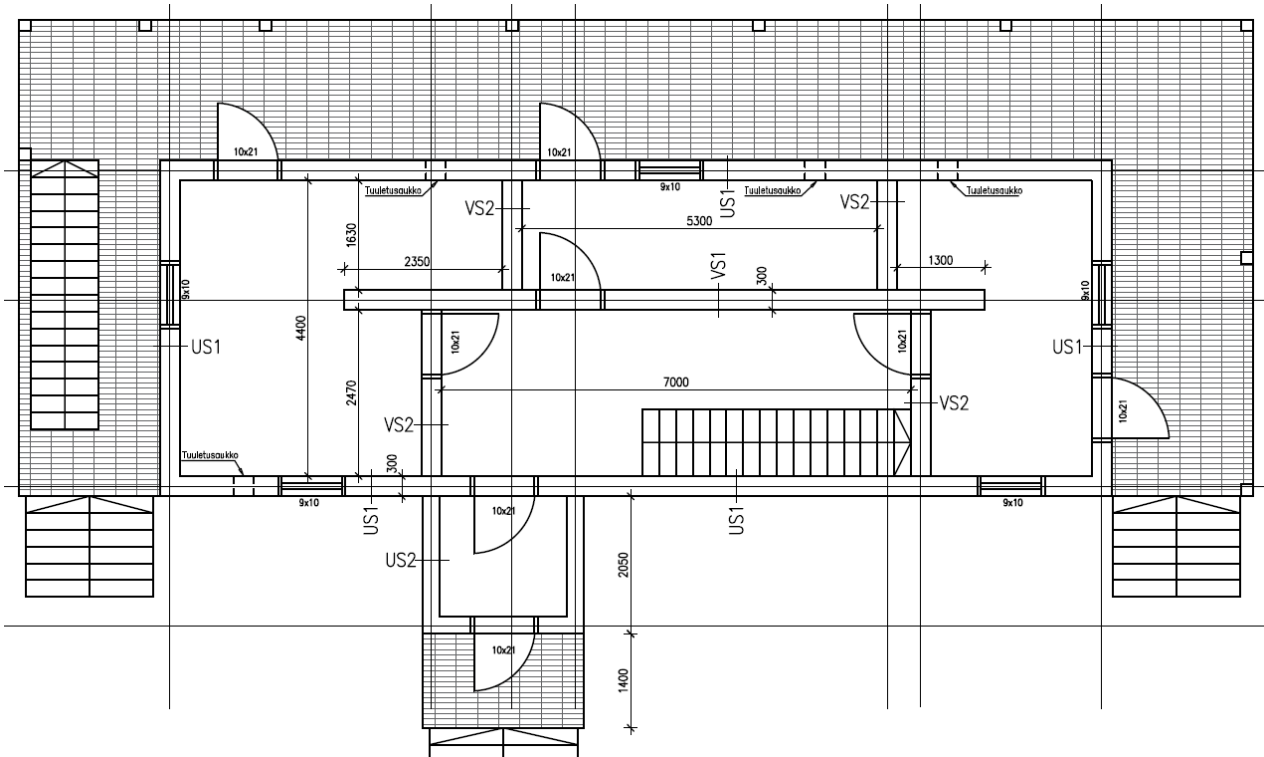
budjetin sekä hankkeen haastavuuden vuoksi rakennus toteutetaan mahdollisimman yksinkertaisena.

10 Luonnossuunnitelmat

Tässä työssä ei rakenteita vielä mitoitettu vaan suunnitelmat toimivat pohjana määrä- ja kustannuslaskelmille sekä seuraavalle suunnitteluvaiheelle, missä rakenteiden mitoitus tapahtuu. Rakenteiden paksuudet ja mitat ovat alustavia luonnossuunnittelun mittoja. Rakennus suunnitellaan ja toteutetaan voimassa olevien lakien ja asetusten mukaisesti. Rakenteiden mitoituksessa tulee huomioida kohteen erityisvaatimukset ja rasitukset.

Luonnossuunnitelmiin kuuluivat 1- ja 2-kerroksen pohjapiirustukset, rakennuksen yleisleikkaus, julkisivupiirustukset sekä vesikaton tasokuva, jotka ovat tämän työn liitteenä. Piirustusten moduuliivastot kulkevat seinien keskilinjoja pitkin. Rakennukseen ei tule sähköjä.

Rakennuksen runko eli ulkoseinät (US1, US2) ja väliseinät (VS1) ovat teräsbetonielementtejä (ks. kuvio 11), jotka seuraavassa suunnitteluvaiheessa mitoitetaan parhaaseen mahdolliseen palonkestoluokkaan. Elementeissä tulee huomioida niin palorasitukset kuin myös sammutusveden ja pakkasen rasitteet. Terästen suojaus tulee varmistaa riittävällä suojabetonin paksuudella. Elementtien pinta sekä sisällä että ulkona jätetään paljaalle betonipinnalle. Elementteihin ei tule lämmöneristeitä. US1-elementteihin tulee polttopaikkojen läheisyyteen seinien alareunaan tuuletusaukot, alustavilta mitoiltaan 200x300mm, alkupalon hapensaantia varten. Elementtien liitoksia ei ole työssä määritelty, muuten kuin esimerkeillä ontelolaattojen vakioliitoksista liitteissä 3 ja 4, mutta niissä tulee huomioida riittävä suojabetonin määrä.



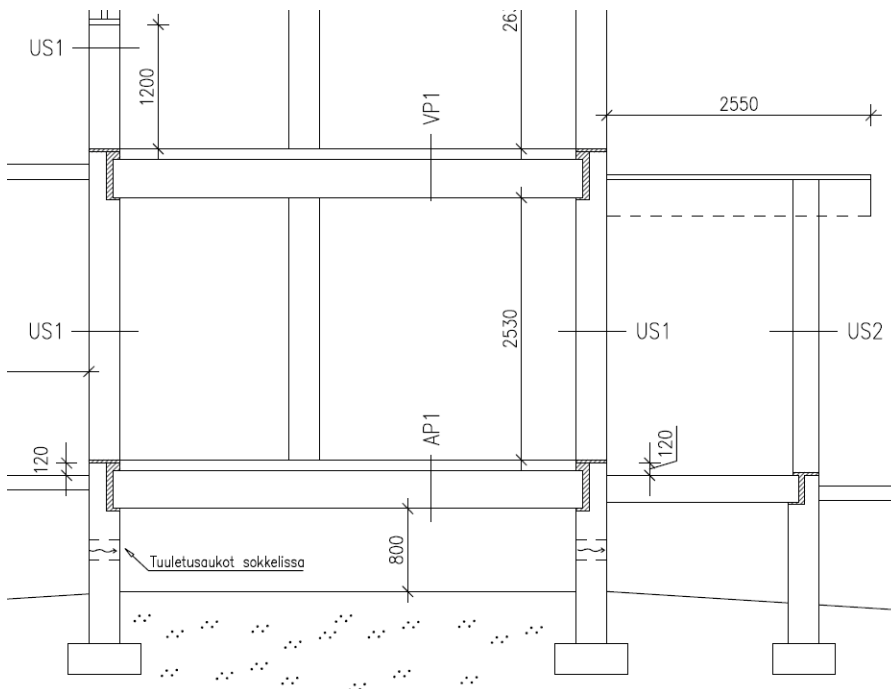
Kuvio 11. Uuden palotalon luonnossuunnitelmien 1. kerroksen pohjapiirustus.

Kiinteät väliseinät (VS2) ovat muottivaluharkko rakenteisia. Harkkojen ladonnan ja raudoituksen jälkeen valuontelot täytetään betonimassalla. Muottivaluharkko MH-300 täyttää palovaatimuksen REI240. Harkkoseinien pinnat tasoitetaan laastilla.

Alapohja (AP1) sekä välipohjat (VP1) toteutetaan ontelolaatoilla (ks. kuvio 12), joiden alustava koko on O37. Ontelolaattojen suuntaan ei ole otettu kantaa suunnittelun tässä vaiheessa. Ontelolaattojen päälle valetaan betonilattia, jossa on lattiakaadot viemäreihin. Kaatojen suositellaan olevan tavallisia määräyksiä suuremmat. Lattian viemäreiden ja ritilöiden tulee olla kuumuutta kestäviä kuten valurautaa. Viemäröintiratkaisuihin ja lopullisen toteutuksen vedenpoistumiseen ei ole otettu kantaa, mutta viemäreissä on varmistettava niiden jäätyksen estäminen. Ontelolaatoissa huomioitava myös riittävä suojabetonin paksuus raudoituksille. Ontelolaattojen vakioliitokset betonielementtiseiniin on esitetty liitteissä 3 ja 4.

Alapohja (AP1) on tuulettuva eli ontelolaattojen alapuolella tulee jäädä vähintään 800 mm tuuletuvaa tilaa (ks. kuvio 12). Sokkelit tehdään paikallavalubetonilla. Sokkeliin tulevat tuuletusaukot

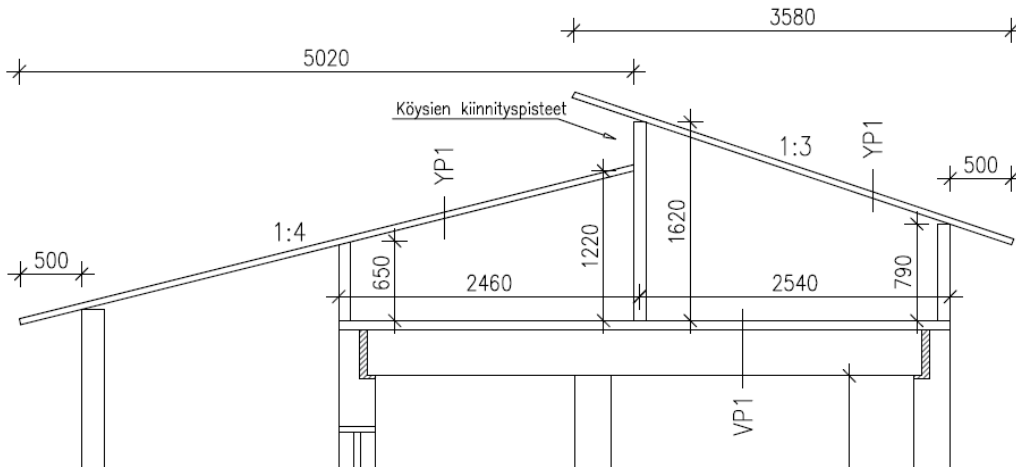
jaetaan tasaisesti ulkoseinälinjalle 6 m enimmäisvälein, vähintään 150 mm maanpinnan yläpuolella. Tuuletusaukkojen vähimmäiskoon on oltava 150 cm^2 . Anturat valetaan betonista sokkelin alle jatkuvana anturana. Anturoita eikä niiden syvyyttä ole tässä työssä mitoitettu. Anturan alla tulee olla kantavaa maa-ainesta riittävästi, esimerkiksi mursketta. Salaojitus tulee rakennuksen ympärille räystääslinjaan anturan alapintatason alapuolelle sekä maahan laitetaan riittävät routasuojaukset.



Kuvio 12. Uuden palotalon luonnossuunnitelmien välipohjat.

Rakennuksen katto eli yläpohja (YP1) toteutetaan peltikatteella, jolla on teräsprofiilirunko ja ruo-
teet (ks. kuvio 13). Peltikate sekä muut teräsosat palosuojataan esimerkiksi palosuojamaalilla. Ra-
kennuksen etuoven puoleisen kattolapteen kaltevuus on 1:3 ja toisen puolen lappeen kaltevuus
1:4. Kattoon tulee kaksi EUR-kuormalavalle mitoitettua aukkoa, mihin lavoja voidaan asettaa kat-
toluukuiksi. Aukoista voidaan harjoituksissa mennä sisään sammuttamaan yläpohjan paloa tai har-
joitella pistosuihkuputken käyttöä. Peltikatteen ja teräsrungon lisäksi yläpohjaan ei tule muuta ma-
teriaalia, vaan materiaaleja kuten lämmöneristeitä voidaan tuoda ja muokata ullakolla
harjoitustarpeiden mukaan. Kattorakenne jää rakennuksen päädyistä alustavasti avonaiseksi,
mutta se voidaan rakentaa myös umpinaiseksi esimerkiksi teräslevyillä. Kattorakenteisiin harjan
kohdalle tulee kiinnityspisteitä, joihin saadaan kiinnitettyä putoamissuojaimia ja köysiä. Yläpohjan

polttopaikkojen sijoitteluun ei ole otettu kantaa ja ne pitää seuraavassa suunnitteluvaiheessa huomioida.



Kuvio 13. Uuden palotalon luonnossuunnitelmien yläpohja.

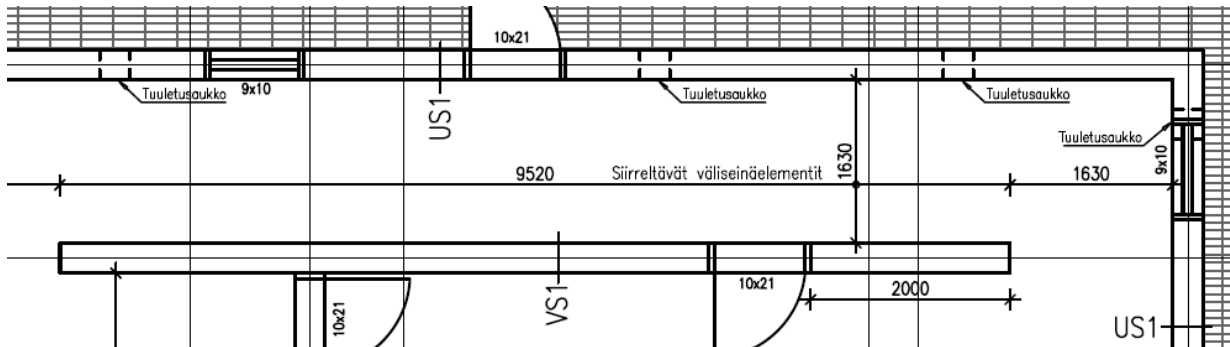
Rakennuksen ulkopuolella kiertävä teräsritiläparveke kannatetaan teräspalkeilla ja -pilareilla. Parveke kiertää 1. sekä 2.kerroksessa. Pilarit pystytetään pilarianturoille. Parvekkeelle on kulku ulkona olevia teräsritiläportaita pitkin sekä rakennuksen sisältä. Parvekkeen ympärillä kiertää kaide (1200 mm korkea), jossa on kaksi välijohdetta.

Ikkunat ovat 9x10 kokoisia palonkestäviä metallirakenteisia luukkuja, jotka saadaan avattua ulospäin kokonaan yksinkertaisella vivulla. Ovet ovat 10x21 kokoisia metallirakenteisia ja palonkestäviä. Ovien alanurkassa on paloletkun mentävä aukko, jotta ovi voidaan sulkea, kun tehdään sammutustyötä. Aukossa on joustavasta materiaalista esimerkiksi kumista valmistettu läppä, joka sulkeutuu itsestään, kun paloletku ei kulje siitä.

Sisällä olevat portaat ovat teräsritilärakenteiset ja niiden alapuoli on umpinainen, jottei materiaalia, etenkin palavaa, pääse tippumaan niiden alapuolelle ja ihmisten päälle. Kuivanousut on piirustuksissa alustavasti sijoitettu porrashuoneeseen.

Toiseen kerrokseen tulee 2–3 kappaletta liikuteltavia väliseinäelementtejä, joilla saadaan muunneltua tiloja (ks. kuvio 14). Seinät ovat L-muotoisia ja metallirunkoisia ja liikkuvat allaan olevilla

pyörillä. Seinät lukitaan paikalleen pyörien lukituksella sekä yläpäässä olevien trapetsikierretankojen avulla. Seinät ovat mitoitettu 1630 mm seinäväleille. Väliseinäelementistä on esitetty mallipiirustus liitteessä 2.



Kuvio 14. Liikuteltavien väliseinäelementtien alue 2. kerroksessa.

Vanhan palotalon rakenteita ja materiaaleja voidaan mahdollisuuksien mukaan hyödyntää myös uudessa rakennuksessa. Esimerkiksi ulkona olevat teräsrutiläpörsäkkeet eivät ole palovaurioista kärsineet, joten ne ovat täysin käyttökelpoisia uudelleenkäyttöä varten.

11 Pohdinta

Opinnäytetyössä tavoitteena oli löytää mahdollisimman kestävä ja tarkoitukseen soveltuva rakenteellinen toteutustapa uudelle palotalolle sekä tuottaa sen luonnossuunnitelmat, joiden perusteella saataisiin kustannusarviot sekä pohja seuraavaa suunnitteluvaihetta varten. Suunnitelmien avulla pelastuslaitos saa vietyä palotalo-hankettaan eteenpäin, jotta Keski-Suomeen saataisiin paremmat harjoitteluolosuhteet pelastustoimelle. Tutkimuskysymyksiä olivat kestävimmän materiaalin ja rakenteellisten ratkaisujen löytäminen sekä toimivimman harjoitusympäristön suunnittelu annettujen vaatimusten perusteella.

Työssä löydettiin sopiva materiaali sekä rakenneratkaisut palotalon rasituksiin. Mitoittaminen ei työhön kuulunut vaan se tapahtuu seuraavassa suunnitteluvaiheessa. Työssä kuitenkin nostettiin esiin mitoituksessa huomioitavia ja hyödynnettäviä asioita, joilla betonista saadaan kestävä. Pelastuslaitoksen esittämiin toiveisiin ja vaatimuksiin löydettiin työssä ratkaisut, joita voidaan palotalossa tulla käyttämään.

Tulosten luotettavuus oli pääasiassa hyvää, mutta koska kyseessä oli hyvin harvinaislaatuinen kohde, mistä ei paljon tietoa löytynyt, oli käytettävä kaikki vastaan tuleva tieto ja arvioitava sen soveltuvuutta työhön. Yksi lähde työssä oli Pirkanmaan ja Pelastusopiston palotalot ja niiden toteutustavat. Kumpikaan ei varsinaisesti vastannut Keski-Suomen tarpeita, sillä esimerkiksi Pirkanmaalla käytettiin maakaasua, minkä rasitukset rakenteille ovat huomattavasti pienemmät kuin puun polttamisella ja näin Pirkanmaan palotalo oli voitu toteuttaa teräsrakenteisena. Keski-Suomen vanhassa palotalossa taas oli jo todettu puun käyttämisen polttomateriaalina olevan liikaa teräsrunkoiselle rakennukselle. Molemmista palotaloista saatiin kuitenkin ratkaisuja uutta palotaloa varten.

Opinnäytetyössä päästiin asetettuihin tavoitteisiin ja löydettiin pelastuslaitokselle sen tarvitsemat rakenneratkaisut sekä tuotettiin luonnossuunnitelmat pohjaksi seuraavaa suunnitteluvaihetta varten. Luonnossuunnitelmien perusteella palotalolle saatiin kustannusarviot samanaikaisesti toteutuksessa tuotannosuunnittelun opinnäytetyössä. Keski-Suomen sekä muiden paikkakuntien palotalo-hankkeita ajatellen olisi hyvä, jos hankkeita ei rajoittaisi liian tiukka budjetti, vaan rakennukset voitaisiin toteuttaa kerralla mahdollisimman toimiviksi. Tällöin säästettäisiin kustannuksia jatkuvista korjaustöistä ja pelastustoimi saisi harjoitella laadukkaassa ympäristössä.

Lähteet

A 848/2017. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. Viitattu 10.4.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170848>.

Betonin vaurioituminen. N.d. Betoniteollisuus ry:n verkkosivut. Viitattu 18.4.2021. <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/ominaisuudet-ja-edut/betonin-vaurioituminen/>

BY 201. 2018. Betonitekniikan oppikirja. Julkaisija Suomen Betoniyhdistys. Helsinki: BY-koulutus.

Göös, T. 2021. Koulutusmestari. Keski-Suomen pelastuslaitos. Sähköpostiviesti. 19.4.2021.

Hanka, M. 2018. Teräs- ja betonirakenteiden vaurioituminen tulipalossa. Kandidaatintyö. Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikan kandidaatin tutkinto-ohjelma. Viitattu 19.4.2021. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:tty-201805281868>

Jantunen, J. 2017. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. Perustelumuis-tio. Julkaistu 28.11.2017. Viitattu 10.4.2021. <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>.

Keski-Suomen pelastuslaitos. 2020. Hanke-esitys. 19.10.2020.

Korkealla työskentely pelastustoimessa. 2005. Sisäasiainministeriön ohje. Viitattu 16.3.2021.

Koskela, A. 2021. Palomestari. Pirkanmaan Pelastuslaitos. Haastattelu 15.3.2021.

L 379/2011. Pelastuslaki. Viitattu 9.4.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110379#L4P26>.

Liitokset. 2020. Runko- ja seinäelementtien vakioliitokset. Betoniteollisuus ry:n ylläpitämä verkkosivusto betonielementtirakenteista. Viitattu 28.4.2021. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/liitokset>

Maraveas, C., Fasoulakis, F. 2014. Post-fire mechanical properties of structural steel. 8th National Steel Structures Conference. Kirjallisuuskatsaus. Viitattu 24.4.2021. https://www.researchgate.net/publication/264545278_POST-FIRE_MECHANICAL_PROPERTIES_OF_STRUCTURAL_STEEL

Palotalo. N.d. Pelastusopiston verkkosivu. Viitattu 9.3.2021. <https://www.pelastusopisto.fi/pelastusopisto/oppimisymparistot/palotalo/#8d6dd297>.

Paloturvallinen puutalo – Asuin- ja toimitilarakentaminen. 2018. Puuinfo Oy:n julkaisema ohje. Julkaistu 2018.

Pelastussukellusohje. 2007. Sisäasiainministeriön ohje. Viitattu 16.3.2021. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-491-281-5>.

Pelastustoiminta. N.d. Keski-Suomen pelastuslaitoksen verkkosivu. Viitattu 24.2.2021. <https://www.keskisuomenpelastuslaitos.fi/kspelapalvelut/pelastustoiminta>.

Rakennuspalosimulaattori mahdollistaa palomiesten yhdenmukaisen harjoittelun Pirkanmaalla. 9.4.2020. Pelastusalan ammattilainen -verkkolehti. Viitattu 15.3.2021. <https://pelastusalan ammattilainen.fi/rakennuspalosimulaattori-mahdollistaa-palomiesten-yhdenmukaisen-harjoittelun-pirkanmaalla/>.

Rakennusten hävittäminen polttamalla. N.d. Pohjanmaan pelastuslaitoksen palvelut. Pohjanmaan pelastuslaitoksen verkkosivut. Viitattu 16.4.2021. <https://www.pohjanmaanpelastuslaitos.fi/palvelut/rakennusten-havittaminen-polttamalla/>.

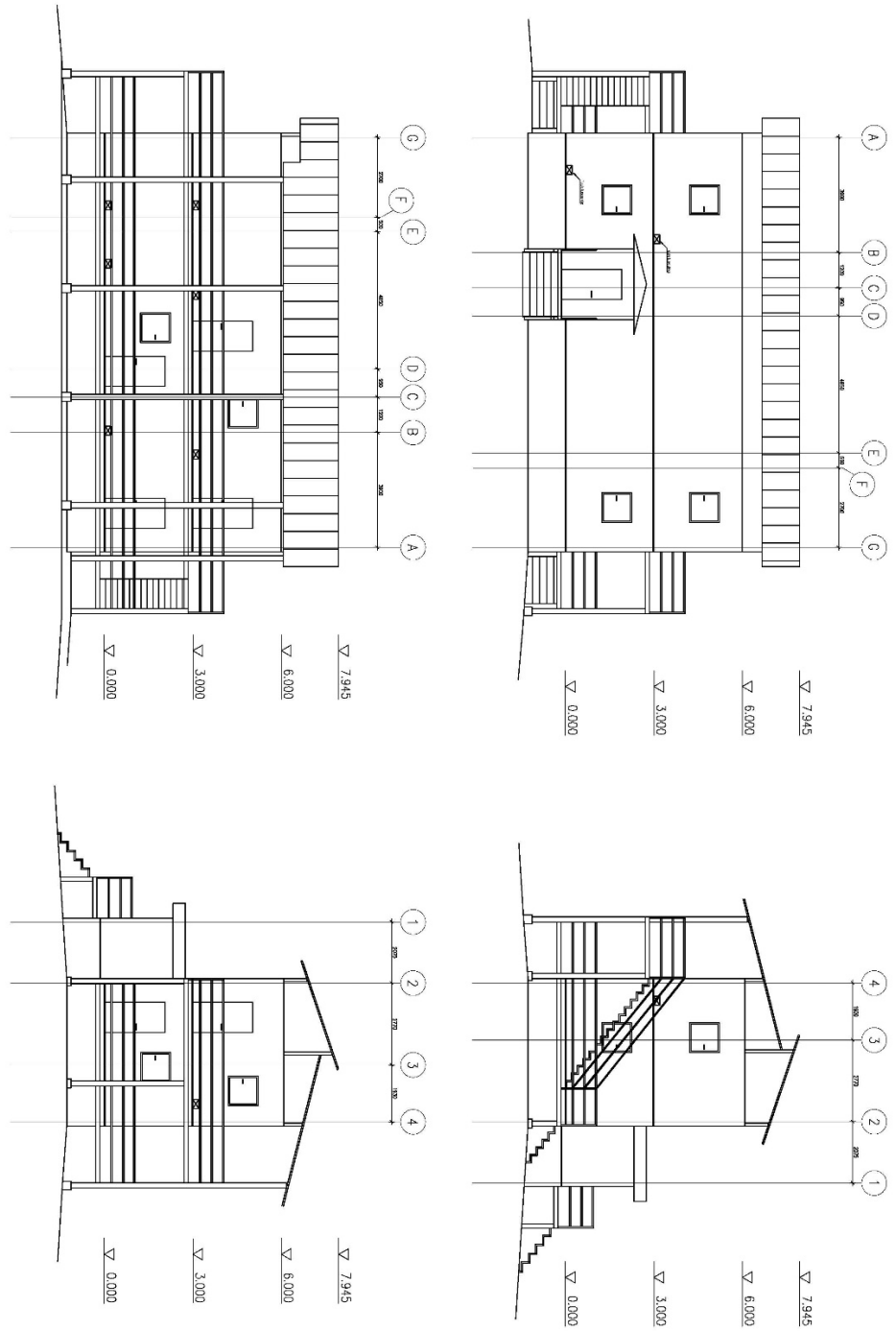
RIL 195-1-2018. Rakenteellinen paloturvallisuus. Yleiset perusteet ja ohjeet. 2018. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Rissanen, A. 2021. Vastauksia kysymyksiin pelastusopiston palotalosta. Sähköpostiviesti 16.4.2021.

RT 103131. 2019. Rakennuksen paloluokan määrittäminen ja keskeiset palotekniset vaatimukset. RT-ohjekortti. Rakennustieto. Viitattu 10.4.2021. <https://janet.finna.fi/>, RT-kortisto.

SFS-EN 13501-1:2019 Rakennustuotteiden ja rakennusosien paloluokitus. Osa 1: Palokäyttäytymiskokeiden tuloksiin perustuva luokitus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 4.1.2019. Viitattu 10.4.2021. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

Valtakunnallinen turvallisuusalan koulutuskeskus. N.d. Pelastusopiston verkkosivu. Viitattu 15.4.2021. <https://www.pelastusopisto.fi/koulutus/#8d6dd297>.



KESK.	KORITZAUKA	TÄHTYYS	RAKENNUSALUE	RAKENNUS	JÄLKEKÄ
TEKNISTUOTOINNE			RAKENNUS		1
LUISANKENKUS			PÄÄPIIRUSTUS		1
RAKENNUSALUE			RAKENNUS		1
Keskli-Suomen poliisilaitos			JÄLKEKÄ		1:100

ARKK	1	5	
ARKK	1	5	
ARKK	1	5	

EV

Emmi Vuorinen

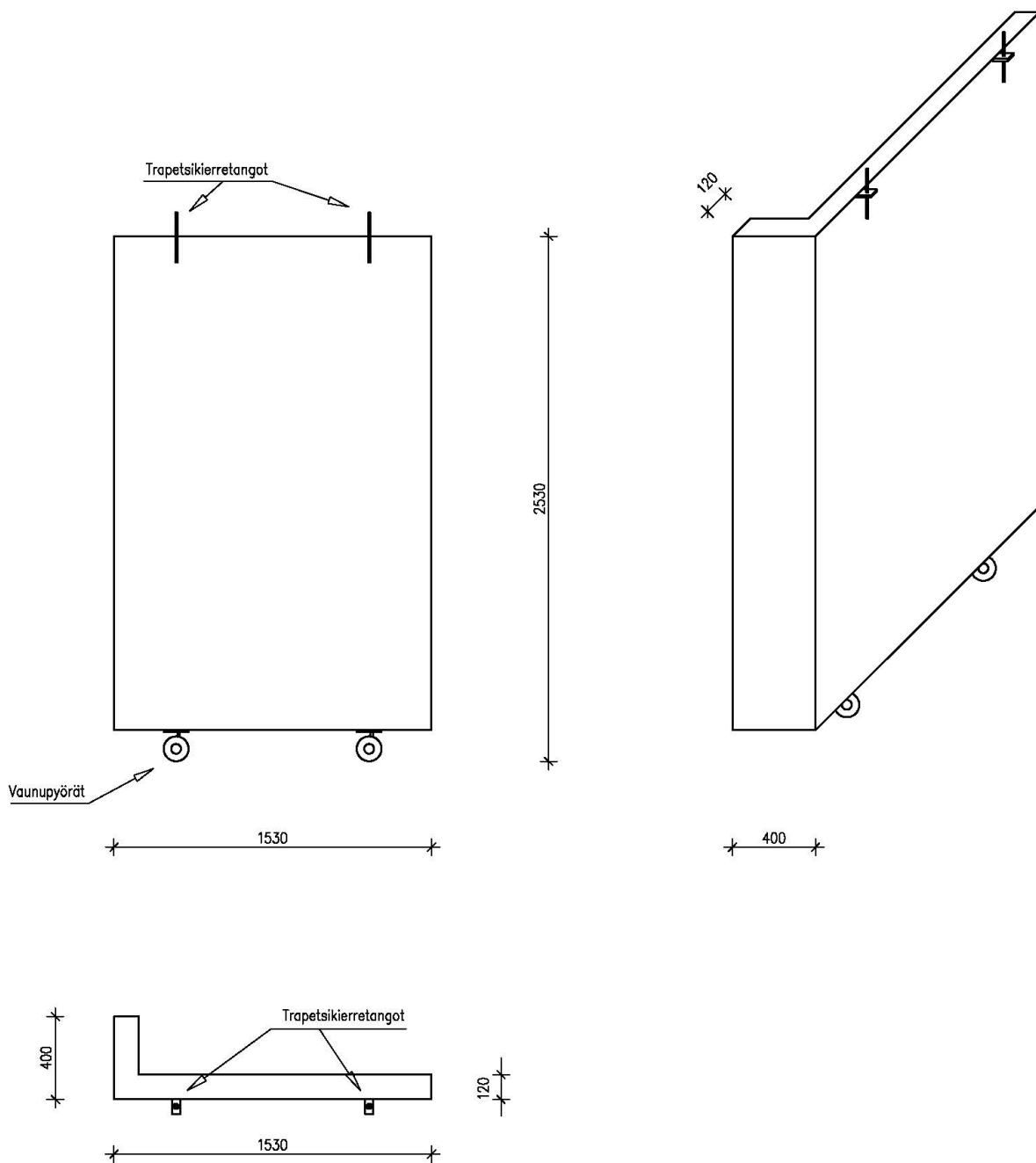
ARKK
1
5

ARKK
1
5

ARKK
1
5

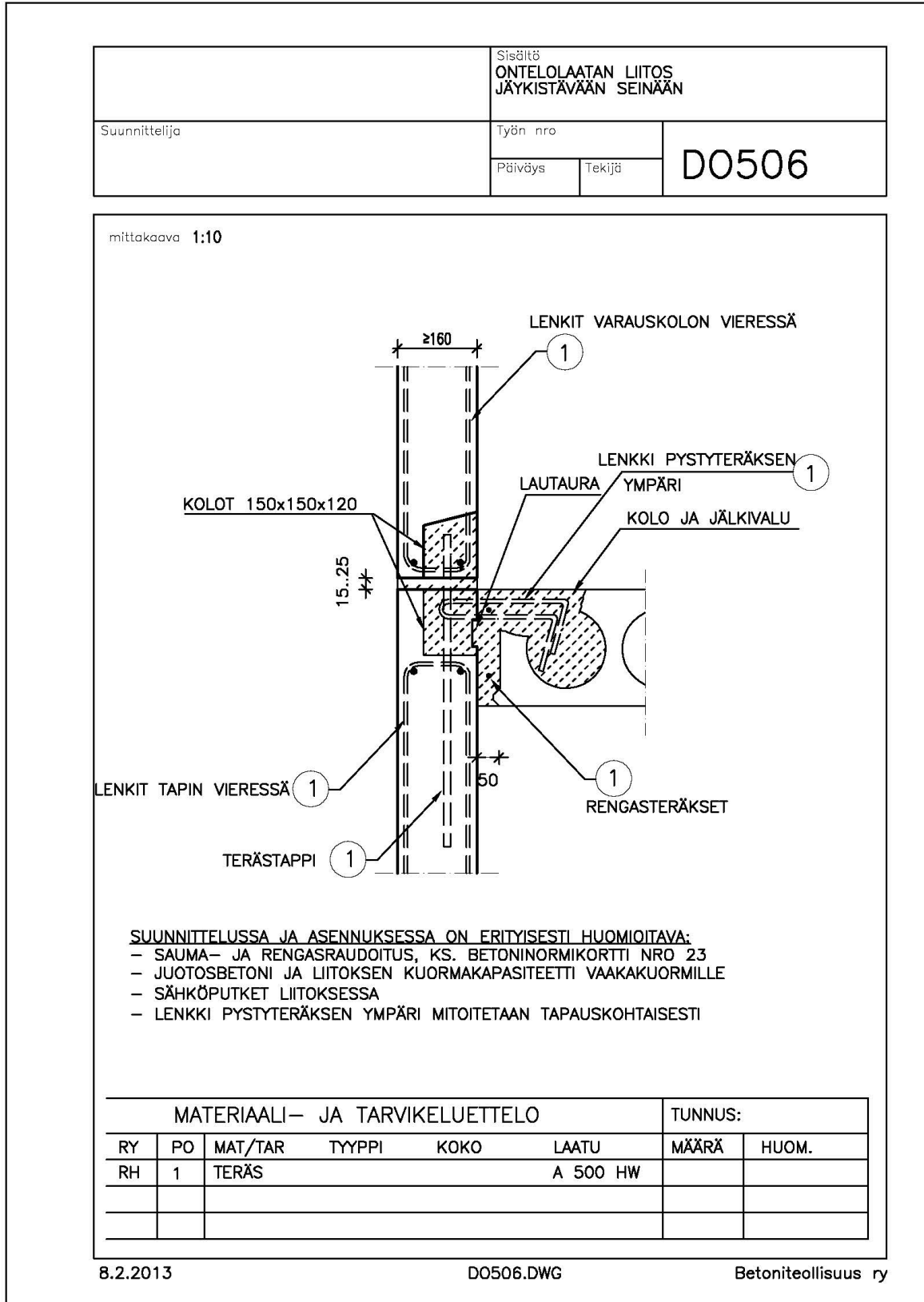
Liite 2. Liikuteltavan väliseinäelementin mallipiirustus

Liikutettava väliseinäelementti mallipiirustus	30.4.2021
<ul style="list-style-type: none"> -Metallirunko, pelti tms. materiaali rungon molemmin puolin -Palosuojamaalattu -2kpl trapetsikierretankoja kattoon kiristämistä varten -Vaunupyörät tms. alla liikuttelua varten, lukitusmekanismilla -Mahdollista lisätä myös ovi seinään 	Emmi Vuorinen



Liite 3. Ontelolaatan ja seinän liitosdetalji

Ontelolaatan ja betonielementtiseinän vakioliitos (Liitokset 2020).



Liite 4. Ontelolaatan ja väliseinän liitosdetalji

Ontelolaatan ja betonielementtiväliseinän vakioliitos (Liitokset 2020).

