



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

PUUKERROSTALON PALOTURVALLISUUS

TEKIJÄ: Selma Kinnunen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Selma Kinnunen	
Työn nimi Puukerrostalon paloturvallisuus	
Päiväys 24.04.2019	Sivumäärä/Liitteet 35
Ohjaaja(t) Rakennetekniikan yliopettaja, TkT Arto Puurula ja rakennetekniikan lehtori, DI Matti Mikkonen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia-ammattikorkeakoulu	
Tiivistelmä <p>Suomen rakentamismääräyskokoelman kaikki osat uudistettiin ja ne astuivat voimaan vuoden 2018 alussa. Puukerrostalon suunnittelussa on noudatettava 848/2017 Ympäristöministeriön asetusta rakennusten paloturvallisuudesta. Puukerrostalot ovat paloturvallisia, sillä rakennuksen runkomateriaalilla ei ole asukkaan turvallisuuden kannalta merkitystä palotilanteessa. Ihmiselle vaarallisimpia ovat irtaimiston palon aiheuttamat myrkylliset savukaasut. Opinnäytetyön tarkoituksena oli saada lukijalle myönteinen kuva puukerrostalon paloturvallisuudesta.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin kirjallisuustutkielmana. Työssä kerrotaan puurakentamisesta, sen ominaisuuksista, puutuotteista ja palomääräyksistä. Työssä tutkittiin puukerrostalon paloturvallisuutta ja palosuojauksia. Palosuojauksessa käytettiin esimerkkitapausta 6-kerroksista puukerrostaloa As Oy Joensuun Pihapetäjää.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena oli teoriaosa puukerrostalon palosuojauksesta malliesimerkin avulla. Uudet paloturvallisuusmääräykset lisäävät puukerrostalojen rakentamista ja puupintojen näkyvyyttä. Puun käyttämisellä rakentamisessa voidaan pienentää hiilijalanjälkeä, sillä puu sitoo hiilidioksidia kasvaessaan ja se toimii rakenteissa hiilivarastona.</p>	
Avainsanat paloturvallisuus, puukerrostalo, CLT, LVL	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Construction Engineering			
Author(s) Selma Kinnunen			
Title of Thesis Fire Safety of a Multi-Storey Timber Building			
Date	24 April 2019	Pages/Appendices	35
Supervisor(s) Mr Arto Puurula, PhD, Principal Lecturer and Mr Matti Mikkonen, MSc, Senior Lecturer			
Client Organisation /Partners Savonia University of Applied Sciences			
<p>Abstract</p> <p>The Finnish national building code was reformed and came into effect at the beginning of 2018. The design of a multi-storey timber building has to comply with the Ministry of the Environment's decree (848/2017) on the Fire Safety of buildings. Multi-storey timber buildings are fire safe because the building material of the building is not relevant to the occupant's safety in a fire situation. The most dangerous things to people are the toxic flue gases from the movable property. The aim of the thesis was to give the reader a positive picture of the fire safety of a multi-storey timber building.</p> <p>The thesis was carried out as a literature study. In the thesis, timber construction, its properties, wood products and safe regulations were described. In the work were studies of the fire safety of multi-storey timber buildings and fire retardant treatment. As an example of fire retardant treatment was used a six-floor multi-storey timber building.</p> <p>As a result of the thesis was a theory of safety regulations of multi-storey timber buildings. The new fire safety regulations increase the construction of multi-storey timber buildings and the visibility of wooden surfaces. By using wood in construction, the carbon footprint can be reduced because wood binds carbon dioxide as it grows and it works as a long-term carbon storage in the structures.</p>			
<p>Keywords fire safety, multi-storey timber building, CLT, LVL</p>			

ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö on kirjallisuustutkimus puukerrostalon paloturvallisuudesta. Työ sisältää tietoa puurakentamisesta, palomääräyksistä ja palosuojauksesta. Esimerkkinä käytetään 6-kerroksista puukerrostaloa.

Kuopiossa 24.04.2019

Selma Kinnunen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	PUURAKENTAMINEN.....	7
2.1	Puun ominaisuudet	8
2.2	Puutuotteet	9
3	PALOTURVALLISUUS	12
3.1	Palomääräykset	12
3.1.1	Paloluokat.....	12
3.1.2	Kantavuus ja osastoivuus	13
3.2	Paloturvallisuuden suunnittelu	16
3.2.1	Palokuorma	16
3.2.2	Kerros määrä ja korkeus.....	16
3.2.3	Toiminnallinen palomitoitus	17
3.2.4	Liitosten palomitoitus	18
3.3	Palosuojaus	19
4	JOENSUUN PIHAPETÄJÄ.....	24
4.1	Energiatehokas puukerrostalo.....	24
4.2	Paloturvallisuus.....	25
4.2.1	Palotekninen suunnittelu.....	25
4.2.2	Paloturvallisuuden parantaminen.....	31
5	POHDINTA.....	33
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	34

1 JOHDANTO

Puukerrostalot ovat paloturvallisia. Puukerrostalojen rakenteilla on yhtä lailla sama 60 minuutin palonkestovaatimus kuin betonikerrostalojen rakenteilla. Tämän lisäksi puukerrostaloissa puurakenteet suojaverhoillaan, kaikki tilat varustetaan automaattisella sammuuslaitteistolla ja kaikista huoneistoista on vähintään kaksi poistumistietä. Rakennuksen runkomateriaalilla ei ole asukkaan turvallisuuden kannalta merkitystä tulipalotilanteessa. Ihmiselle vaarallisimpia ovat irtaimiston palon aiheuttamat myrkylliset savukaasut.

Opinnäytetyön aihe valikoitui oman mielenkiinnon kohdistuessa puurakentamiseen ja paloturvallisuuden sekä puurakentamisen ajankohtaisuus puukerrostalojen rakentamisen lisääntyessä. Opinnäytetyön tavoitteena on saada lukijalle myönteinen kuva puukerrostalon paloturvallisuudesta.

Opinnäytetyö on kirjallisuustutkimus, jonka toimeksiantaja on Savonia-ammattikorkeakoulu. Aihetta käsiteltiin alan kirjallisuuden ja verkkoaineiston avulla. Opinnäytetyössä tutkitaan puurakentamista ja puukerrostalon paloturvallisuutta. Palosuojauksessa käytetään esimerkkikohteena 6-kerroksista puukerrostaloa As Oy Joensuu Pihapetäjä (kuva 1).



KUVA 1. As Oy Joensuu Pihapetäjä (Joensuunpihapetaja.fi)

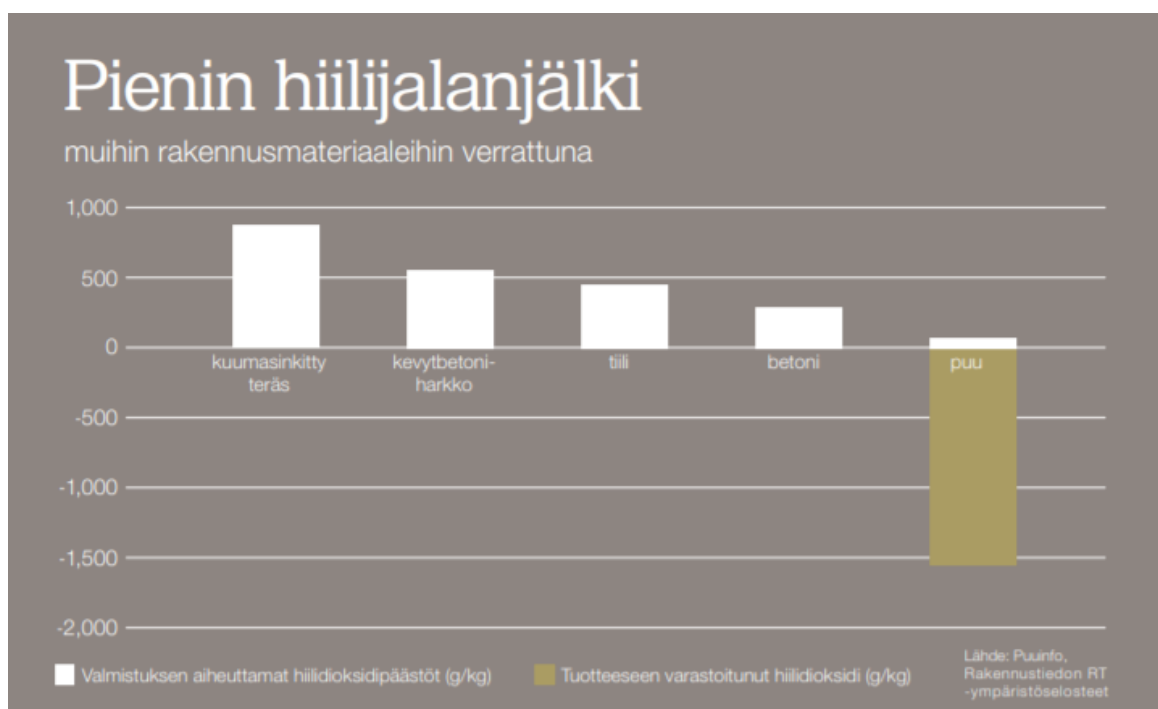
2 PUURAKENTAMINEN

Suomi kuuluu maailman parhaimpiin puun kasvualueisiin. Lyhyt kasvuaika kesällä tarkoittaa hidasta kasvua, jonka tuloksena syntyy kova, sitkeä, tiivis ja suorasyinen puuaines. Jännitys ja puun sisäiset halkeamat ovat vähäisiä, jolloin tasakuviainen puu on laadukasta materiaalia moniin käyttötarkoituksiin. (Puuinfo.fi a.)

Suomessa noin puolet kaikista asunnoista sijaitsee kerrostaloissa. Betoni on hallinnut kerrostalojen markkinoita viimeiset vuodet, mutta puukerrostalot ovat tekemässä lopullista läpimurtoa. Suomessa on tällä hetkellä rakenteilla tai suunnitteilla yhteensä 51 puukerrostalohanketta (Tolppanen 2018). Puukerrostalo on ainakin osaltaan yli kaksikerroksinen rakennus, jonka kantava runko ja julkisivut ovat pääosin puuta. Puurakentaminen edistää kilpailua ja vaihtoehtoja asuntorakentamiseen ja voi näin hillitä kustannusten nousua. Puukerrostalorakentamiseen on tarjolla useita eri runkojärjestelmiä, mutta yksi yleinen tapa on tilaelementtitekniikka. Tilaelementtitekniikan avulla saadaan kustannustehokas, kuiva, kevyt, pitkälle esivalmistettu ja nopea rakentamistapa työmaalle. (Puuinfo.fi b.)

Rakennusmateriaalina puu on ainoa, joka voi olla lämpöä eristävä ja kantava rakenne sekä muodostaa kauniita pintoja. Sen etuja rakennusmateriaalina ovat keveys, lujuus ja helppo työstettävyys. Energiankulutus sekä rakennusjätteen määrä on vähäinen ja puuta voidaan käyttää uudelleen tai kierrättää. Silti puurakennukset tulee suunnitella huolellisesti, koska sen mekaaninen kulutuskestävyys on heikompi kuin muilla materiaaleilla, puu on altis lahoamiselle ja se palaa. (Rakentaja.fi.)

Puu on uusiutuva ja luonnonmukainen raaka-aine. Euroopassa puuta kasvaa enemmän kuin sitä käytetään. Puu on rakennusmateriaalina hengittävä, ympäristöystävällinen ja erittäin hyvä valinta ilmastonmuutosta vastaan. Kasvaessaan puu sitoo ilmakehän hiilidioksidia ja rakennuksissa käytetyt massiivipuutuotteet toimivat pitkän aikaa hiilivarastona. Kaadettujen puiden tilalle kasvavat uudet puut tuottavat lisää hiiltä. Yksi kuutiometri puuta vastaa noin tonnia hiilidioksidia. Tällä on merkittävä vaikutus kasvihuoneilmiöön. Puutuotteiden valmistuksesta syntyy jonkin verran hiilidioksidipäästöjä, mutta puuhun varastoituneen hiilidioksidin määrä on valtava verrattuna valmistuksen aiheuttamiin päästöihin (kuvio 1). Käyttämällä puuta muiden rakennusmateriaalien sijaan voidaan pienentää rakentamisen hiilijalanjälkeä, sillä puu sitoo kasvaessaan ilman hiilidioksidia ja näin toimii rakenteissa pitkäaikaisena hiilivarastona. (Stora Enso CLT 2014, 10.)



KUVIO 1. Eri materiaalien valmistuksen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt (Stora Enso CLT 2014, 11)

2.1 Puun ominaisuudet

Koska puu on luonnon materiaali, sen ominaisuudet vaihtelevat. Tässä luvussa kerrotaan puun lujuus-, lämpö-, kosteus- ja äänitekniisiä ominaisuuksia.

Puun lujuusteknisiin ominaisuuksiin vaikuttaa merkittävästi se, missä suunnassa syitä vastaan puuta kuormitetaan. Taivutuslujuus syiden suunnassa on suoraan verrannollinen puun tiheyden kanssa. Tasaisella ja lähes täydellisellä puulla taivutuslujuus on yhtä suuri kuin vetolujuus. Puun syiden suuntainen vetolujuus on moninkertainen verrattuna puun lujuuteen kohtisuoraan syitä vastaan. Puun tiheys vaikuttaa vetolujuuteen. Leikkauslujuutta taas heikentävät oksat ja erinäiset viat ja halkeamat. Puun kimmomoduuli ja kulutuskestävyys lisääntyvät puun tiheyden kasvaessa. (Puuinfo.fi a.)

Lämpötekniisiä ominaisuuksia puulla ovat lämmönjohtavuus ja lämpökapasiteetti. Puun lämmönjohtavuus heikkenee puun tiheyden vähentyessä. Lämmönjohtavuus on suurempi syiden suunnassa kuin syitä vastaan kohtisuorassa. Puun lämpötilan laskiessa puun lujuus lisääntyy, mutta toistuva lämpötilan vaihtelu vähentää puun lujuutta. Puun lämpökapasiteetti eli lämmönvaraamiskyky riippuu täysin puun lämpötilasta, kosteudesta, tiheydestä ja syiden suunnasta. (Puuinfo.fi a.)

Puu on kosteusteknisiltä ominaisuuksiltaan vettä imevä aine, joka kutistuu kuivuessaan. Puun kykyä sitoa ja luovuttaa kosteutta voidaan käyttää hyödyksi käyttämällä rakennuksessa puuaineisia lämmöneristeitä, jotka tasaavat kosteuden kulkua rakenteissa. Puun kuivuessa sen lujuusominaisuudet paranevat, joten puurakenteiden mitoituksessa on otettava huomioon puun kosteus. Liiallinen kosteus aiheuttaa lahoamista ja homehtumista. Ilman suhteellisen kosteuden ollessa yli 90 %, puu alkaa lahota. Kun taas ilman suhteellisen kosteuden ollessa yli 80 % muutaman kuukauden aikana,

puu alkaa homehtua. Home ei itsessään vaikuta puun lujusteknisiin ongelmiin, mutta aiheuttaa terveydellisiä ongelmia ihmisille. (Puuinfo.fi a.)

Puu itsessään on kevyt materiaali, joten sen ääneneristävyys ei ole kovin hyvä. Puu johtaa ääntä paremmin syiden suunnassa kuin syitä vastaan kohtisuorassa. Musiikin kannalta puu on hyvä materiaali, koska se heijastaa ääntä ja siitä saadaan helposti muodostettua heijastuksia suuntaavia pintoja. Rakennuksissa riittävä ääneneristävyys saadaan saavutettua käyttämällä monikerrosrakenteita. Ääneneristävyys on haasteellista saada puurakennuksiin niin, että rakennuksen jäykkyys säilyy. (Puuinfo.fi a.)

2.2 Puutuotteet

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi insinööripuutuotteita, koska esimerkkikohteessa on käytetty insinööripuutuotetta kantavana rakenteena. Insinööripuutuote on yleisnimitys puutuotteille, jotka on valmistettu liiman avulla yhdistämällä. Insinööripuutuotteisiin kuuluvat muun muassa liimapuu, LVL ja CLT.

LVL eli laminated veneer lumber, suomalaisittain viilupuu, määritellään SFS-EN 14374 standardin vaatimusten mukaisesti. LVL valmistetaan liimaamalla useita 3 mm paksuisia kuusiviiluja yhteen lämmön ja paineen alla (kuva 2). LVL-tuotteesta riippuen osa viiluista on liimattu ristiin tai kaikkien viilujen syysuunta on pituussuuntaan. Sen enimmäisleveys on 2,5 metriä ja enimmäispituus on noin 24 metriä. (Puuinfo.fi c.)



KUVA 2. LVL-levyssä erisuuntaisia 3 mm paksuisia kuusiviiluja (LVL by Stora Enso 2017, 10)

LVL on edistyksellinen puumateriaali, jota käytetään erilaisiin rakenteisiin uudis- ja korjausrakentamisessa sekä myös teollisessa rakentamisessa. Esimerkiksi kantavat pilarit, ristikot, palkit ja kehät ovat yleisiä käyttökohteita. Se on materiaalina kevyt, mutta rakenteellisesti luja. LVL on tasalaatuista, sitä on helppo työstää ja sillä on erittäin hyvä kuormankantokyky kerroksellisen rakenteensa ansiosta. Sillä on hyvin tunnetut rakenteelliset ja tekniset ominaisuudet sekä sillä on joustavuutta ja suuren levykoon ansiosta paljon valinnanvaraa. (LVL by Stora Enso 2017, 4 - 7.)

LVL-tuotteita on T-, S- ja X-laatua. T-laatu sopii parhaiten seinätolppiin, sillä sen etuja ovat mittatarkkuus, kieroutumattomuus ja rakenteen jäykkyys. Viilukerrosten syysuunta on pitkittäinen T-laadun tuotteissa. S-laadussa viilujen syysuunta on sama kaikilla viiluilla, mikä tekee sen lujuusominaisuuksista parempia. Se sopii parhaiten palkkeihin lujuutensa, keveytensä ja työstettävyytensä ansiosta. X-laadussa materiaalin mittapysyvyys on tavallista parempi, koska osa viiluista laminoidaan ristiin. Se soveltuu moniin käyttökohteisiin, mutta erityisesti seinä- ja välipohjarakenteisiin. (Puuinfo.fi d.)

CLT eli cross-laminated timber on myös insinööripuutuote, joka on massiivipuinen rakennusmateriaali. CLT-levyt koostuvat ristiinliimatuista lamelleista eli puulevykerroksista, jotka jakavat kuormat kahteen suuntaan. Lamellikerroksia on tyypillisesti kolme tai viisi (kuva 3). Ristiinlaminoinnin ansiosta muodostuu hyvin paloa kestävä, luja ja jäykkä sekä ominaisuuksiin nähden kevyt rakennuslevy. CLT-levyn paksuus vaihtelee 51 mm...297 mm välillä, leveys on enintään 4,8 metriä ja pituus on enintään 20 metriä. CLT-levy on useinmiten kuusta tai mäntyä. CLT-levy voidaan valmistaa usealla tavalla. Yleinen tapa on liimata laudat toisiinsa tyhjiön avulla. Liimaus voidaan tehdä myös puristamalla levyt prässien avulla joko reunaliimattuna tai ilman reunaliimausta. Levyt työstetään oikeaan kokoon ja muotoon jyrsimen avulla liimauksen jälkeen. (Puuinfo.fi e.)



KUVA 3. CLT koostuu ristiinliimatuista lamelleista (Clt.info.fi)

CLT-levyjä käytetään kantavina ja jäykistävinä rakenteina seinissä ja lattiarakenteissa. Erimuotoisia rakennuselementtejä voidaan työstää mittatarkasti kevyistä ja jäykistä levyistä. CLT-levyjen etuina ovat tiivys, lyhyt pystytysaika, helppo asennus, korkea valmiusaste ja erittäin hyvät rakenteelliset

ominaisuudet. Yksi etu on myös tilaa säästävä mitoitus. CLT-levyistä tehdyt seinät ovat ohuempia kuin muista rakennusmateriaaleista tehdyt seinät, jolloin rakennettuun asuntoon saadaan enemmän asuintilaa. CLT sopii moniin rakennuskohteisiin, kuten pientaloihin, kerrostaloihin ja kouluihin sekä sitä käytetään esimerkiksi seinissä ja välipohjissa runkorakennusmateriaalina. Keski-Euroopassa käyttäjät ovat tottuneet massiivisiin rakenteisiin, joten CLT-levyjen käyttö on siellä suosittua.

(Puuinfo.fi e; Clt.info.fi; Stora Enso CLT 2014, 6.)

3 PALOTURVALLISUUS

3.1 Palomääräykset

Suomen rakentamismääräyskokoelman kaikki osat uudistettiin ja ne astuivat voimaan vuoden 2018 alussa. Puukerrostalon suunnittelussa on noudatettava 848/2017 Ympäristöministeriön asetusta rakennusten paloturvallisuudesta. Rakennus suunnitellaan ja rakennetaan sen käyttötarkoituksen mukaisesti paloturvalliseksi. Rakennuksen kantavien rakenteiden tulee olla sellaiset, että ne palon tapahtuessa kestävät vähimmäisajan ottaen huomioon rakennuksen sortumisen, pelastustoiminnan, turvallisen poistumisen ja palon hallintaan saamisen. Palon syttymisen vaaraa, palon ja savun leviämistä on rajoitettava sekä palon leviämistä on pystyttävä rajoittamaan lähellä oleviin rakennuksiin. Paloturvallisuuden kannalta soveltuvia rakennustuotteita ja teknisiä laitteistoja on käytettävä rakennuksen rakentamisessa. (Jantunen 2017, 1.)

Rakentamismääräyskokoelman uudistuminen toi selkeyttä rakentamista koskevaan soveltamiseen ja ennakoitavuuteen. Uusi asetus mahdollistaa puurakentamisen kasvun aiempaa enemmän, sekä tuo siihen tiukempia vaatimuksia, kuten sprinklerijärjestelmän vaatimuksen.

3.1.1 Paloluokat

Rakennukset jaetaan paloluokkiin, joita ovat P0, P1, P2 ja P3. Paloluokkia P1, P2 ja P3 käytetään, kun rakennus suunnitellaan palomääräysten paloluokkia ja lukuarvoja noudattaen. P0-paloluokkaa käytetään, kun rakennus suunnitellaan osittain tai kokonaan oletettuun palonkehitykseen, joka kattaa kyseisessä rakennuksessa todennäköisesti esiintyvät palotilanteet. Kun poistumisturvallisuus tai rakenteiden palonkestävyys perustuu toiminnalliseen palomitoitukseen, rakennus kuuluu tällöin paloluokkaan P0. (Jantunen 2017, 9; Lahtela 2018, 10 - 11.)

P1-luokassa rakennuksen ja kantavien rakenteiden voidaan yli 2-kerroksisissa rakennuksissa olettaa tietyllä varmuudella kestävän palossa sortumatta. Rakennuksen kokoa tai käyttäjämäärää ei ole rajoitettu. Luokkaan kuuluu tyypillisesti rakennukset, jotka eivät ole sallittuja paloluokissa P2 ja P3. (Jantunen 2017, 9; Lahtela 2018, 10 - 11.)

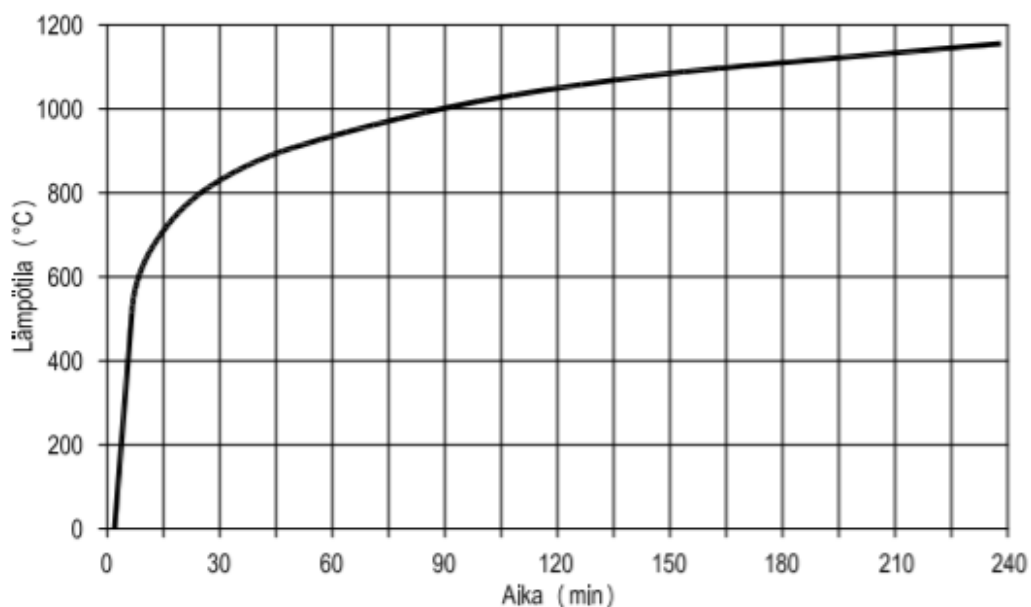
Paloluokkaan P2 kuuluvan rakennuksen kantavien rakenteiden vaatimukset ovat matalampia kuin P1-luokassa, mutta paloturvallisuutta lisätään asettamalla vaatimuksia pintaosien ominaisuuksille ja paloturvallisuutta parantaville laitteille. Rakennuksen kokoa ja henkilömäärää on rajoitettu käyttötarkoituksesta riippuen. Rakennuskohteita ovat enintään 8-kerroksinen asuinrakennus, hoitolaitos, majoitusrakennus, työpaikkarakennus tai enintään 4-kerroksinen kokoontumis- ja liikerakennus tai 1-kerroksinen tuotanto- ja varastorakennus. (Jantunen 2017, 9; Lahtela 2018, 10 - 11.)

Paloluokkaan P3 kuuluvan rakennuksen kantaville rakenteille ei yleisesti aseteta vaatimuksia palokestävyydelle, vaan riittävä paloturvallisuus saavutetaan rakennuksen kokoa ja henkilömäärää rajoittamalla. Tyypillisiä kohteita ovat enintään 2-kerroksinen asuinrakennus, majoitusrakennus,

työpaikkarakennus, kokoontumis- ja liikerakennus tai 1-kerroksinen hoitolaitos ja tuotanto- ja varistorakennus. (Jantunen 2017, 9; Lahtela 2018, 10 - 11.)

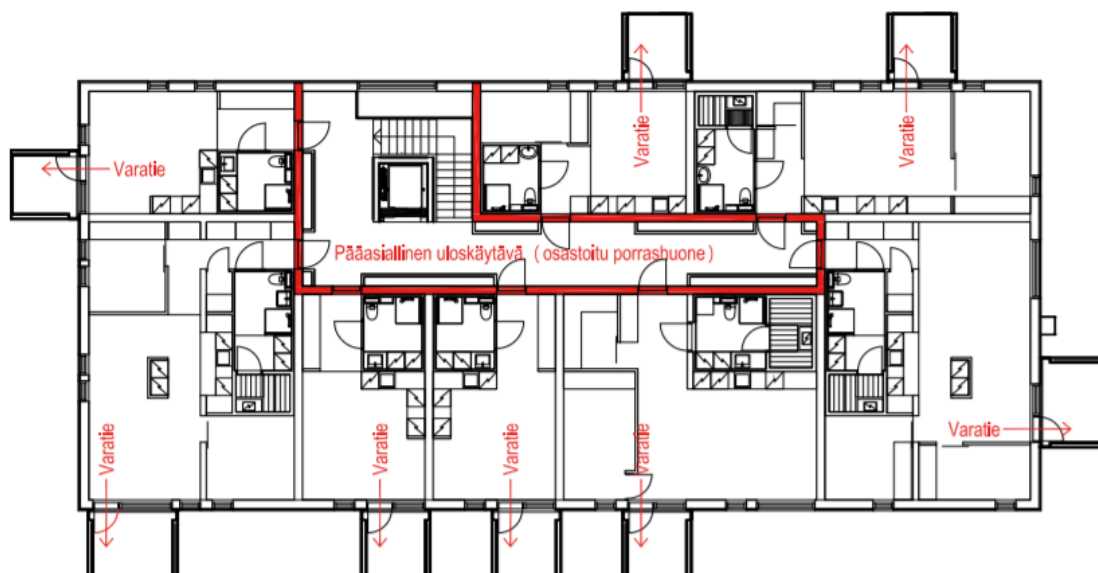
3.1.2 Kantavuus ja osastoivuus

Palo-osastoinnin tarkoituksena on rajoittaa palon ja savun leviämistä, turvallinen poistuminen rakennuksesta, pelastus- ja sammutustoimien helpottaminen sekä omaisuusvahinkojen minimoiminen. Osastoivan rakennusosan tarkoituksena on rajoittaa palon ja savun leviäminen sekä rakennusosan tulee pysyä paikoillaan koko vaaditun palonkestoajan eli rakennusosan runko tulee mitoitaa kestämään sortumatta koko palonkestoajan. (Jantunen 2017, 5 - 6; Lahtela 2018, 10, 12, 40 - 41.)



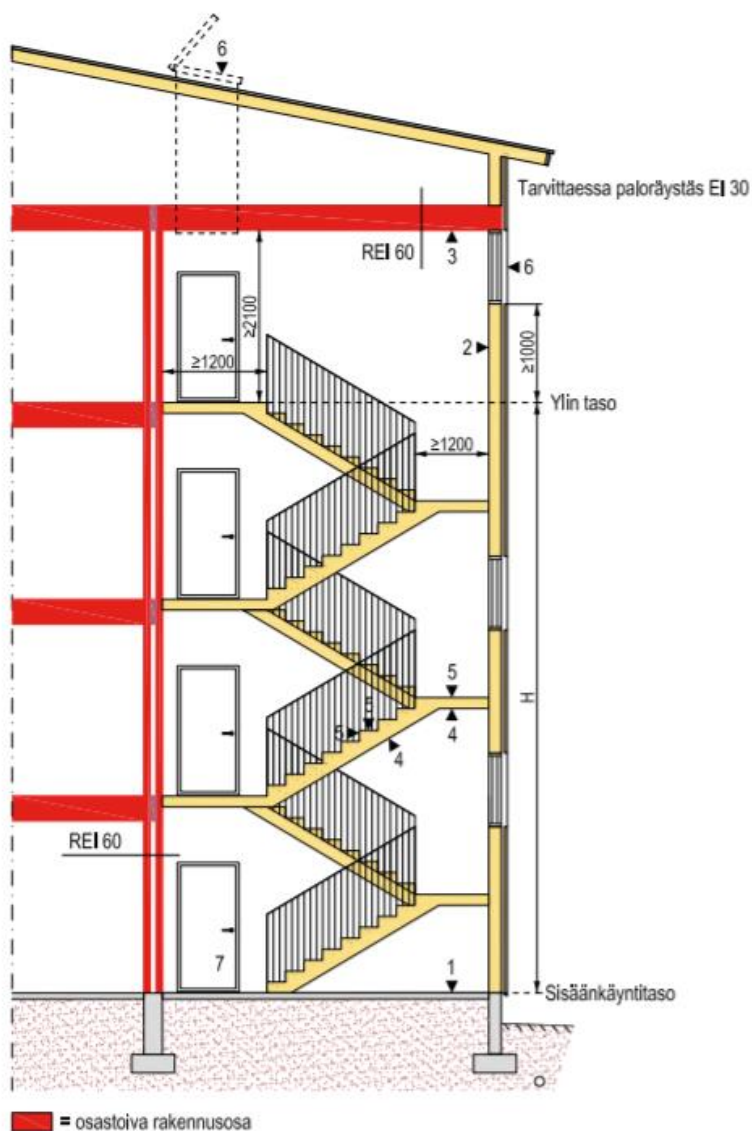
KUVIO 2. Standardipalokäyrä (Lahtela 2018, 9)

Kantavat ja osastoivat rakennusosat suunnitellaan REI-luokkavaatimusten mukaan käyttäen standardipalokäyrän esittämää palotilannetta. Standardipalokäyrä kuvaa palotilan lämpötilan nousua ajan funktiona (kuvio 2). Todellinen palon lämpötilakäyrä on aina tapauskohtainen, koska siihen vaikuttavat palokuorma, sammutuslaitteistot, tilan koko ja muoto sekä lasipintojen määrä. Vaatimuksen luokissa kirjaimet tarkoittavat kantavuutta (R), tiivyyttä (E) ja eristävyyttä (I). Esimerkiksi seinän luokka REI 60 tarkoittaa kantavan ja osastoivan seinän kestävän paloa 60 minuutin ajan. E 30 täyttää vain tiiviysvaatimuksen, joka voi aiheuttaa lämpösäteilyn vaaraa. Palonkestävyysoikeita on 15...240 minuuttia. Puu- ja betonirunkoisessa 3...8-kerroksisessa asuinkerrostalossa kantavien ja osastoivien rakennusosien palonkestävyysoikeudet ovat samanlaiset. Rakennusosan kantavuus palotilanteessa voidaan osoittaa laskennallisesti Eurokoodi 5:ssä esitetyillä laskentamenetelmillä tai standardin mukaisella polttokokeella. Rakennusosien osastoivuus osoitetaan standardin mukaisella polttokokeella, koska osastoivuuden laskentamenetelmät ovat tällä hetkellä rajallisia. (Jantunen 2017, 5 - 6; Lahtela 2018, 8 - 10, 12, 40 - 41.)



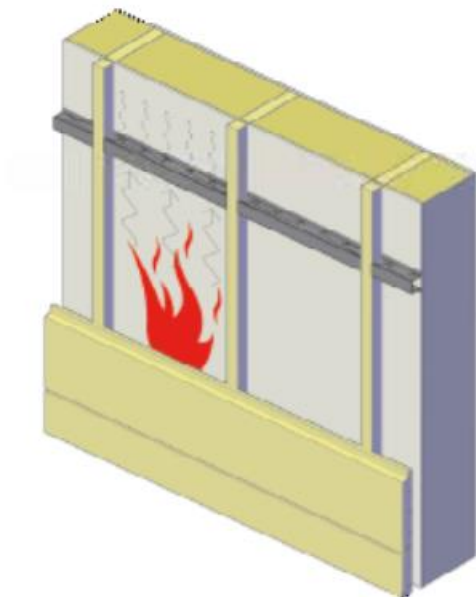
KUVIO 3. Asuinkerrostalon poistumistiejärjestelyt (Lahtela 2018, 59)

Palomääräysten mukaan rakennuksesta tulee voida poistua palotilanteessa turvallisesti. Kuvioissa 3 ja 4 näkyy kerrostalon osastoitu porrashuone ja poistumisteitä. Hissiä ei saa käyttää poistumistienä. Porrashuone muodostaa aina oman palo-osaston, mutta kerrossosastointi ei vaadi porrashuoneen osastointia kerroksittain. Asunnoissa tulee olla yksi uloskäytävä ja lisäksi varatiejärjestely. Kuviossa 3 näkyy, että varatieksi on suunniteltu parveke. Varatienä voi myös olla ranskalainen parveke, ikkuna tai muu aukko, jonka kautta pelastautuminen on turvallista. Yli 2-kerroksisessa P2-paloluokan puurunkoisessa rakennuksessa parvekkeet tulee sprinklata, kun ne suunnitellaan käytettäväksi varatienä. Kuviossa 4 näkyy uloskäytävän palotekniset vaatimukset yli 2-kerroksisessa P2-paloluokan rakennuksessa. Vaatimuksina ovat 60 minuutin palonkesto aika uloskäytävän kantaville ja osastoiville rakennusosille, 30 minuutin palonkesto aika kantaville porrastanteille ja -syöksyille sekä portaan rungon rakennustarvikkeiden tulee olla vähintään D-s2, d2-luokkaa. Eli tarvikkeiden osallistuminen paloon tulee olla hyväksyttävää, D ja savun tuoton on oltava vähäistä, s2 sekä palavien pisaroiden ja osien tuotto on muu kuin niitä ei esiinny tai ne ovat nopeasti sammuvia, d2. Osastoivassa seinässä tulee olla 30 minuutin palonkesto aika ovelle. Sprinklatulle parvekkeelle vaatimukset ovat 30 minuutin palonkesto aika parvekkeen kantaville rakennusosille ja parvekelaatan osastoivuus on 0 minuuttia, kun taas lasitetun parvekkeen parvekelaatan osastoivuus on 30 minuuttia. Lisäksi 15 minuutin palonkesto aika osastoivan parvekelaatan tiivistykselle ja läpiviennille. (Lahtela 2018, 58.)



KUVIO 4. Uloskäytävän palotekniset vaatimukset (Lahtela 2018, 63)

Osastoivien rakennusosien avulla yleensä estetään palon leviäminen rakennuksessa. Rakennusosat ja niiden liittymät eivät kuitenkaan ole yhtenäisiä, jolloin tarvitaan palokatkoja. Näitä kohtia ovat muun muassa talotekniikan läpiviennit ja tuuletusraot. Palokatkon tulee toimia koko rakenteen pak-suudelta vaaditun palonkestoajan. Esimerkiksi palon leviämistä ulkoverhouksen tuuletusraossa rajoitetaan tekemällä pysty- ja vaakasuuntaisia palokatkoja. Alla olevassa kuviossa (kuvio 5) rei'itetty peltiprofiili hidastaa ilmavirtausta ja näin savukaasujen poistumista tuuletusraosta. Tuuletusrakoon jäänyt savu hidastaa palon hapensaantia, jolloin palon teho heikkenee. Pystysuuntaiset palokatkot voidaan toteuttaa ulkoverhouksen koolauspuiilla, jotka tulevat automaattisesti 600 mm:n kaistoihin ja estävät sivuttaissuuntaisen palon leviämisen. (Lahtela 2018, 41 - 42.)



KUVIO 5. Rei'itetty palokatkoprofiili asennetaan kiinnityskoolausten väliin (Lahtela 2018, 54)

3.2 Paloturvallisuuden suunnittelu

3.2.1 Palokuorma

Palokuorma tarkoittaa vapautuvaa kokonaislämpö määrää, kun tilassa oleva aine palaa täysin. Kantavat, runkoa jäykistävät, osastoivat ja muut rakennusosat sekä irtaimisto luetaan kuuluvaksi palokuormaan. Palokuorman tiheys on megajoule lattianeliömetriä kohden (MJ/m^2). Rakennuksen palokuorma määrittyy pääkäyttötarkoituksen mukaan. Se voidaan määrittää laskennallisesti standardeissa esitettyjen ohjeiden mukaan. Jokaisen palo-osaston palokuorma voidaan määrittää erikseen ja mitoittaa kunkin palo-osaston rakenteet tämän mukaisesti. (Lahtela 2018, 13.)

Palokuorma tulee aina määrittää P0-paloluokassa. Palokuorman lisäksi tarvitaan tietoja palokuorman sijainnista ja palamisominaisuuksista. Palokuormaa ei tarvitse määrittää palomääräysten taulukkomitoitusta käytettäessä. P1-paloluokan rakennukset on jaettu taulukkomitoituksessa erilaisiin palokuormaryhmiin käyttötarkoituksen perusteella. Paloluokissa P2 ja P3 ei ole tilojen jaottelua palokuormaryhmiin. (Lahtela 2018, 13.)

3.2.2 Kerrosmäärä ja korkeus

Kerrosmäärä on rakennuksen pääkäyttötarkoituksen mukaisten maanpäällisten kerrosten lukumäärä. Rakennuksen korkeus on maanpinnasta julkisivupinnan ja vesikatepinnan leikkauspisteeseen, kun katon kaltevuus on 45 astetta. Kerrosmäärä ja korkeus vaikuttavat rakennuksen paloluokkaan ja näin rakennuksen paloteknisiin vaatimuksiin kokonaisvaltaisesti. Lisäksi rakennuksen korkeus vaikuttaa pelastuslaitoksen toimintamahdollisuuksiin. (Lahtela 2018, 13 - 14.)

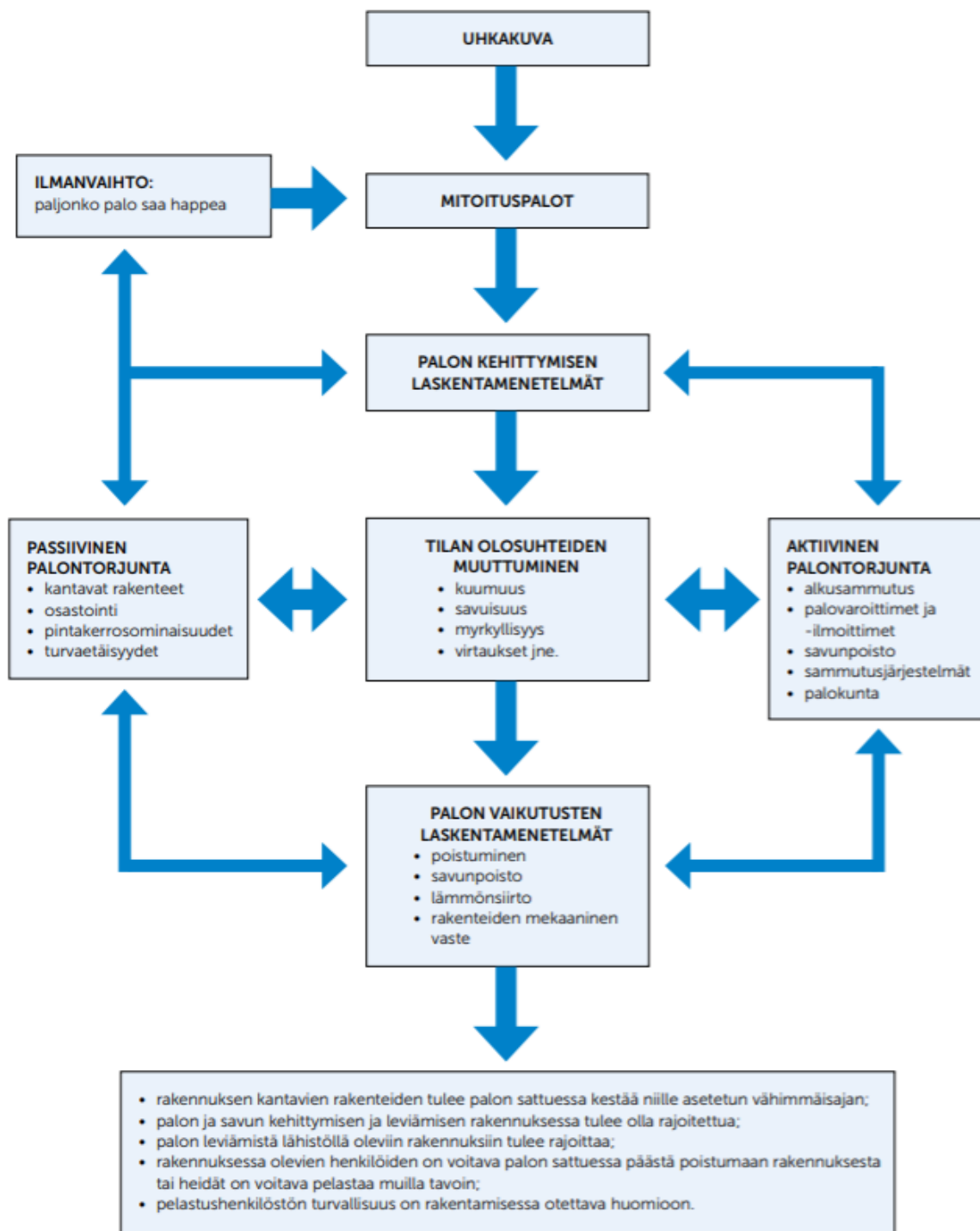
3.2.3 Toiminnallinen palomitoitus

Kaikissa paloluokissa voidaan toteuttaa puurunkoinen rakennus. Tyypillisten puurunkoisten rakennusten paloteknisiä vaatimuksia on esitetty palomääräysten taulukkomitoituksessa. Taulukoihin kootut vaatimukset on esitetty helpottamaan paloluokan ja rakennusmateriaalien valintaa rakennuksen puurungon suunnittelun näkökulmasta. Mutta mikäli esimerkiksi yli 2-kerroksinen puurunkoinen rakennus halutaan toteuttaa paloluokassa P1, vaativissa puurakenteissa tai monimutkaisissa rakennuskohteissa, tulee sen suunnittelu perustua oletettuun palonkehitykseen eli toiminnalliseen palomitoitukseen. Oletetusta palonkehityksestä selviää rakennuksessa todennäköisesti esiintyvät tilanteet. Toiminnallisen palomitoituksen vaatimusten täyttyminen todennetaan aina tapauskohtaisesti ottaen huomioon rakennuksen käyttö, ominaisuudet sekä aktiiviset ja passiiviset palontorjuntamenetelmät. Aktiivisia palontorjuntamenetelmiä ovat muun muassa palovaroin, automaattinen sammutuslaitteisto, savunpoisto ja sprinklaus. Materiaalien palo-ominaisuudet, suojaetäisyydet, osastoinnit ja palokatkot ovat passiivisia palontorjuntamenetelmiä. Toiminnallisessa palomitoituksessa on sama päämäärä kuin palomääräysten taulukkomitoituksessa eli toteuttaa paloturvallisuuden olennaiset vaatimukset. (Lahtela 2018, 14 - 23.)

Koko rakennuksen elinkaari pyritään ottamaan huomioon suunnittelussa muutoksineen ja vaihtelui-
neen. Suunnitelma tehdään tiimityönä paloteknisen insinööritoimiston, suunnittelijoiden, rakennuttajan ja viranomaisten kanssa. Suunnitelmassa tuodaan esille eri uhkakuvia, jotka käsitellään kriittisesti. Puun ominaisuudet täytyy ottaa huomioon, sillä puukerrostaloa ei voida suunnitella samoilla periaatteilla kuin betonirunkoista taloa. Lisäksi tulee miettiä miten, missä ja milloin palo voi syttyä. Suunnittelussa tulee arvioida, kuinka nopeasti palo kehittyy, kuinka isoksi palo voi kasvaa ja kuinka mahdollinen palo kestää. Suunnittelussa täytyy ottaa huomioon henkilöiden lukumäärä palon sattuessa ja minkälaisia vahinkoja mahdollinen tulipalo voi aiheuttaa rakennukselle, irtaimistolle tai ympäristölle. Asiakirjat ja dokumentointi toiminnallisesta palomitoituksesta tarvitaan rakennuslupakäsittelyä varten sekä muiden suunnittelijoiden, rakennuttajan, urakoitsijan ja rakennuksen omistajan käyttöön. Toiminnallisen palomitoituksen hyväksymiskriteerit johdetaan olennaisista vaatimuksista. Kantavilla rakenteilla tulee olla vaadittu palonkestävyys, palon ja savun kehittyminen ja leviäminen tulee olla rajoitettu, palon leviäminen viereisiin rakennuksiin tulee rajoittaa, palotilanteessa henkilöiden tulee voida poistua rakennuksesta tai heidät tulee voida pelastaa muiden avustuksella sekä pelastushenkilöstön turvallisuus tulee ottaa huomioon. (Lahtela 2018, 14 - 23.)

Toiminnallisen palomitoituksen avulla voidaan tehdä poikkeavia ratkaisuja palomääräysten taulukkomitoituksesta. Osa rakennuksesta voidaan tehdä myös taulukkomitoituksella ja osa toiminnallisella palomitoituksella. Toiminnallista palomitoitusta käytetään yleensä, kun halutaan tehdä rakennus, jota ei voi toteuttaa taulukkomitoituksen avulla tai kun halutaan tehdä kustannustehokkaita rakennusratkaisuja. Toiminnallisella paloturvallisuussuunnittelulla saadaan parempi turvallisuustaso, arkkitehti voi toteuttaa ajatuksiaan vapaammin, saadaan pidemmät poistumistie-etäisyydet, suuremmat osastokoot, tilojen parempi käytettävyys ja kevyemmät rakenteet. Esimerkiksi korkeat puurunkoiset rakennukset tai suuret hallimaiset rakennukset ovat tyypillisiä kohteita, joissa

käytetään toiminnallista palomitoitusta. Alla olevassa kuviossa (kuvio 6) on esitetty toiminnallisen palomitoituksen tärkeimpiä tekijöitä. (Lahtela 2018, 14 - 23.)



KUVIO 6. Toiminnallisen palomitoituksen palotekniset tekijät riippuvuuksineen (Lahtela 2018, 23)

3.2.4 Liitosten palomitoitus

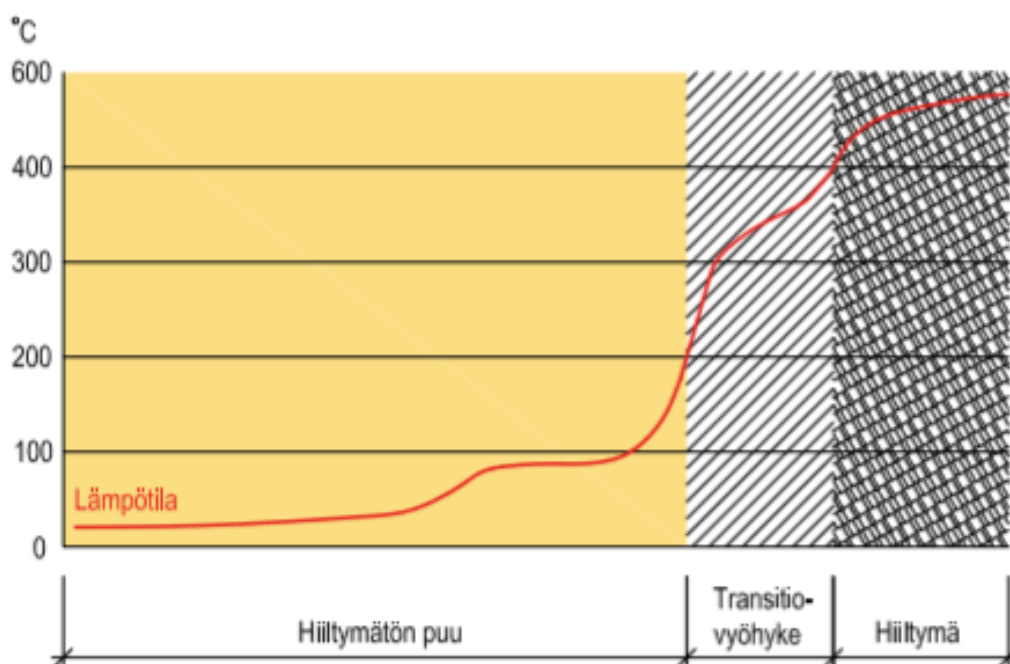
Puurakenteiden liitosten palomitoitus on kokonaisvaltainen suunnittelutehtävä. Suunnittelu alkaa oikeanlaisen liitostyyppin valinnalla. Liitoksia voidaan suojata esimerkiksi kipsilevyillä, kivivillalla, massiivipuulla tai palomassalla. Yleisesti liitoksissa käytettävien teräsosien ja puikkoliittimien palonkesto suojaamattomana on rajallinen. Liitos saadaan palosuojattua suunnittelemalla liitokset

siten, että liitososat jäävät liitettävien puurakenteiden sisään tai palosuojan taakse. Lisäksi tarkastellaan myös puikkoliitinten reuna- ja päätyetäisyyksiä sekä liitettävien puurakenteiden paksuuksia, sillä puurakenteen hiiltyessä nämä pienenevät. Suojaamattomilla puikkoliittimillä saadaan 15...20 minuutin palonkestävyys ilman puurakenteen mittoja suurentamatta. Kun taas suojaamattoman naula-, ruuvi- ja tappivaarnaliitoksen palonkestävyys saadaan 30 minuuttiin ilman mittoja suurentamatta. (Lahtela 2018, 93.)

3.3 Palosuojaus

Puu on paloturvallinen rakennusmateriaali siitä huolimatta, että se on palava materiaali. Puun kuormankestävyys ja sortuminen palotilanteessa on ennakoitavissa puun tasaisen hiiltyvän ansiosta. Huoneistossa oleva irtaimisto on suurempi uhka palotilanteessa kuin rakennuksen runkomateriaali. Tavaroista haihtuvat myrkylliset savukaasut ovat yleisempi kuolinsyy kuin itse tulipalo. (Puuinfo.fi b; Pelastustoimi.fi.)

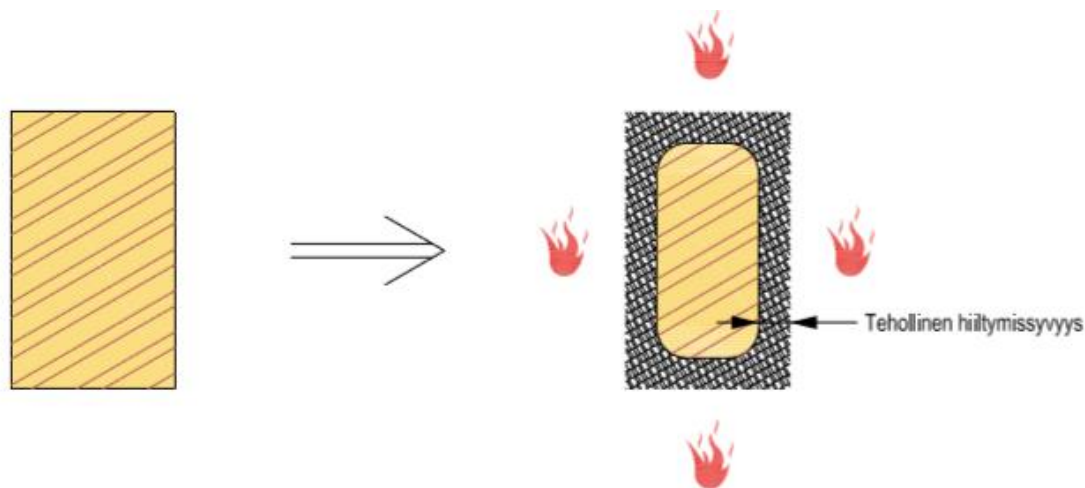
Puun syttymislämpötilaan vaikuttaa, kuinka kauan puu on alltiina lämmölle, mutta usein puu syttyy 250...300 celsiusasteessa. Puun pintaan muodostuu hiilikerros sen palaessa, joka hidastaa sisäosien lämpenemistä ja puun palamista (kuvio 7). Hiiltymiseen vaikuttaa liimatyyppi ja puurakenteen palosuojauksen tyyppi. Sahatavara, liimapuu, LVL ja CLT omaavat erilaisen hiiltymisnopeuden, joten on tärkeää tuntea puun hiiltymisnopeus erilaisissa kohteissa puurakenteiden paloteknisen suunnittelun kannalta. Esimerkiksi LVL:n nimellinen hiiltymisnopeus on 0,7 millimetriä minuutissa. (Lahtela 2018, 80, 88.)



KUVIO 7. Puun palaminen (Lahtela 2018, 81)

Puurakenteet tulisi suunnitella paloteknisesti siten, että ne palosuojataan koko vaaditulle palonkestoajalle, jolloin jäykistävät ja kantavat rakenteet eivät hiilly. Ensin tutkitaan, kuinka rakenne

käyttäytyy palossa ja etsitään oikea mitoitusmenetelmä. Seuraavaksi tulee selvittää rakenneosien ja koko rakennuksen rungon stabiilitetti palotilanteessa. Välillä joudutaan suunnittelemaan rakenneosalle kokonaan oma stabiilitettituenta. Tällainen tapaus on esimerkiksi silloin, kun seinässä rankoja tukeva levytyös palaa pois kantavassa levyrakenteissa. Palotilanteen stabiilitettituennan on toimittava koko vaaditun palonkestoajan. (Lahtela 2018, 85.)



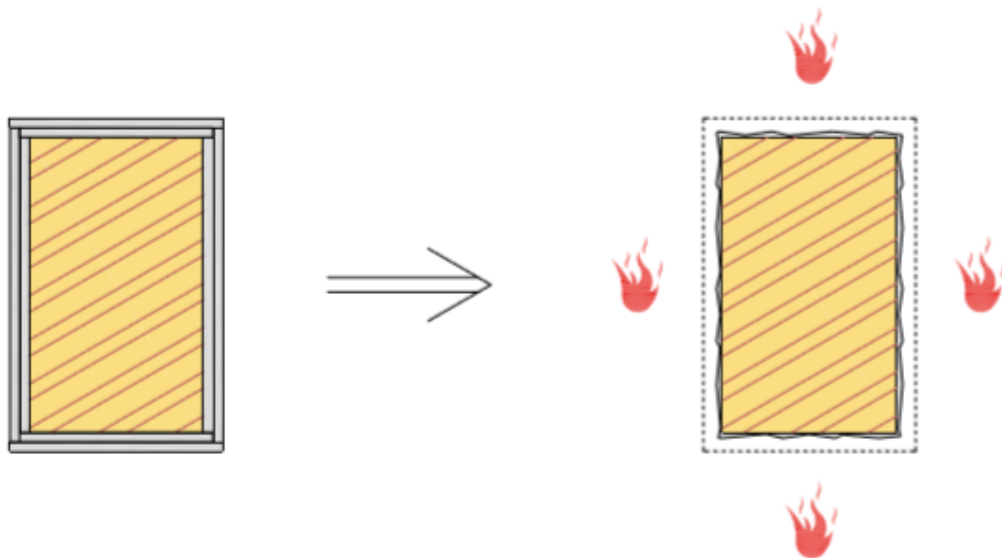
KUVIO 8. Palosuojaamattoman rakenteen hiiltyminen (Lahtela 2018, 86)

Puurakenteen kantavuus voidaan palomitoittaa kolmella eri periaatteella. Ensimmäinen periaate on palosuojaamaton rakenne, jossa puurakenne hiiltyy palon alusta lähtien. Tällöin palosuojaamaton puurakenne hiiltyy palolle altistuvilta sivuilta, jolloin sen mitat muuttuvat hiilymisen seurauksena. Palonkestoajan lopussa jäljelle jää tehollinen poikkileikkaus, joka mitoitetaan palotilanteen rasituksille (kuvio 8). Rakenne voidaan ylimitoitaa kokoa suurentamalla, jolloin tehollinen poikkileikkaus jää suuremmaksi ja rakenteen kantokyky saadaan paremmaksi. Hiilymisnopeuden valintaan vaikuttaa hiiltykö puurakenne yhdestä suunnasta vai useammalta suunnalta samanaikaisesti. Esimerkiksi massiivisia puurakenteita ei ole järkevää palosuojata, koska massiivisuutensa ansiosta hiilymämitoituksen perusteella on riittävä kantokyky ilman palosuojausta (kuva 4). Palosuojaus olisi tällöin ylimääräinen kustannus. (Lahtela 2018, 80 - 81.)



KUVA 4. Massiivista puurakennetta ei tarvitse palosuojata (Lahtela 2018, 81)

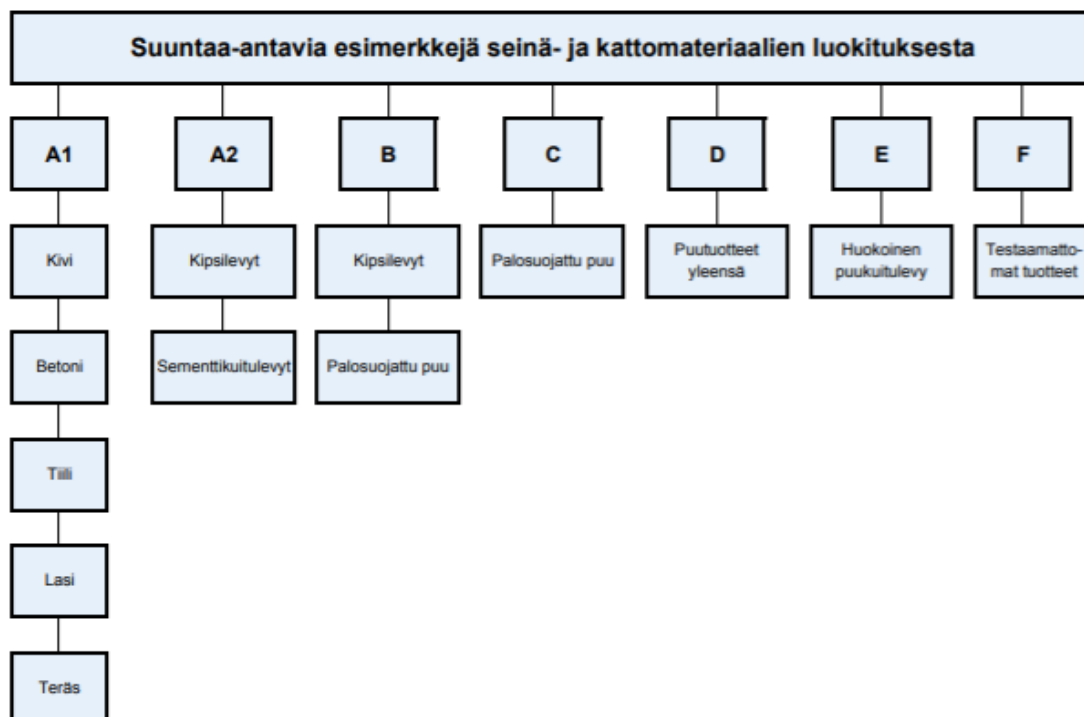
Toinen tapa suojata puurakenne on niin, että puu ei pääse hiiltymään koko vaadittuna palonkestoaikana. Tällöin palolle alttiit osat palosuojataan esimerkiksi kipsilevyillä, jotka suojaavat puurakennetta hiiltymiseltä koko vaaditun palonkestoaajan (kuvio 9). Puurakenne kuitenkin lämpenee, joka täytyy ottaa huomioon palomitoitusmenetelmissä. Kolmantena menetelmänä on palosuojata rakenne osaksi vaaditusta palonkestoaajasta ja loppuajaksi puurakenteen annetaan hiiltä. Tällöin tulee tietää palosuojaukseen käytettävästä tuotteesta hiiltymisen alkamishetki ja suojauksen murtumishetki. Rakenteen palomitoituksessa on otettava huomioon puun hiiltymisen jonkin ajan kuluttua tai ei ollenkaan. (Lahtela 2018, 80 - 81.)



KUVIO 9. Palonkestoaajalle suojattu rakenne ei hiilly (Lahtela 2018, 86)

Rakennustarvikkeet luokitellaan niiden palo-ominaisuuksien perusteella luokkiin. Luokituksessa katsotaan materiaalin syttymisherkkyttä, palon leviämistä sekä savun ja palavien pisaroiden tuottoa. Tarvikkeille on olemassa seitsemän erilaista luokkaa, joita merkitään kirjaimilla tai kirjain-numero-

yhdistelmillä (kuvio 10). Vaativin paloluokista on A1-luokka, jossa rakennustarvikkeet ovat yksiainaisia palamattomia tuotteita eivätkä osallistu paloon. A2-luokan materiaali osallistuu paloon erittäin rajoitetusti. Luokkaan B kuuluvat tuotteet osallistuvat paloon hyvin rajoitetusti. C-luokan tuotteet osallistuvat paloon rajoitetusti. Luokassa D paloon osallistuminen on hyväksyttävissä ja yleisesti puutuotteet kuuluvat tähän luokkaan. E-luokkaan kuuluvat tarvikkeet, joiden käyttäytyminen palossa on hyväksyttävissä. Jos materiaali ei polttokokeiden perusteella täytä E-luokan vaatimuksia, kuuluu tuote luokkaan F. (Lahtela 2018, 24.)



KUVIO 10. Seinä- ja kattomateriaalien jakautuminen luokkiin (Lahtela 2018, 26)

Myös rakennuksen sisä- ja ulkopinnoille on asetettu vaatimuksia luokittain. Pintaluokalla on palon leviämiseen, lämmöntuottoon, lieskahduksen alkamishetkeen sekä savun ja pisaroiden muodostumiseen suuri merkitys. Savun tuotto ja palava pisarointi merkitään lisämääreillä s ja d. Savuntuotto on erittäin vähäistä luokassa s1, savuntuotto on vähäistä luokassa s2 ja luokassa s3 savuntuotto ei täytä edellä mainittujen vaatimuksia. Palavia pisaroita tai osia ei esiinny luokassa d0, palavat pisarat tai osat sammuvat nopeasti luokassa d1 ja luokassa d2 palavien pisaroiden tai osien tuotto ei täytä edellä mainittujen vaatimuksia. Alla olevassa taulukossa (taulukko 1) nähdään eri puutuotteiden pintaluokkia. (Lahtela 2018, 24.)

TAULUKKO 1. Massiivipuutuotteilla saavutettavia pintaluokkia (Lahtela 2018, 32)

Tuote	Tuotestandardi	Keskitiheys	Paksuus	Pintaluokka
Sahatavara	EN 14081-1	≥ 350 kg/m ³	≥ 22 mm	D-s2, d0
Liimapuu	EN 14080	≥ 380 kg/m ³	≥ 22 mm	D-s2, d0
Sormijatkettu sahatavara	EN 15497	≥ 380 kg/m ³	≥ 22 mm	D-s2, d0
LVL (viilun paksuus ≥ 3 mm)	EN 14374	≥ 400 kg/m ³	≥ 18 mm	D-s2, d0
CLT (lamellin paksuus ≥ 18 mm)	EN 16351	≥ 350 kg/m ³	≥ 54 mm	D-s2, d0

Suojaverhous suojaa alustaansa määrätyn ajan syttymiseltä, hiiltymiseltä tai muulta vaurioitumiselta. Suojaverhouksen tarkoituksena on rajoittaa palon kehittyminen tietyn ajan, jolloin tarvikkeet voivat aiheuttaa vaaraa. Suojaverhouluokat ovat K₂ 30 (suojausaika 30 min) ja K₂ 10 (suojausaika 10 min). Alaindeksi 2 tarkoittaa, että suojaverhousta voidaan käyttää kaikilla alustoilla. Rakennusosat ja suojaverhoukset on tehtävä tarvikkeista, jotka täyttävät niille asetetut luokkavaatimukset. Taulukossa 2 on esimerkkinä esitetty suojaverhoukset P2-paloluokan rakennuksissa palomääräysten taulukkomitoituksen mukaisesti. (Lahtela 2018, 35.) Taulukossa 2 näkyy asuinkerrostalon seinä-, katto- ja lattiapinnoille suojaverhoukset K₂ 30, A2-s1, d0. Pinnoilla on 30 minuutin suojausaika, rakennustarvikkeet osallistuvat erittäin rajoitetusti paloon, A2, savun tuotto on erittäin vähäinen, s1 ja palavien pisaroiden ja osien tuottoa ei esiinny, d0. Ei-kantavia väliseiniä ei tarvitse palosuojata. Palo-osastossa saa olla suojaverhoamatonta seinä- ja kattopintaa enintään 20 % ilman erityisvaatimuksia, 20 %...80 %, jos rakennusosat kestävät paloa 90 minuutin ajan tai yli 80 % jos rakennusosat kestävät paloa 120 minuutin ajan.

TAULUKKO 2. Suojaverhoukset P2-paloluokan rakennuksessa (Lahtela 2018, 38)

3...8-kerroksinen rakennus, korkeus enintään 28 m			
Nimitys (käyttötarkoitus)	Rakennusosa	Suojaverhous	Palo-osastossa saa olla suojaverhoamatonta seinä- ja kattopintaa (ks. kuva 21)
Asuinkerrostalo (asunto) Toimisto (työpaikatila) Hotelli (majoitustila) Palvelutalo (hoitolaitos)	Seinäpinnat	K ₂ 30, A2-s1, d0	<ul style="list-style-type: none"> • ei-kantavat väliseinät • ≤ 20 %, ilman erityisvaatimuksia • > 20 % ... ≤ 80 %, jos rakennusosat R 90 ja EI 90 • > 80 %, jos rakennusosat R 120 ja EI 120
	Kattopinnat	K ₂ 30, A2-s1, d0	
	Lattiapinnat	K ₂ 30, A2-s1, d0	
	Ulkoseinän rungon ulkopinnat (tuuletusraon sisäpinta)	K ₂ 10, A2-s1, d0	
Porrashuone	Ks. luku 7		
Luhtikäytävä	Ks. luku 7		
Parveke	Ks. luku 7		

4 JOENSUUN PIHAPETÄJÄ

4.1 Energiatehokas puukerrostalo

As Oy Joensuun Pihapetäjä valmistui toukokuussa 2017 Joensuun Penttilään kortteliin 1641 tontille 5 R. Rakennuttajana toimi Karjalaisen Kulttuurin Edistämissäätiö, jolle myönnettiin Euroopan aluekehitysrahastosta (EAKR) EU-rahoitusta Energiatehokas puukerrostalo -hankkeeseen. Energiatehokas puukerrostalo -hankkeen tarkoituksena oli edistää puukerrostalorakentamisen tutkimista, vaikuttaa puukerrostalorakentamisen yleistä ilmapiiriä myönteiseksi ja tukea säätiön puukerrostalon rakentamista. Säätiö omistaa tontin, jolle puukerrostalo rakennettiin. Pihapetäjä on kuusikerroksinen hissilinen asuinkerrostalo, johon rakennettiin 40 asuntoa. Asuntoja on 30 kappaletta 35,5 m²:n yksiöitä ja kymmenen kappaletta 65,0 m²:n kolmioita. Lisäksi rakennuksessa ovat tekniset tilat, irtaimistovarastot, ulkoiluvälineiden ja lastenvaunujen varastointitilat sekä väestönsuoja. (Elonen, Matveinen, Piipponen 2017, 8 - 10.)

Pihapetäjän ensimmäinen kerros on betonirakenteinen ja kerrokset 2 - 6 on rakennettu CLT-levyistä tuotetuista tilaelementeistä. Rakennuksen yksiöt koostuvat yhdestä tilaelementistä ja kolmiot kahdesta tilaelementistä. Tilaelementti on koottu tehtaalla valmiiksi kootuista tilayksiköistä. Elementteihin asennetaan valmiiksi tehtaalla ikkunat, kalusteet ja LVIS-varustus. Tämän tekniikan etuja ovat kuivissa olosuhteissa valmistus, mittatarkkuus ja nopea työmaavaihe. Kuvassa 5 näkyy tilaelementin asennus seuraavaan kerrokseen. (Elonen, Matveinen, Piipponen 2017, 20; Puuinfo.fi b.)



KUVA 5. Pihapetäjän tilaelementin asennus (Joensuunpihapetaja.fi)

4.2 Paloturvallisuus

4.2.1 Palotekninen suunnittelu

Joensuun Pihapetäjän paloturvallisuuden suunnittelussa käytettiin toiminnallista palomitoitusta, sillä rakennukseen haluttiin mahdollisimman paljon puuta näkyväksi ja puutalon tunnelmaa. Kerrosta-
lossa CLT on näkyvissä sisäkatoissa, parvekkeen seinissä ja katoissa sekä kolmioiden kantavissa väli-
seinissä (kuva 6). Muuten saatiin puutalon tuntua puuverhoilua käyttämällä muun muassa lattioissa,
ovissa, ikkunoissa sekä kylpyhuoneiden alakatoissa. Porrashuoneessa CLT on näkyvissä ainoastaan
porraskaiteen yläpinnassa ja porrasaskelmien etu- ja takapinnoissa (kuva 7). (Elonen, Matveinen,
Piipponen 2017, 25.)



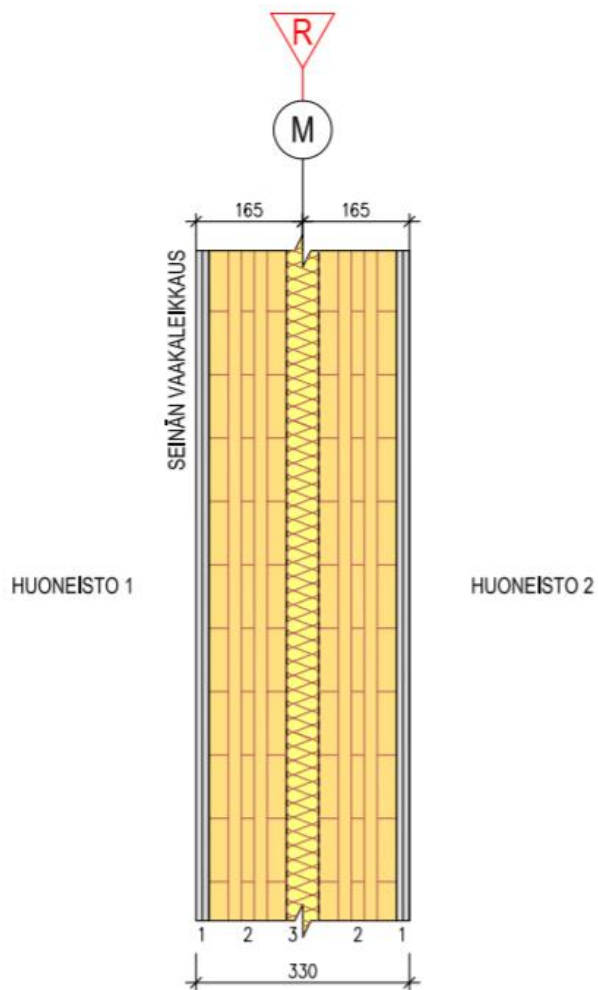
KUVA 6. Asunnon katossa näkyy CLT (Joensuunpihapetaja.fi)



KUVA 7. Porrashuoneessa on näkyvissä CLT (Joensuunpihapetaja.fi)

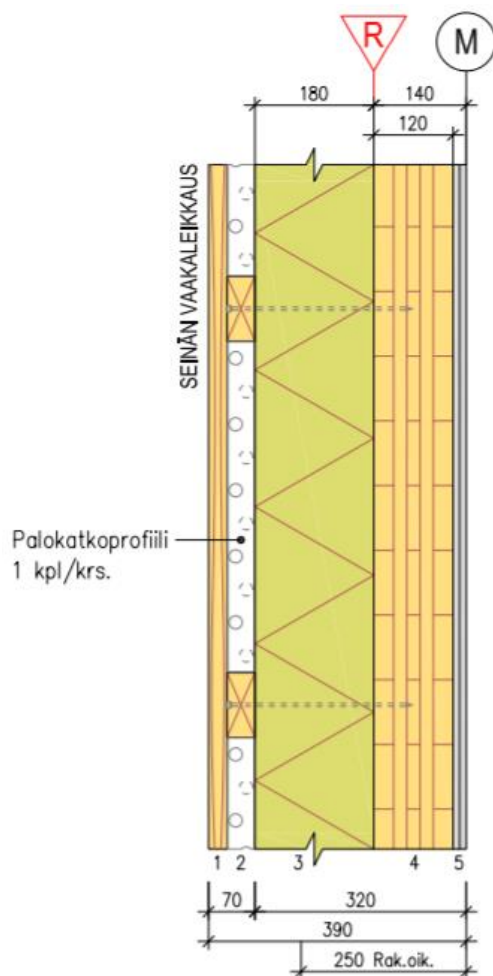
Koska puukerrostalo rakennettiin vuosien 2016 ja 2017 aikana, uudet palomääräykset eivät olleet astuneet voimaan ja suunnittelussa noudatettiin Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan E1 3/11 Ympäristöministeriön asetusta rakennusten paloturvallisuudesta. Näitä määräyksiä noudatettaessa rakennuksen paloluokka on P2, kun taas nykyisten määräysten mukaan se olisi ollut P0.

Alla olevassa kuviossa 11 näkyy huoneistojen välinen seinä. Kantavana rakenteena näkyy CLT-levy, jonka paksuus vähenee ylemmissä kerroksissa. Rakennuksen paloturvallisuutta on parannettu asentamalla kaikille seinäpinnoille kovapintaista palokipsilevyä. Myös hissikuilussa on käytetty palokipsilevyä. Palokipsilevyt pystyvät estämään paloa tunkeutumasta rakenteen läpi ja estämään levyn takana olevien aineiden voimakkaan kuumenemisen. Levyn palonsuojaominaisuudet perustuvat siihen sitoutuneen veden takia. (Elonen, Matveinen, Piipponen 2017, 27; Gyproc.fi.)



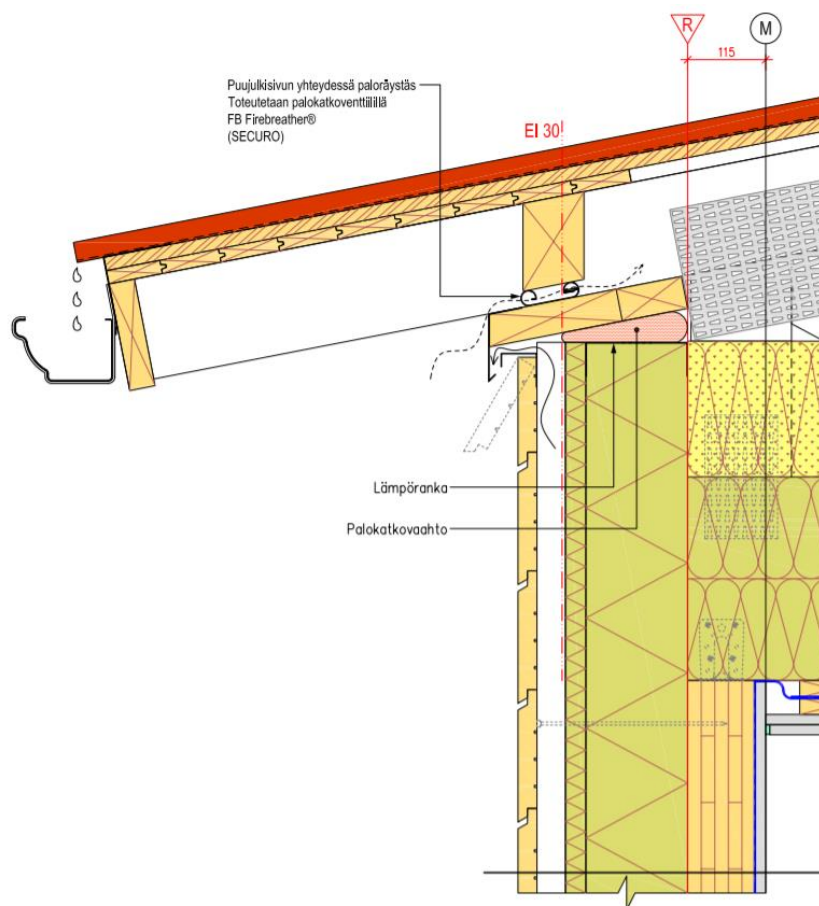
KUVIO 11. Väliseinä (RunkoPES 2.0 a, 136)

Palomääräysten mukaan puukerrostalon puujulkisivu on maalattava palosuojamaalilla kolme metriä maanpinnasta ylöspäin. Julkisivun kaksi ensimmäistä kerrosta on maalattu palosuojamaalilla. Kerrostalossa käytettiin kuumuudessa paisuvaa, eristävän vahtokerroksen muodostavaa vesiohenteista palosuojamaalia. (Elonen, Matveinen, Piipponen 2017, 27; Tikkurila.fi.)



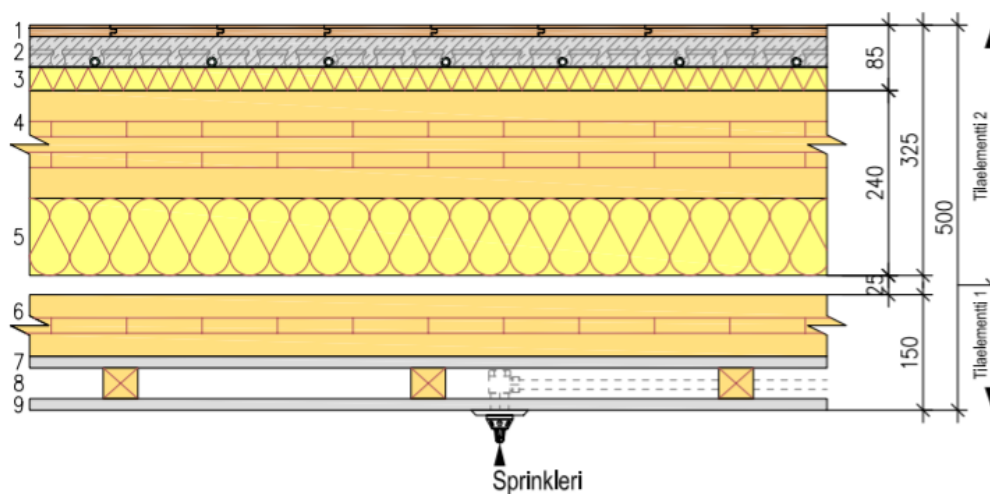
KUVIO 12. Ulkoseinän vaakaleikkaus (RunkoPES 2.0 a, 102)

Kuviossa 12 näkyy rakennuksen ulkoseinä, jossa on väliseinän tavoin eri paksuuksilla CLT-levy kantavana rakenteena. Palon leviämistä rakennuksessa estetään osastoivien rakennusosien avulla, mutta myös julkisivun puuverhouksen taakse jäävän ilma-avaruuden palokatkojen avulla sekä paloräystäiden avulla. Tuuletusraon palo on estetty kerroksittain palokatkoilla. Palokatkot ovat toteutettu hattuprofiileilla ja rei'ityksellä ilmarakoon. Paloräystäs on toteutettu EI 30 vaatimuksella kuvion 13 mukaisesti, mutta muuten leikkauskuva on vain suuntaa antava. Räystään palosuojauksena on edistetty kaksinkertaisella kipsilevyllä sekä kavennetulla ilma-avaruudella, palomassalla ja saumausteipeillä. (Elonen, Matveinen, Piipponen 2017, 27 - 28.)



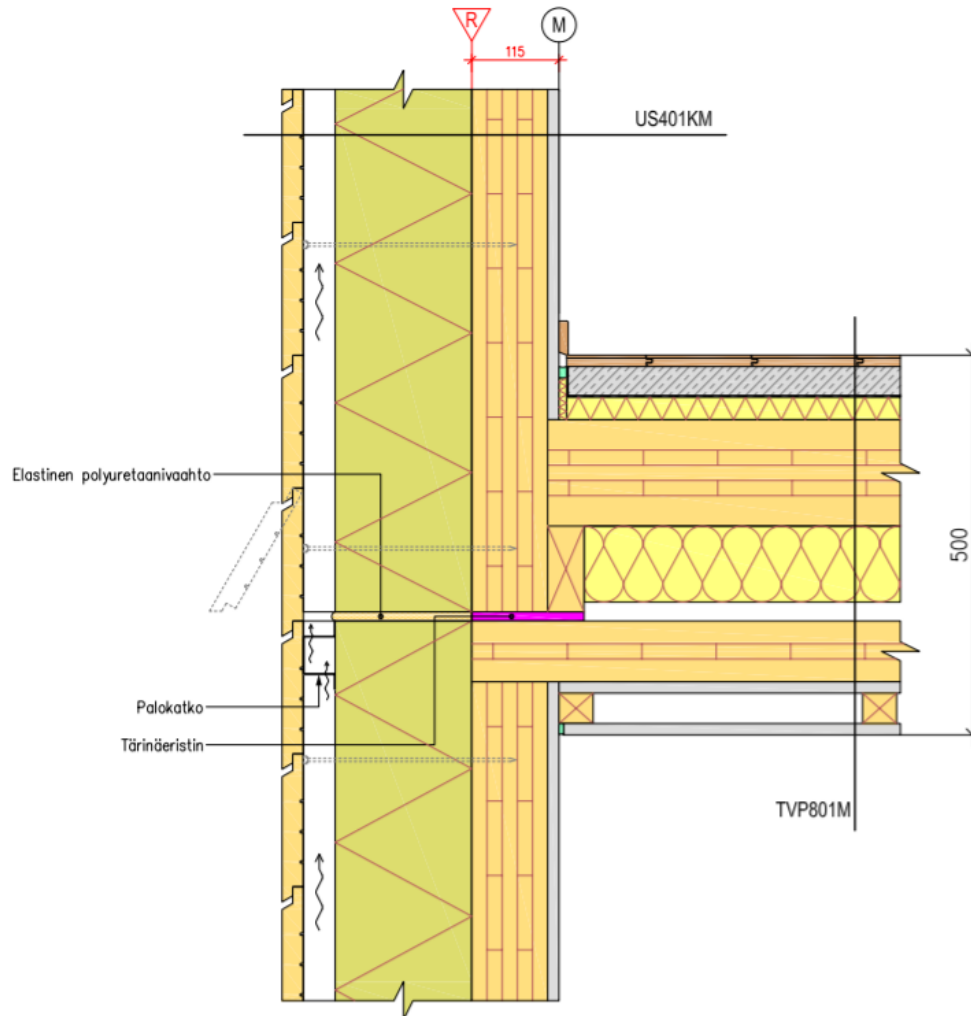
KUVIO 13. Paloräystäs (RunkoPES 2.0 b, 55)

Rakennuksen välipohja on kuvion 14 kaltainen. Koska rakennus toteutettiin tilaelementein, välipohja koostuu kahdesta osasta. Alemman kerroksen katto sisältää CLT-levyn ja tilan sprinklaukselle ja automaatiolle. Sprinklauksesta kerrotaan lisää luvussa 4.2.2. Palosuojauksessa on käytetty kipsilevyjä. Ylemmän kerroksen lattiassa on kantavana osana CLT-levy. Sementtipohjainen tasoite toimii palosuojauksena lattiapinnoitteen alla.

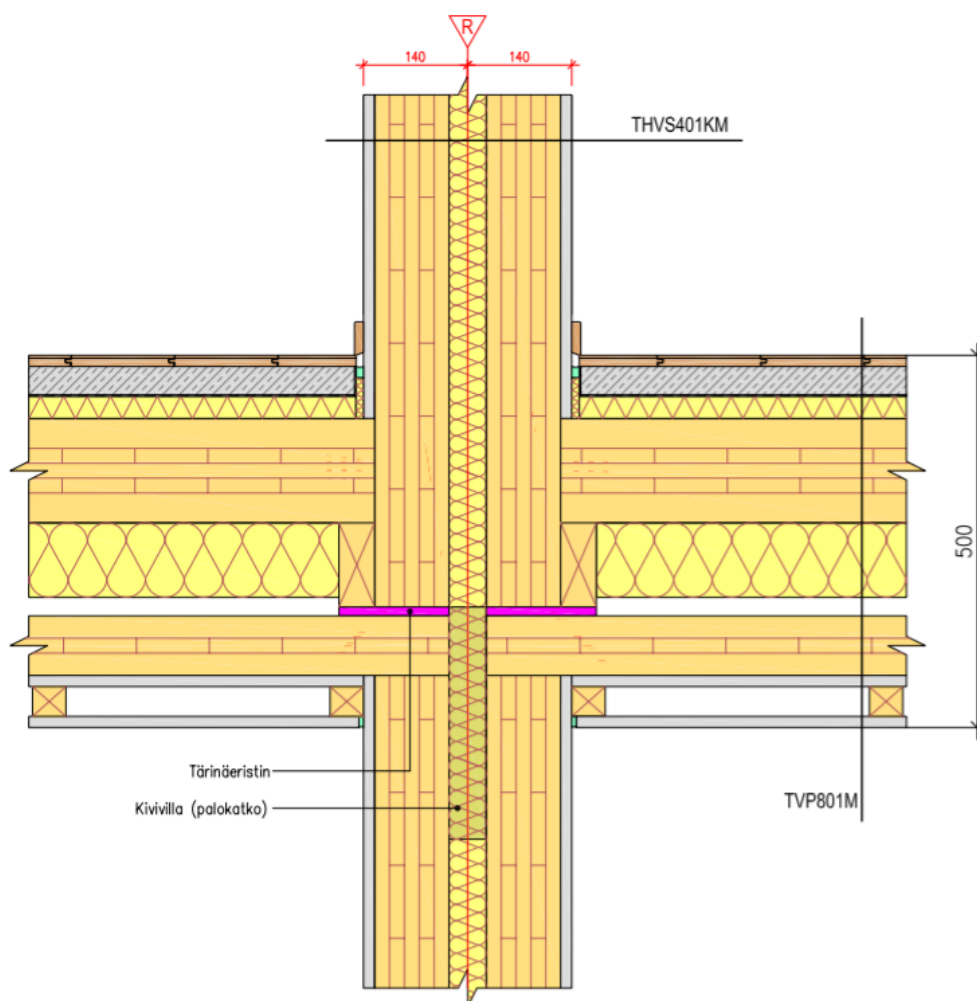


KUVIO 14. Välipohja (RunkoPES 2.0 a, 152)

Kuvioissa 15 ja 16 näkyvät ulkoseinän ja väliseinän liitokset välipohjaan. Liitoksissa täytyy olla tarkkana, ettei palosuojaus heikkene epäjatkuvuuskohtissa. Puukerrostalon liitososat ovat palosuojalevytyksen takana. Lisäksi kuvioissa näkyvät punaisella tärinäestimet. Väliseinän ja välipohjan liitoksessa yhtenäisen kivivillan ansiosta saadaan paloturvallisuutta parannettua.



KUVIO 15. Ulkoseinän ja välipohjan liitos (RunkoPES 2.0 b, 44)



KUVIO 16. Väliseinän ja välipohjan liitos (RunkoPES 2.0 b, 45)

4.2.2 Paloturvallisuuden parantaminen

Kaikkiin yli kaksikerroksisiin puukerrostaloihin on rakennettava sprinklaus eli automaattinen sammutusjärjestelmä. Alla olevassa kuvassa 8 näkyy erilaisia sprinklerisuuttimia. Sprinklauksen ansiosta asuinhuoneistopalo saadaan hallintaan ensimmäisten minuuttien aikana. Sprinklaus jäähdyttää alkunutta paloa tai sammuttaa sen kokonaan. Automaattisen sammutinjärjestelmän on katettava rakennuksen kaikki tilat, myös alakatot ja tekniikkahormit, mikäli ne sisältävät merkittävästi palokuormaa. Rakennuksen kylmiin pohjakerroksen tiloihin on myös suunniteltava sprinklaus. Näissä tapauksissa sammutusjärjestelmän putkisto paineistettiin ilmalla. Pihapetäjässä jokainen huoneisto muodostaa palo-osaston, joten jokaisessa huoneistossa on oma sprinkleri. Asunnot ovat osastoitu EI 60 vaativuusluokkaan ja porrashuoneessa on oma osastointi. Yli 2-kerroksisessa P2-paloluokan rakennuksessa puurakenteiset parvekkeet tulee sprinklata, kun ne suunnitellaan käytettäväksi varatienä. Jokaisessa asunnossa on parveke ja se on suunniteltu olevan varatie. Pohjoispuolen kolmioiden varatienä toimii makuuhuoneen ikkuna, koska asunnon parvekkeelle ei yllä nostopaikalta. (Elonen, Matveinen, Piipponen 2017, 20, 28; Lahtela 2018, 7, 58.)



KUVA 8. Erilaisia sprinklerisuuttimia (Lahtela 2018, 76)

Lisäksi jokaisessa tilassa, jossa oleskelee ihmisiä, on palovaroitin. Palovaroitin ja sprinklerijärjestelmän käynnistyminen hälyttävät palokunnan paikalle automaattisesti. Jokaiseen kerrokseen käytävälle on sijoitettu käsisammuttimet. Lisäksi käsisammutin löytyy kellarikerroksen yhteisestä tilasta ja irtainvarastosta. (Lahtela 2018, 74 - 75.)

5 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada myönteinen kuva puukerrostalojen paloturvallisuudesta sekä saada lisättyä tietoa puukerrostaloista ja niiden paloturvallisuudesta. Puukerrostalot ovat nouseva trendi, mutta monelle vieras rakennusmateriaali, joka saattaa mietityttää nimenomaan paloturvallisuuden kannalta.

Puukerrostalo on ainakin osaltaan yli kaksikerroksinen rakennus, jonka kantava runko ja julkisivut ovat pääosin puuta. Suomalaisen puukerrostalohankkeen mukaan Suomessa on tällä hetkellä rakenteilla tai suunnitteilla yhteensä 51 puukerrostalohanketta. Puurakentamisen edistäminen lisää kilpailua ja vaihtoehtoja asuntorakentamiseen, se on kotimainen uusiutuva ja ympäristöystävällinen luonnonvara. Puurakentaminen on kilpailukykyinen vaihtoehto kerrostalojen rakentamiseen. Se lisää kilpailua ja tuo uusia vaihtoehtoja asuntorakentamiseen ja näin voi hillitä kustannusten nousua. Metsät ovat merkittävin luonnonvaramme ja niiden käyttö on kansantalouden kannalta tärkeää. Puurakentaminen on yksi merkittävimmistä puun käytön lisäämisen mahdollisuuksista. Puurakentaminen tarjoaa ratkaisuja rakentamisen kiristyviin energia-, ilmasto- ja ympäristöhaasteisiin. Uusiutuvasta puusta voidaan toteuttaa erittäin energiatehokkaita ja ilmatiiviitä rakennuksia, joiden valmistus kuluttaa luontoa vain vähän. Käyttämällä puuta muiden rakennusmateriaalien sijaan voidaan pienentää rakentamisen hiilijalanjälkeä, sillä puu sitoo kasvaessaan ilman hiilidioksidia ja näin toimii rakenteissa pitkäaikaisena hiilivarastona.

Vuoden 2018 alusta voimaan tulleessa uudessa asetuksessa rakennusten paloturvallisuudesta on pyritty selkeyttämään rakentamista koskevaa soveltamista ja ennakoitavuutta. Uudet paloturvallisuusmääräykset mahdollistavat massiivipuun käytön paloturvallisesti myös entistä korkeampien kerrostalojen rakentamisessa. Sisäpinnoissa saadaan jättää enemmän puuta näkyviin, kuitenkin sillä edellytyksellä, että kantavat ja osastoivat rakennusosat kestävät vaaditun palonkestoajan. Uusi asetus mahdollistaa puurakentamisen kasvun aiempaa enemmän, mutta myös tuo siihen tiukempia vaatimuksia, kuten sprinklerijärjestelmän vaatimuksen.

Oikein suunniteltuna ja toteutettuna puukerrostalo on yhtä paloturvallinen kuin muista rakennusmateriaaleista tehty kerrostalo. Puu on kuitenkin palava materiaali ja vaikka se massiivisena rakenteena säilyttääkin kantavuutensa palossa, se ei saa vähentää paloturvallisuutta. Insinööripuutuote tilaelementtitekniikalla mahdollistaa vaativien kantavien rakenteiden toteuttamisen ja samalla nopean ja tehokkaan elementtirakentamisen, mikä parantaa puun kilpailuasemaa perinteiseen betonikerrostalorakentamiseen verrattuna. Massiivipuurakenteisen puukerrostalon paloturvallisuutta voidaan lisätä monin eri keinoin. Tärkeimmät keinot ovat automaattinen sammutusjärjestelmä sekä rakenteiden palosuojaus ja suojaverhoilu. Rakenteiden palosuojaus esimerkiksi palokatkoilla on tärkeää ulkoa päin alkaneen palon leviämisen ehkäisyssä. Toiminnallinen palomitoitus mahdollistaa laajemmat arkkitehtuurilliset suunnitelmat, pidemmät poistumistiejärjestelyt, suuremmat osastokoot ja kevyemmät rakenteet. Esimerkiksi huoneistoihin saadaan puutalon tuntua jättämällä kattoihin näkyviin CLT.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

Clt.info.fi [viitattu 2019-02-08.] Saatavissa: <https://www.clt.info.fi/tuote/clt-massiivipuurakentaminen/>

ELONEN, Petteri, MATVEINEN, Mikko, PIIPPONEN, Hannu 2017. Joensuun Pihapetäjä energiatehokas puukerrostalo. Joensuu: Lasermedia Oy.

Gyproc.fi. Gyproc-levyn palonkestävyys [verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-03-02.] Saatavissa: <http://www.gyproc.fi/suunnittelu/palosivusto/gyproc-rakenteet-ja-palonkestavyys/gyproc-levyn-palonkestavyys>

JANTUNEN, Jorma 2017. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. Ympäristöministeriö [muistio]. [Viitattu 2019-02-11.] Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/none-name/%7B68F439B3-9D6E-44C4-8618-34FE9387FCE8%7D/132701>

Joensuunpihapetaja.fi. Kuvagalleria [verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-02-27.] Saatavissa: <http://www.joensuunpihapetaja.fi/joensuun-pihapetaja/kuvagalleria/>

LAHTELA, Tero 2018. Paloturvallinen puutalo asuin- ja toimitilarakentaminen. Helsinki: Puuinfo Oy. [Viitattu 2019-02-14.] Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/> Polku: Rakentaminen. Suunnitteluohjeet. Paloturvallisuus.

LVL by Stora Enso, tekninen esite 2017 [verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-02-24.] Saatavissa: https://www.storaenso.com/-/media/Documents/Download-center/Documents/Product-brochures/Wood-products/LVL_by_Stora_Enso_Technical_brochure_032018_EN_light.ashx

Pelastustoimi. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-02-18.] Saatavissa: <http://www.pelastustoimi.fi/turvatietao/ehkaise-palon-syttyminen/tulipalon-vaarallisuus>

Puuinfo.fi a. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-02-08.] Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/> Polku: Puutieto. Puu materiaalina.

Puuinfo.fi b. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-02-11.] Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/> Polku: Puutieto. Puurakentaminen.

Puuinfo.fi c. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-02-08.] Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/puutieto/in-sin%C3%B6%C3%B6ripuutuotteet/viilupuu-lvl>

Puuinfo.fi d. LVL by Stora Enso [verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-02-08.] Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/tuote/lvl-stora-enso-laminated-veneer-lumber>

Puuinfo.fi e. Insinööripuutuotteet [verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-02-08.] Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/puutieto/insin%C3%B6%C3%B6ripuutuotteet/moni>

Rakentaja.fi. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-02-08.] Saatavissa: https://www.rakentaja.fi/artikkelit/594/puu_materiaalina.htm

RunkoPES 2.0 a. Osa 11: Rakennetyypikirjasto 2013 [verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-03-12.] Saatavissa: https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/RunkoPES_2.0_Osa_11_Rakennetyypikirjasto.pdf

RunkoPES 2.0 b. Osa 12: Liittymädetaljikirjasto 2013 [verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-03-12.] Saatavissa: https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/RunkoPES_2.0_Osa_12_Liittym%C3%A4detaljikirjasto.pdf

Stora Enso CLT, tekninen esite 2014 [verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-02-25.] Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/CLT%20image%20brochure%20FI.pdf>

Tikkurila.fi. Palosuoja puukerrostalolle [verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-03-02.] Saatavissa: https://www.tikkurila.fi/ammattilaiset/ratkaisut/tikkurila_mukana/palosuoja_puukerrostalolle

TOLPPANEN, Janne 2018. Suomalainen puukerrostalohankekanta. Helsinki: Puuinfo Oy. [Viitattu 2019-04-09.] Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/> Polku: Julkaisut.