



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# KATSAUS PUURAKENTEIDEN PALONSUOJAUSKÄYTÄNTEISIIN

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Ympäristötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Iiro Käsänen	
Työn nimi Katsaus puurakenteiden palonsuojaukseenkäytänteisiin	
Päiväys	27.5.2018
Sivumäärä/Liitteet	39/1
Ohjaaja(t) Merja Tolvanen, ympäristötekniikan yliopettaja, Mikko Laasanen, TKI-asiantuntija ja Kalle Kiviranta, projekti-insinööri	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia-ammattikorkeakoulu Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Savonia-ammattikorkeakoululle. Opinnäytetyössä tarkasteltiin palosuojamääräysten ohella kipsilevypalosuojauksen ja palosuojamaalauksen toimintaa sekä teoreettisesti että käytännössä. Opinnäytetyö liittyy Euroopan aluekehitysrahastosta rahoitettuun hankkeeseen "Savolaisen ekopientalon modernit rakennusmateriaalit" (1.1.2016–31.12.2018). Hankkeen päätoteuttaja on Savonia-ammattikorkeakoulu ja hallinnoiva viranomaisena Pohjois-Savon liitto. Hankkeen yhtenä päätavoitteena on edistää rakennusmateriaalien osalta vähähiilisyttä.</p> <p>Opinnäytetyössä kerrotaan CLT tekniikasta ja puurakentamisesta. Työssä esitellään lyhyesti rakennuspalomääräysten ydinkohdat ja kuinka rakennusmateriaali, rakenteet ja rakennusten paloluokitukset määräytyvät. Teoriaosuuksessa tarkastellaan kuinka kipsilevypaloseinä ja palosuojamaalaus tehdään ja mikä on niiden toimintatapa suojata palotilanteessa. Näitä palosuojauksien käyttöä perustellaan erityyppisiin kohteisiin. Kirjoitus perustuu internetistä löytyvään runsaaseen raporttien, tiivistelmien ja valmistajien aineistoon. Käytännön töiden selvittämiseksi tehtiin lukuisia puhelinhaastatteluja, sähköpostiviestejä ja haastateltiin rautakaupan henkilökuntaa.</p> <p>Työn tuloksena saatiin ajankohtainen katsaus CLT- ja puurakentamiseen ja niiden etuihin. Palosuojauksen tutustuttiin määräysten ja kemikaalilainsäädännön näkökulmasta. Puurakentaiden palonsuojaukseenkäytänteisiin tutustuttiin kipsilevypalonsuojauksen ja palosuojamaalien näkökulmasta käyttökohteineen.</p>	
Avainsanat CLT elementti, massiivipuulevy, kipsilevypalosuojaus, palosuojamaalaus, palosuojauksen toiminta	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author(s) Iiro Käsänen			
Title of Thesis An Overview of Fire Protection Methods of Wooden structures			
Date	27 May 2018	Pages/Appendices	39/1
Supervisor(s) Ms Merja Tolvanen, Principal Lecturer, Mr Mikko Laasanen, RDI Expert, Mr Kalle Kiviranta, Project Engineer			
Client Organisation /Partners Savonia University of Applied Sciences			
<p>Abstract</p> <p>This thesis was made for Savonia University of Applied Sciences. The purpose of the thesis was to focus on fire protection regulations in addition the practical implementation of plasterboard fire protection and fire retardant paint. The thesis is related to European Regional Development Fund project called "Savonian modern building material of ecosmall house" (1.1.2016–31.12.2018). The project leader is Savonia University of Applied Sciences and the managing authority is Regional Council of Pohjois-Savo. One of the purposes of the project is to promote low carbon in building materials.</p> <p>The thesis dealt with CLT technology and wood construction. The thesis briefly presents the core points of building fire protection regulations and how building materials, structures and fire classification of buildings are determined. The Theoretical part examine how plasterboard firewall and fire protection coating are done and how they work in case of a fire. These fire protection methods are justified on different types of targets. The thesis is based on extensive reports, summaries and manufacturers' material on the Internet. Numerous phone interviews, e-mail exchanges and interviews were conducted to hardware store staff to clarify practical work.</p> <p>As a result of this thesis, a current summary about the CLT technology and wood construction as well as their advantages was made. Fire protection was introduced from the point of view of regulations and chemical legislation. Fire protection methods for wood were introduced from the point of view of plasterboard fire protection and fire protection coating with their uses.</p>			
<p>Keywords</p> <p>CLT element, solid woodpanel, plasterboard fire protection, fire protection coating, function of the fire protection</p>			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
2	PUURAKENTAMINEN JA CLT .....	7
2.1	Puukerrostalojen kehitystyö .....	7
2.2	CLT, Ristiinliimattu massiivipuu (cross laminated timber) .....	7
2.3	CLT:n vertailu yleisimpiin rakennusaineisiin .....	8
2.3.1	CLT ja betoni .....	8
2.3.2	CLT ja hirsi .....	8
2.4	CLT:n ominaisuuksista.....	9
2.5	CLT levyn palotekniset ominaisuudet.....	9
3	PUURAKENTAMISEN EDUT .....	11
3.1	Luonnon oma rakennusmateriaali .....	11
3.2	Puurakentaminen ilmastonmuutosta hidastavana tekijänä .....	11
3.3	Hengittävän puupinnan edut.....	12
3.3.1	Kosteusvaihtelujen tasaaja.....	12
3.3.2	Huoneilman hiilidioksidipitoisuuksien vaimentaja .....	13
3.3.3	Parantaa aistinvaraista sisäilman hyväksyvyyttä .....	14
4	PUURAKENTAMISTA OHJAAVA LAINSÄÄDÄNTÖ JA STANDARDIT .....	16
4.1	E1 Rakennuspalomääräys .....	16
4.1.1	Rakennusten paloluokat .....	16
4.1.2	Rakennuksen kokoa ja henkilömäärää koskevat rajoitukset.....	16
4.1.3	Palo-osastointi .....	17
4.1.4	Palokuorma ja kantavien rakenteiden luokkavaatimukset.....	18
4.2	Rakennustuotteen paloluokat ja vaatimukset .....	19
4.2.1	Paloluokat.....	19
4.2.2	Lisäluokat .....	21
4.2.3	Paloluokkien vaatimukset.....	21
4.3	Rakenteiden paloluokat .....	22
5	PUURAKENTEIDEN PALOSUOJAUKSEN KÄYTÄNTEET SISÄTILOISSA .....	23
5.1	Kipsilevy palonsuojana .....	23
5.1.1	Kipsilevy rakenteiden suojana .....	23
5.1.2	Kipsilevyn toiminta palosuojauksessa.....	24

5.1.3	Esimerkkejä kipsilevyn käytöstä .....	24
5.2	Palosuojuskemikaalien käyttö.....	25
5.2.1	Palosuojamaalaus .....	25
5.2.2	Palosuojamaalin toiminta .....	26
5.2.3	Esimerkkejä käytöstä.....	26
6	PALONSUOJAUSKEMIKAALIT .....	27
6.1	Kemikaalilainsäädäntö Suomenna ja muualla .....	27
6.1.1	Euroopan yhteisön kemikaalilainsäädäntö .....	27
6.1.2	Suomen kansallisen lainsäädännön lait ja asetukset .....	28
6.1.3	Valtioneuvoston asetukset ja päätökset .....	30
6.1.4	Ministeriöitten asetukset ja päätökset .....	31
6.2	Kaupallisesti saatavat kemikaalit Suomessa ja Euroopassa.....	32
7	KIPSILEVYN JA PALONSUOJAUSKEMIKAALIEN KÄYTÖN HYÖDYT JA HAASTEET.....	33
7.1	Yhteenveto kipsilevypalosuojuskäytännöistä .....	33
7.2	Yhteenveto palosuojamaali käytännöistä .....	34
7.3	Johtopäätökset palosuojausmenetelmien soveltuvuudesta .....	35
	LÄHDELUETTELO.....	37
	LIITE 1: CLT LEVYJEN MUODOSTUMINEN KERROKSISTA .....	39

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehdään Savonia-ammattikorkeakoululle. Opinnäytetyössä keskitytään puurakenteiden palonsuojauuskäytänteisiin. Puurakenteiden osalta tässä työssä keskitytään erityisesti ristiinlaminoituun massiivipuuhun (Cross Laminated Timber, CLT). Opinnäytetyössä kerrotaan CLT tekniikasta ja puurakentamisesta. Työssä esitellään lyhyesti rakennuspalomääräysten ydinkohdat ja kuinka rakennusmateriaali, rakenteet ja rakennusten paloluokitukset määräytyvät. Teoriaosuudessa tarkastellaan kuinka kipsilevyपालoseinä ja palosuojamaalaus tehdään ja mikä on niiden toimintatapa suojata palotilanteessa. Kirjoitus perustuu internetistä löytyvään runsaaseen raporttien, tiivistelmien ja valmistajien aineistoon. Käytännön töiden selvittämiseksi tehtiin lukuisia puhelinhaastatteluja, sähköpostiviestejä ja haastateltiin rautakaupan henkilökuntaa. Tavoitteena on, että opinnäytetyö voisi toimia tilannepäivityksen tarjoavana käsikirjana esim. rakennusalan yrityksille, opiskelijoille ja kaikille puurakennusten palonsuojausmenetelmistä kiinnostuneille. Opinnäytetyö liittyy Euroopan aluekehitysrahastosta rahoitettuun hankkeeseen ”Savolaisen ekopientalon modernit rakennusmateriaalit” (1.1.2016 - 31.12.2018). Hankkeen päätoteuttaja on Savonia-ammattikorkeakoulu ja hallinnoiva viranomainen Pohjois-Savon liitto. Hankkeen yhtenä päätavoitteena on edistää rakennusmateriaalien osalta vähähiilisyttä.

Palonsuojauuskäytänteisiin voitaisiin lukea myös vesisprinklerijärjestelmä mutta se on samalla sammutusjärjestelmä ja on siksi rajattu aiheen ulkopuolelle. Palonsuojauuskemikaaleja ja -menetelmiä on teräkselle runsaammin, maalien lisäksi on palosuojaruiskutteita sekä -vaahtoja. Puumateriaalillekin löytyy useita palonsuoja-aineita mutta tarkemmin tutkiessa osa on hyvin kyseenalaisia käytettäväksi puulle. Näitä lähinnä tekstiileille ja huokoisille pinnoille tarkoitetuista aineista löytyy käyttökohteista vain maininta soveltuu puulle. Tällä maininnalla olevat sumutettavat nesteet, geelit ja lisäaineena käytettävät jauheet polyuretaanivaahdoille rajataan väärinkäsityksen välttämiseksi aineistosta pois. Puutavaralle palonsuojauuskemikaaleja on palosuojamaalien ja -lakkojen lisäksi käytännössä olemassa vain palonsuojakyllästys ja palonsuojaupotus. Niiden suojausperiaate on sama kuin palosuojamaalilla. Kyllästysaineen saamiseksi puuhun materiaali upotetaan kyllästysnesteeseen ja palonsuojakyllästyksessä laitetaan lisäksi painesäiliöön, kuten painekyllästyksessä tapahtuu. Palonsuojakyllästystä tehdään enimmäkseen pitkälle kappaletavaralle, kuten laudoille. Palonsuojakyllästettyä tai -maalattua lautaa voidaan käyttää rakennuksen verhouksena eristeen ulkopuolella kantavan rakenteen ollessa palosuojamaalattua CLT elementtiä. Ammattikäytössä palomaalin levitykseen käytetään ruiskua, tätä puoltaa myös kustannustehokkuus. Pensselilevitystä käytetään lähinnä vaurioiden korjaukseen paikkamaalauksessa. Kipsilevyväliseiniä on tehty jo kauan puurankaisena. Teräsrankainen kipsilevyväliseinä on kuitenkin nykyisin käytäntö varsinkin rakennusliikkeiden kohteissa.

## 2 PUURAKENTAMINEN JA CLT

### 2.1 Puukerrostalojen kehitystyö

Suomi on Espanjan jälkeen Euroopan kerrostalovaltaisim maa; noin 44 % Suomen kaikista asunnoista sijaitsee kerrostaloissa. Vuosittaisista uudisasunnoista puolet (=noin 15 000 asuntoa) rakennetaan edelleen kerrostaloihin. Betoni on hallinnut kerrostalojen markkinoita viimeiset viisikymmentä vuotta. Suomalaista puurakentamista on kehitetty voimakkaasti 1990-luvun alusta lähtien tiiviissä yhteistyössä muiden EU-maiden kanssa. Kehitystyö on keskittynyt erityisesti puukerrostalojen rakentamiseen ja rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen. Suomen palomääräyksiä muutettiin vuonna 1997 siten, että puun käyttö tuli mahdolliseksi rakennusten rungoissa ja julkisivuissa aina 4-kerroksisiin rakennuksiin saakka. Suomen palomääräyksiä muutettiin jälleen 15.4.2011, jolloin puun käyttö tuli mahdolliseksi myös 5 - 8-kerroksisissa puurunkoisissa ja puujulkisivuisissa asuin- ja työpaikkarakennuksissa. Lisäksi puun käyttömahdollisuuksia laajennettiin myös betonisten, nk. lähiökerrostalojen korjaamiseen ja lisäkerrosten rakentamiseen. (Puuinfo)

Suomen nykyisten palomääräysten taulukkomitoituksen mukaan on mahdollista suunnitella ja rakentaa puurunkoisia ja -julkisivuisia asuin- ja työpaikkarakennuksia aina 8-kerroksisiin saakka. Vuonna 2016 aloitettiin noin 600 uuden kerrostalon rakentaminen. Kaikkiaan uusia asuinpuukerrostalokohteita on nyt vireillä noin kuuden tuhannen asunnon verran eri puolilla Suomea. Uusia puisia koulurakennuksia on rakenteilla ja vireillä noin kymmeneen kuntaan. Puiset koulurakennukset ovat yleisty-mässä, kun on haluttu tavoitella terveellistä ja viihtyisää sisäilmastoa. (Puuinfo)

### 2.2 CLT, Ristiinliimattu massiivipuu (cross laminated timber)

Cross Laminated Timber (CLT), koostuu nimensä mukaisesti ristiinliimatuista lautakerroksista. Kerroksia on useita, tavallisimmin kolme tai viisi. Kuvassa 1 on esimerkki ristiinliimatuista lautakerroksista. Tästä muodostuu hyvin paloa kestävä, erittäin luja ja jäykkä sekä ominaisuuksiinsa nähden kevyt rakennuslevy. CLT valmistetaan kiinnittämällä yksittäiset laudat levyiksi ja lisäämällä sitten toisiinsa nähden poikittaisia levykerroksia kohtisuoraan liimaamalla kunnes saavutetaan levyille haluttu paksuus. Kerrostetut levyt puristetaan siten tiiviiksi elementiksi. Levykerrosten liimaukseen käytetään ainoastaan ympäristöystävällistä, tuoksutonta ja vaaratonta formaldehyditöntä polyuretaaniliimaa, jota on käytetty tähän asti mm. hirsirakentamisessa. Levyjä pystyy käyttämään kantavina ja jäykistävänä rakenteina sekä seinissä että lattiarakenteissa. Sisätiloissa levyt voidaan pinnoittaa tai palomääräysten niin salliessa jättää sellaisenaan näkyville tavoitellusta ilmeestä riippuen. Keveistä ja jäykistä levyistä voidaan halutessa työstää mittatarkasti erimuotoisia rakennuselementtejä. Julkisivuissa ikkunat ja ovet voidaan sijoittaa hyvin vapaasti ja myös kulmaikkunat onnistuvat, koska levymäiset rakenteet toimivat tarvittaessa ulokkeina. Ulkoseinissä levyt eristetään normaaliin tapaan; eriste sijoitetaan levyn ulkopuolelle. Välipohjissa levyjä käytetään tavallisesti liittorakenteena yhdessä betonivalun kanssa, jolloin puu toimii rakenteessa palosuojana, massiivinen betoni- tai kipsivalu eristää ääntä ja kantavuus saavutetaan liittorakenteena. Kohteissa, joissa välipohjan ääneneristävyydelle ei

ole asetettu kovia vaatimuksia, levyjä voidaan käyttää ilman betonivalua. Liittorakenne myös voidaan korvata uivilla lattiakerroksilla ja levyjä jäykistää palkeilla.(Hoisko; Puuinfo)



Kuva 1. Ristiinliimattuja lautakerroksia (Stora Enso)

Ristiinlaminoitu massiivipuu soveltuu pääsääntöisesti kaikkeen rakentamiseen, johon puuta voi käyttää. Käyttökohteita ovat mm. kantavat rakenteet näkyvällä tai verhoillulla seinäpinnalla esimerkiksi omakotitaloissa ja muussa yksityisessä rakentamisessa, kerrostaloissa ja julkisissa tiloissa kuten kouluissa, sairaaloissa ja liikuntahalleissa tai infrarakentamisessa, vaikkapa siltarakenteena. Lisärakentamisen kohteita ovat mm. rakennusten lisäkerrokset. CLT levy on rakenteensa vuoksi vahva ja mitoiltaan stabiili, se soveltuu erinomaisesti seinien, kattojen ja lattioiden rakenteeksi. Levyjä käytetään esivalmistetuissa rakennuselementeissä nopeuttamaan ja helpottamaan rakentamista. Jokainen elementti voidaan piirtää ja leikata mihin vain vaadittuun muotoon. (Hoisko)

## 2.3 CLT:n vertailu yleisimpiin rakennusaineisiin

### 2.3.1 CLT ja betoni

CLT talotehtaat kertovat CLT elementtirakentamisen olevan jopa betonielementti rakentamista nopeampaa. Tämä lienee tapauskohtaista ja riippuu varmaankin rakentamisen yksityiskohdista. Teknisiltä ominaisuuksiltaan ristiinlaminoitu massiivipuu haastaa betonin ja teräksen, sillä kantavuudeltaan se ylittää teräksen tasolle ja on painoltaan betonia kevyempää. CLT:n reunaliimatut saumat vähentävät liimaamattomassa materiaalissa tapahtuvaa saumojen rakoilua vahvistaen tuotteen kantavuutta tehden samalla pinnasta visuaalisemman ja siten myös näkyväksi pinnaksi soveltuvan. Lisäksi reunaliimaus mahdollistaa rakentamisen ilman erillistä höyrynsulkua. Piinaavat kosteusongelmat eivät ole yhtä uhkaavia riskejä CLT rakennuksissa, sillä CLT elementit valmistetaan tarkoin kontrolloiduissa tehdastiloissa, joissa ulkopuoliset säätökijät eivät pääse vahingoittamaan elementtejä valmistusprosessin aikana. Luonnollisesti elementit täytyy suojata kosteudelta kuljetuksen ja asennuksen ajaksi. (Crosslam; Hoisko)

### 2.3.2 CLT ja hirsi

Sekä CLT että hirsi ovat massiivipuuta, eli käytännössä samaa materiaalia. Siksi tänä päivänä käytetäänkin termiä "massiivipuukurantaminen", jota koskevat yhteiset säädökset. Pieniä eroja kuitenkin



on. CLT:n rakenne on painumaton, kun massiivihirttä käytettäessä on huomioitava ajan oloon tapahtuva painuminen. Lamellihirteen verrattuna ainoa ero on oikeastaan se, että CLT on kokonainen seinälevy ilman vaakasaumoja ja ylimääräisiä ilmarakoja seinässä ja asennetaan paikalleen yhdellä nostolla. Hintaeroa ei materiaalissa juurikaan ole, valmistajasta riippuen CLT voi olla edullisempi vaihtoehto. Kiistelty aihe lamellihirsirakentamisessa on ollut hengittävyys. Lamellihirressä puulamellit liimaetaan toisiinsa sivusuunnassa, eli kolmilamellisessa hirressä on hirren sisä- ja ulkopinnan välissä kaksi liimakerrosta. Samaa formaldehyditöntä polyuretaaniliimaa käytetään levykerrosten liimaamiseen CLT tuotteissa. VTT rakentamistekniikan tutkimusselostuksen mukaan liimasauman ei voida osoittaa vaikuttaneen vesihöyrynläpäisevyyteen tilastollisesti merkittävästi. (Hoisko; Hoisko; Fröblom, 1995)

## 2.4 CLT:n ominaisuuksista

Ristiinlaminoidut, tiiviisti toisiinsa puristetut puukerrokset estävät materiaalin omaehtoisen pituus- ja leveysuuntaisen laajenemisen ja kutistumisen, jolloin lopputuotteen valmistaminen onnistuu erityisen tarkasti juuri mittojen mukaan. CLT levy on kuivattu ennen valmistusta  $12 \pm 2$  % kosteuteen ja on sitä myös toimitettaessa kun suojamuoveja ei rikota. Suojamuovein myös pintamateriaali säilyy puhtaana. Suomessa valmistettavat elementit ovat maksimimitoiltaan 3,5 x 12 m. Suurin este mittojen kasvattamiselle ovat tuotantolaitteiston maksimitat, rekkojen lastauskapasiteetin ja pientalo-alueella sopivan kuljetusreitit löytyminen. Elementtien paksuudet vaihtelevat 60 ja 400 mm välillä. Yksittäisien lamellikerroksien paksuus on 20 - 60 mm ja niitä on elementissä 3 - 10 kpl halutun paksuuden saamiseksi. Liitteessä 1 on esitetty levyjen paksuudet. (Crosslam; Hoisko)

Yksittäinen elementti voi pitää sisässään paloturvallisen, rakenteellisesti kantavan sekä esteettistä pintakuviota ilmentävän kerroksen. Esimerkki räätälöintimahdollisuuksien moninaisuudesta on akustisesti profiloitu paneli, jonka pintakerros toimii tarkasti laskettujen akustisten vaatimusten mukaisesti ja muut kerrokset vastaavat elementin rakenteellisista ominaisuuksista. Pintakäsittelyllä on mahdollista vaikuttaa mm. seuraaviin levyn ominaisuuksiin: akustiikkaan, pinnan ulkonäköön, väriin peitto- ja kuultovärjäyksiin, palonkestoon tai syttymättömyyteen ja pintakuviointiin. (Crosslam)

## 2.5 CLT levyn palotekniset ominaisuudet

Massiivisella puulevyllä on paremmat palonkesto-ominaisuudet kuin yleensä kuvitellaan. Puumateriaalin tiheys puolestaan vaikuttaa tuotteen paloturvallisuuteen perinteistä puuta paremmin, sillä massiivisessa puuaineessa palon eteneminen ja hiiltyminen rakenteissa on perinteistä puuta hitaampaa. Puulevyn pinnan joutuessa kosketuksiin tulen kanssa, sen pintaan muodostuu hiiltynyt kerros, joka suojelee syvempiä kerroksia vaurioilta. CLT levy ei myöskään vääntyile tai murre kuumetessaan kuten teräs- ja betonirakenteet. CLT-levyn hiililymisnopeudeksi on mitattu 0,65 mm/min, mikä on hieman parempi arvo kuin massiivipuulla 0,8 mm/min. Puusolukon käyttäytyminen palossa on palonkestoon keskeisesti vaikuttava seikka. Tulipalossa puusolukko luovuttaa ensin sisäistä kosteutta, jonka jälkeen paksu solukko hiiltyy hitaasti ennustettavassa ajassa. Hiilikerroksen ansiosta rakenne kestää kauemmin ja hiililymisennustettavuus helpottaa CLT-rakenteiden palonkeston mitoittamista. Rakennustarvikkeet luokitellaan sen perusteella, miten ne vaikuttavat palon syttymiseen, sen le-

viämiseen, savun tuottoon ja palavaan pisarointiin. CLT-levy rakennustarvikkeena täyttää luokan D-s2, d0 ja latioissa Dfl-s1 vaatimukset. Tämä tarkoittaa, että CLT-levyn osallistuminen paloon on hyväksyttävissä (D) ja savuntuotto on vähäistä (s2) tai erittäin vähäistä (s1). Palavat pisarat sammuvat nopeasti (d1) tai niitä ei esiinny ollenkaan (d0). CLT:n palonkestävyys on siis erinomainen. Pinta on mahdollista käsitellä jopa syttymättömäksi. CLT:ssä palonkestävyys, kosteussulku ja rakenteen kantavuus yhdistyvät yhdessä ja samassa rakennusmateriaalissa. (Brännare, 2012; Storaenso)

### 3 PUURAKENTAMISEN EDUT

#### 3.1 Luonnon oma rakennusmateriaali

Puu on ainoa rakennusmateriaali, joka voi olla sekä kantava että lämpöä eristävä ja se muodostaa kauniita pintoja. Puun etuja rakennusmateriaalina ovat myös keveys, lujuus ja helppo työstettävyys. Puun rakenteelliset ominaisuudet ovat monipuoliset. 1700-luvulle saakka puu oli ainoa materiaali, joka saattoi ottaa vastaan sekä puristus- että vetovoimia. Helpon käsiteltävyyden vuoksi puurakennusten toteutuksessa yksinkertaiset työkalut ovat riittävät. Myöskään rakennustuotteiden jalostuksessa ei tarvita pitkälle kehittyneitä teknologioita, jos niin ei haluta. Energian kulutus puurakentamisessa on vähäinen ja perustuu uusiutuviin energialähteisiin useammin kuin kilpailevilla materiaaleilla. Rakennusjätteen määrä on vähäinen ja se voidaan käyttää uudelleen tai kierrättää helposti. Oikein toteutetut ja hyvin ylläpidetyt puurakennukset ovat pitkäikäisiä. Toisaalta puu on rakennusmateriaalina arka. Se palaa ja on altis laholle. Mekaaninen kestävyys ei aina ole yhtä hyvä kuin muilla materiaaleilla. Siksi puurakennukset tulee suunnitella ja toteuttaa huolellisesti. Oikeasta puun käytöstä on esimerkkejä satoja vuosia vanhoissa rakennuksissa. Puu kestää ja vanhenee kauniisti. (Rakentaja.fi)

Puuta on helposti saatavilla. Se on paikallinen materiaali, mistä johtuen kuljetuskustannukset ovat alhaiset. Puu on myös ainoa materiaali, jota on saatavissa kestäväällä pohjalla. Se on luonnossa itsensä uusiutuva materiaali. Puu on myös täysin kierrätettävä materiaali. Käytöstä poistetut puutuotteet voidaan usein käyttää uudelleen sellaisenaan. Vaihtoehtoisesti ne voidaan jatkojalostaa johonkin toiseen muotoon tai viime kädessä polttaa, jolloin puuhun sitoutunut energia saadaan uudelleen käyttöön. Puu on saasteeton materiaali. Verrattuna muihin materiaaleihin puun mekaanisesta jalostuksesta käytöstä aiheutuu hyvin vähän päästöjä. Puu on myös hiilidioksidisäiliö. Puolet puusta on hiiltä. Yksi tonni puuta sitoo kaksi tonnia hiilidioksidia. Puun käytöllä voidaan siten ehkäistä ilmaston lämpenemistä. On siis myös globaaleja syitä käyttää enemmän puuta. (Rakentaja.fi)

Puu on matalaenergiatuote. Sen valmistukseen tarvitaan vain murto-osa siitä energiasta, kuin sen tavallisesti korvaavien materiaalien valmistukseen. Vähäinen energiatarve merkitsee säästöä paitsi tuotteiden valmistuksessa myös esimerkiksi rakentamisessa. Energiansäästö puolestaan voidaan muuttaa rahaksi. Toisaalta puu on myös merkittävä energialähde. Se on myös turvallinen energialähde. Puu on saasteeton, eikä siitä vapaudu poltettaessa enempää hiilidioksidia, kuin puuhun on sen kasvaessa sitoutunut. Oikein tehtynä myös puun pienpoltto on haitatonta. (Rakentaja.fi)

Puupinta on estetiikaltaan elävä. Käsittelemätön puupinta on väriltään laimea, ei huomiota herättävä. Pinta voidaan kuultovärjätä, jolloin sen kaikki puun syyt ja oksat ovat nähtävissä. Puun pinta on elävä jossa ei ole täsmälleen samanlaista puukuviota muualla. Oksa, puunpinnan kukka, elävöittää puupintaa. Puupintaa on miellyttävä katsoa ja se rauhoittaa mieltä. (Kokko, 2002)

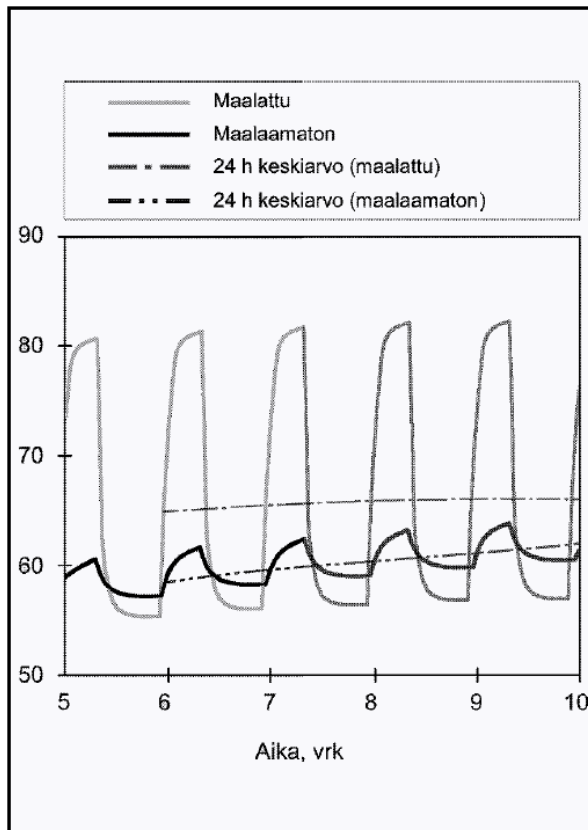
#### 3.2 Puurakentaminen ilmastonmuutosta hidastavana tekijänä

Rakennustuotteiden valmistus aiheuttaa lähteestä riippuen 5 - 12 % maamme energiankulutuksesta ja hiilidioksidipäästöistä. Näistä päästöistä yli 90 % aiheutuu sementin ja teräksen valmistuksesta. Jotta Suomi pääsisi sille asetettuihin ilmastotavoitteisiin, sementin ja teräksen käyttöä rakentamisessa tulee vähentää ja korvata vähemmän kasvihuonekaasuja aiheuttavilla materiaaleilla. Puun käyttö rakentamisessa hillitsee ilmastonmuutosta. Puutalot aiheuttavat koko elinkaarensa aikana huomattavasti vähemmän ilmasto- ja ympäristöhaittoja kuin vastaavat betonista, teräksestä tai tiilestä rakennutut talot. Puu hyödyntää kasvaessaan ilman hiilidioksidia, joka varastoituu puuhun. Hiili säilyy puutalossa pitkään; puurakenteet toimivat pitkäaikaisina hiilivarastoina. Keskiverto suomalainen puinen omakotitalo sitoo puurakenteissaan noin 30 tonnia ilman hiilidioksidia. Tämä vastaa yhden kulluttajan keskivertoautoilun yli 10 vuoden hiilidioksidipäästöjä. Elinkaarensa päässä poltettaessa vaikkapa bioenergian saamiseksi puun sitoma hiilidioksidi vapautuu takaisin ilmakehään, josta se sitoutuu takasin kasveihin. Puun käyttö korvaa rakentamisessa sellaisia tuotteita, joiden valmistus tuottaa hiilidioksidipäästöjä. Puun käyttöä rakentamiseen pystyttäisiin lisäämään huomattavasti ilman että ekologiset rajat tulisivat vastaan. Metsän hiilivaranto kasvaa päivässä saman verran kuin rakennuspuuteollisuus käyttää puuraaka-ainetta vuodessa. (Puuinfo)

### 3.3 Hengittävän puupinnan edut

#### 3.3.1 Kosteusvaihtelujen tasaaja

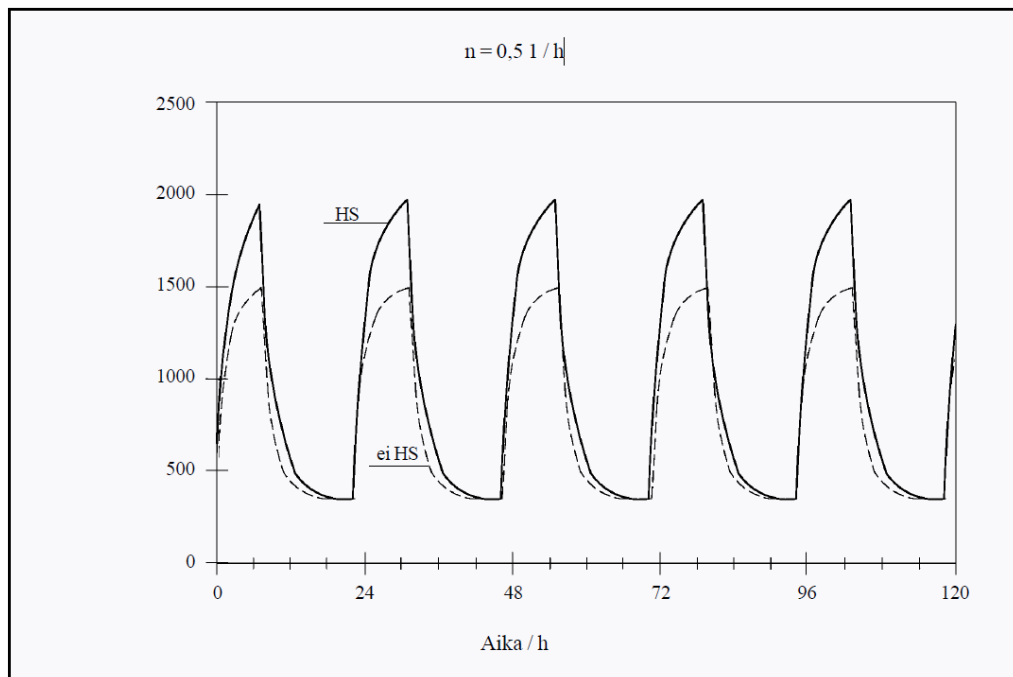
Puupinta hengittää tasoittamalla huoneilman suhteellista kosteutta eli toimii huoneilman kosteusvaihtelujen vaimentajana. Hengittävän rakenteen vaikutuksesta huoneilman kosteuteen on useita tutkimuksia joiden tulokset ovat samansuuntaisia menetelmästä riippumatta. Esimerkkinä (kuva 2) tarkastelun kohteena on tavanomaisen kokoisen makuuhuone, jonka ilmanvaihto on määräysten mukainen 0,5 vaihtoa tunnissa eli puolet huoneen ilmatilavuudesta vaihtuu tunnissa. Huoneessa nukkuu kaksi aikuista klo 23 - 07 välillä. Päiväsaikaan makuuhuoneessa ei olla. Makuuhuoneen kaikki seinät ja yläpohja on rakennettu materiaaleista, jotka läpäisevät kaasuja diffuusiolla ja joilla on suuri tehollinen kosteuskapasiteetti. Rakenne sisäpinnasta lukien kerroksittain: huokoinen 12 mm puukuitulevy, rakennuspaperi, puukuitueristys 150 mm, huokoinen puukuitulevy (yläpohjassa tuuletettava ilmaväli). Lattian yläpinta on diffuusiotiivis. Laskentatapauksia on kaksi. Edellä kerrottu rakenne sellaisenaan ja toisessa kokeessa rakenne maalattu sisäpinnaltaan diffuusiotiiviiksi. Esimerkkitapauksessa (huokoinen rakenne) suuri tehollinen kosteuskapasiteetti vaimentaa olennaisesti huoneilman suhteellisen kosteuden vaihtelua. Korkea suhteellisen kosteuden yöaikainen huippuarvo madaltuu merkittävästi ja päiväaikainen minimi arvo nousee jonkin verran. Tälle on yksinkertainen selitys. Yöllä kuormitusvaiheessa huoneilman suhteellisen kosteuden noustessa suuri osa tuotetusta vesihöyrystä sitoutuu rakenteisiin hygroskooppisesti ja kuormituksen loppuessa sitoutunut kosteus vapautuu höyrynä ja osa siitä palautuu takaisin huoneilmaan. Toisessa esimerkkitapauksessa (diffuusiotiivis) yöaikainen kuormitusvaiheen suhteellisen kosteuden huippuarvo on korkea ja kuormituksen loppuessa suhteellinen kosteus laskee nopeasti pohjalukemiin. Suhteellisen kosteuden vaihtelu on siis suuri yön ja päivän välillä. (Kokko, 2002)



Kuva 2. Sisäilman suhteellinen kosteus ajan funktiona maalaamattomassa ja sisäpinnaltaan diffuusiotiiviiksi maalatussa makuuhuoneessa. Henkilökuormitus 2 henkilöä klo 23 - 07 välisenä aikana (Kokko, 2002)

### 3.3.2 Huoneilman hiilidioksidipitoisuuksien vaimentaja

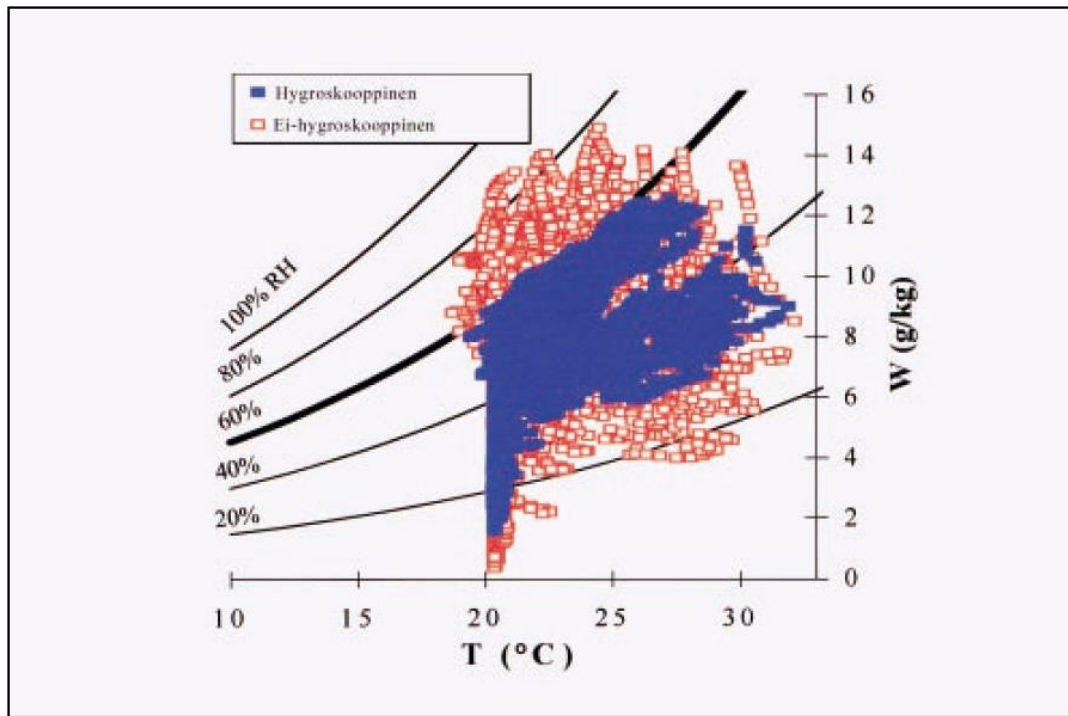
Puupinta hengittää vaimentamalla hiilidioksidipitoisuuden kehittymistä. Tutkittaessa hiilidioksidipitoisuuden nousua makuuhuoneen seinä- ja yläpohjarakenne oli muutettu toisessa tapauksessa (suhteellisen kosteuden tutkimuksesta) siten, että diffuusiotiiviin maalikalvon sijaan rakenteen rakennuspaperi korvattiin PE-muovikalvolla. Voitiin todeta, että yöaikainen hiilidioksidipitoisuuden nousu jäi läpäisevillä rakenteilla n. 70 % läpäisemättömällä rakenteella tapahtuneesta noususta. Läpäisevyyden takia enimmäisarvo putoaa arvosta 2 000 ppm tasolle 1 500 ppm. Hiilidioksidipitoisuuden kehittyminen ja poistuminen olivat muuten likimain samanvaiheiset oliko kyseessä höyrysulku tai ei höyrysulkurakenne (kuva 3). (Kokko, 2002)



Kuva 3. Hiilidioksidipitoisuuden kehittyminen  $12 \text{ m}^2$ :n makuuhuoneessa, kun ilmanvaihto on  $n=0,5 \text{ 1/h}$ . HS = höyrynsulullinen rakenne (polyeteenikalvo), Ei HS = rakenne, jossa höyrynsulku on korvattu rakennuspaperilla (Kokko, 2002).

### 3.3.3 Parantaa aistinvaraista sisäilman hyväksyvyyttä

Puupinnan hengittävyys vaikuttaa aistinvaraiseen sisäilman hyväksyttävyyteen. Huoneilman suhteellisen kosteuden pitäisi olla karkeasti välillä 35 - 60 % ja huoneilman lämpötilan n. 20 - 22 °C. Mikäli suhteellinen kosteus ja lämpötila menevät huomattavasti em. arvojen ulkopuolelle, ihminen aistii olosuhteet epämiellyttävänä ja voidaan puhua jopa termistä epätyytyttävä aika. Hengittävä (hygroσκοoppinen) materiaali pitää huoneilman suhteellisen kosteuden aisoissa ja pienet ali- tai yllämpötilat eivät tunnu pahalta. Vastaavasti hengittämätöntä seinämateriaalia sisältävässä huoneessa suhteellinen kosteus heittelee ja saa ääritilanteissa lämpötilankin tuntumaan epämiellyttävältä (kuva 4). Hengittämättömällä seinämateriaalilla on 7 - 11 viikkoa enemmän vuosittaista aikaa jolloin sisäilman tila on epätyytyttävä (RH =60 % tai yli). (Kokko, 2002)



Kuva 4. Makuuhuoneen ilman suhteellinen kosteus, höyrysisältö ja lämpötila tunneittain yhden vuoden ajalta Helsingin ilmastossa. Yöaikaisena miehityksenä on kaksi aikuista. Ilmanvaihto on jatkuvasti 0,5 1/h. Seinien ja yläpohjan sisäpinnat ovat diffuusiotiiviitä (punainen alue, rakenne 2) tai diffuusiolla vesihöyryä läpäiseviä (sininen alue, rakenne 1). (Kokko, 2002)

## 4 PUURAKENTAMISTA OHJAAVA LAINSÄÄDÄNTÖ JA STANDARDIT

### 4.1 E1 Rakennuspalomääräys

#### 4.1.1 Rakennusten paloluokat

Rakennukset jaetaan kolmeen palotekniseen luokkaan P1, P2 ja P3. P1-luokan rakennus on palonkestävä, eli kantavien rakenteiden oletetaan kestävän palossa pääsääntöisesti sortumatta. Tällainen rakennus on tehty pääosin palamattomista rakenneosista. P2-luokan rakennusten kantavien rakenteiden palonkesto-aika on vähintään 30 minuuttia. Rakenteissa voidaan käyttää palavia rakennustarvikkeita, mutta seinien ja kattojen sisäpinnat on suojaverhottava palavien materiaalien syttymisen estämiseksi palon alkuvaiheessa. Riittävä turvallisuustaso saavutetaan asettamalla vaatimuksia pintaosien ominaisuuksille ja paloturvallisuutta parantaville laitteille. P3-luokan rakennusosille ei ole asetettu palonkestävyys- eikä palamattomuusvaatimuksia osastoivia rakenteita ja niitä tukevia kantavia rakenteita lukuun ottamatta. P3-luokan rakennuksissa riittävä turvallisuustaso saavutetaan rakennusten kokoa ja henkilömäärää rajoittamalla. (Ympäristöministeriö, 2011)

#### 4.1.2 Rakennuksen kokoa ja henkilömäärää koskevat rajoitukset

Pientalot kuuluvat yleensä luokkaan P3. Tällainen P3-luokan asuinrakennus voi olla enintään 2-kerroksinen ja 9 m korkea. Yksikerroksisen P3-luokan rakennuksen kerrosala saa olla enintään 2 400 m<sup>2</sup> ja 2-kerroksisen enintään 1 600 m<sup>3</sup>. Poikkeuksena on yksikerroksinen P3-luokan tuotanto- tai varastorakennus joka voi olla jopa 14 m korkea. P1-luokan rakennuksen kerroslukua, korkeutta tai kerrosalaa ei rajoiteta. P2-luokan kerrosluku on yleensä enintään 2, asuinrakennus ja työpaikkarakennuksen kerrosluku voi olla enintään 8. Korkeuden suhteen P2-luokan enimmäiskorkeus on yleensä 9 m. Poikkeuksena 3 - 4 kerroksisen asuinrakennuksen, työpaikkarakennuksen maksimikorkeus voi olla 14 m, vastaavan 5 - 8 kerroksisen rakennuksen maksimikorkeus voi olla 26 m. P2-luokan kerrosalaa ei yleensä rajata, mutta yli kaksikerroksisen rakennuksen maksimi kerrosala on 12 000 m<sup>2</sup>. (Ympäristöministeriö, 2011)

Rakennuksen suurinta sallittua henkilömäärää ei rajoiteta P1-luokan rakennuksissa (taulukko 1). P2-luokan asuinrakennuksissa ei rajoiteta henkilömäärää, 1-kerroksisissa majoitustiloissa enimmäismäärä on 150 henkilöä ja 2-kerroksisissa 50 henkilöä. P2-luokan hoitolaitoksissa henkilöiden enimmäismäärä on 100 henkilöä (1-kerroksinen) ja 25 henkilöä 2-kerroksisissa rakennuksissa. 2-kerroksisen P2-luokan kokoontumis- ja liiketilän enimmäishenkilömäärä rajoitetaan 250 hlöön (1-kerroksinen, ei rajoitusta) ja 2-kerroksisen tuotanto- ja varastotilojen enimmäismäärä rajoitetaan 50 työntekijään (1-kerroksinen, ei rajoitusta). P3-luokan asunnoissa ei ole henkilömäärärajoitusta. 1-kerroksisessa P3-majoitustilassa paikkaluku saa olla 50 ja 2-kerroksisessa paikkaluku saa olla 10. Vain 1-kerroksiset P3-luokan hoitolaitokset on sallittu, paikkaluku on tällöin 10. P3-luokan 1-kerroksisessa kokoontumis- ja liiketilassa saa olla 500 henkilöä, 2-kerroksisessa vain 50 henkilöä. 2-kerroksisen P3-työpaikkatilän henkilömäärä on rajoitettu 150 työntekijään (1-kerroksinen, ei rajoitusta). P3-luokan tuotanto- ja varastointitiloissa on sallittu vain 1-kerrosratkaisu ilman henkilömäärärajoituksia. (Ympäristöministeriö, 2011)



Taulukko 1. E1 rakennuspalomääräyksen taulukko 3.2.2 Rakennusten suurin sallittu henkilömäärä (Ympäristöministeriö, 2011)

TAULUKKO 3.2.2		RAKENNUKSEN SUURIN SALLITTU HENKILÖMÄÄRÄ		
Käyttötapa	Kerroksia	Rakennuksen paloluokka		
		P1	P2	P3
Asunnot		ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
Majoitustilat	1	ei rajoitusta	paikkaluku 150	paikkaluku 50
	2	ei rajoitusta	paikkaluku 50	paikkaluku 10
Hoitolaitokset	1	ei rajoitusta	paikkaluku 100	paikkaluku 10
	2	ei rajoitusta	paikkaluku 25	ei sallittu
Kokoontumis- ja liiketilat	1	ei rajoitusta	ei rajoitusta	henkilöitä 500
	2	ei rajoitusta	henkilöitä 250	henkilöitä 50
Työpaikkatilat	1	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
	2	ei rajoitusta	ei rajoitusta	työntekijöitä 150
Tuotanto- ja varastotilat	1	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
	2	ei rajoitusta	työntekijöitä 50	ei sallittu

#### 4.1.3 Palo-osastointi

Rakennus tulee jakaa palo-osastoihin palon ja savun leviämisen rajoittamiseksi, poistumisen turvaamiseksi, pelastus- ja sammutustoimien helpottamiseksi sekä omaisuusvahinkojen minimoimiseksi. Palo-osaston koko tulee rajoittaa niin, että osastossa syttyvä palo ei aiheuta kohtuuttomia omaisuusvahinkoja (pinta-ala osastointi). Rakennusten eri kerrokset, kellarikerrokset ja ullakko muodostetaan yleensä eri palo-osastoiksi (ns. kerrososastointi). Lisäksi käyttötavan mukaan erotetaan omiksi palo-osastoikseen autosuojat, isot varastohuoneet (>10 m<sup>2</sup>), kattilahuoneet, polttoainevarastot ja useita huoneistoja palvelevat yhteiset ilmanvaihdonkoneet (käyttötapaosastointi).

(Ympäristöministeriö, 2011)

Luokkamerkinnässä palonkestävyysvaatimusten kuvaavat kirjaimet ja lukuarvo tarkoittavat: R = kantavuus, E = tiiveys, I = eristävyys ja numeroarvo ilmoittaa palonkestoajan minuutteina. Osastointien rakenteiden luokkavaatimuksena on yleensä EI 30 (taulukko 2). Suurempi luokkavaatimus on 1 - 2 kerroksisen rakennuksen kellarissa, EI 60, joka kuuluu rakennuspaloluokkaan P2. Luokkavaatimus riippuu palokuormasta rakennuspaloluokassa P1 ja 3 - 8 kerroksisessa P2 rakennuspaloluokan rakennuksessa seuraavasti: palokuorman ollessa pieni <600 MJ/m<sup>2</sup> on luokkavaatimus EI 60, palo-

kuorman ollessa keskiuuri  $600 - 1\,200 \text{ MJ/m}^2$  on luokkavaatimus EI 90 ja palokuorman ylittäessä edelliset luokkavaatimus on EI 120. (Ympäristöministeriö, 2011)

Taulukko 2. E1 rakennuspalomääräyksen taulukko 7.2.1 Osastoivien rakennusosien luokkavaatimukset

<b>TAULUKKO 7.2.1</b>		<b>OSASTOIVIEN RAKENNUSOSIEN LUOKKAVAATIMUKSET</b>				
		<b>Rakennuksen paloluokka ja kerrosluku</b>				
		<b>P1 ja P2 3–8 kerrosta</b>			<b>P2 1–2 kerrosta</b>	<b>P3</b>
		<b>Palokuorma <math>\text{MJ/m}^2</math></b>				
		<b>yli 1200</b>	<b>600–1200</b>	<b>alle 600</b>		
<b>Sarake</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Osastoivat rakennusosat kerroksissa		EI 120	EI 90	EI 60	EI 30	EI 30
Osastoivat rakennusosat kellareissa		EI 120	EI 90	EI 60	EI 60	EI 30
<b>Taulukon huomautus:</b>	Tuotanto- ja varastorakennuksen pinta-alaosastointia toteuttavien rakennusosien luokkavaatimukset Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeiden E2 mukaan, autosuojan ohjeiden E4 mukaan ja kattilahuoneen sekä polttoainevaraston osastoivien rakennusosien luokkavaatimukset ohjeiden E9 mukaan.					

#### 4.1.4 Palokuorma ja kantavien rakenteiden luokkavaatimukset

P3-luokan rakennusten kantaville rakenteille ei ole asetettu vaatimuksia lukuunottamatta kellarikerroksia. P2-luokan rakennusten kantavien rakenteiden yleinen vaatimus on R30. Poikkeuksena on P2-luokan 3 - 8 kerroksiset asuin- ja työpaikkarakennukset riippuen palokuorman mukaan. Pienellä ( $<600 \text{ MJ/m}^2$ ) palokuormalla luokkavaatimus on R60, keskiuurella ( $600 - 1\,200 \text{ MJ/m}^2$ ) R120 ja suurella palokuormalla ( $>1\,200 \text{ MJ/m}^2$ ) luokkavaatimus on R180. Rakennuspaloluokassa P1 luokkavaatimukset tiukkenevat edelleen. Yleinen vaatimus P1-luokan kantaville rakenteille on pienellä palokuormalla R60, keskiuurella R90, suurella palokuormalla rakennuksen ollessa vain 2-kerroksinen R120 ja 3 - 8 kerroksisilla R180. Yli 8-kerroksisella P1-luokan rakennuksella on vielä poikkeus palokuorman mukaan: pienellä palokuormalla R120, keskiuurella R180 ja suurella palokuormalla jopa R240. Lisävaatimuksena vaaditaan P1-luokan enintään 2-kerroksiselta ja P2-luokan 3 - 8 kerroksiselta asuin- ja työpaikkarakennukselta, että sen rakennuksen eristeiden ja muiden täytteiden tulee täyttää Euroluokan A2-s1, d0 vaatimukset. Lisäksi rakennusten kantavat rakenteet on tehtävä vähintään A2-s1, d0 tarvikkeista taulukon 3 mukaan. (Ympäristöministeriö, 2011)

Taulukko 3. E1 rakennuspalomääräyksen taulukko 6.2.1 kantavien rakenteiden luokkavaatimukset

TAULUKKO 6.2.1	KANTAVIEN RAKENTEIDEN LUOKKAVAATIMUKSET						
	Rakennuksen paloluokka						
	P1			P2			P3
	Palokuorma MJ/m <sup>2</sup>			Palokuorma MJ/m <sup>2</sup>			
	>1 200	600-1 200	<600	>1 200	600-1 200	<600	
Sarake	1	2	3	4	5	6	7
Enintään 2-kerroksinen rakennus yleensä	R 120 *	R 90 *	R 60 *	R 30	R 30	R 30	-
- jos rakennuksen eristeet eivät ole							
vähintään luokkaa A2-s1, d0	<u>R 120</u>	<u>R 90</u>	<u>R 60</u>	R 30	R 30	R 30	-
- hoitolaitokset, majoitustilat, kellarit	<u>R 120</u>	<u>R 90</u>	<u>R 60</u>	R 30	R 30	R 30	-
3–8-kerroksinen rakennus yleensä	<u>R 180</u>	<u>R 120</u>	<u>R 60</u>	ei mahd.	ei mahd.	ei mahd.	ei mahd.
3–8-kerroksinen asuin- tai työpaikka-rakennus							
- kerrokset	<u>R 180</u>	<u>R 120</u>	<u>R 60</u>	R 180 *	R 120 *	R 60 *	ei mahd.
- kellarikerrokset	<u>R 180</u>	<u>R 120</u>	<u>R 60</u>	<u>R 180</u>	<u>R 120</u>	<u>R 60</u>	ei mahd.
Yli 8-kerroksinen rakennus	<u>R 240</u>	<u>R 180</u>	<u>R 120</u>	ei mahd.	ei mahd.	ei mahd.	ei mahd.
Ylimmän maanalaisen kellarikerroksen							
alapuolella sijaitsevat kellarikerrokset	<u>R 240</u>	<u>R 180</u>	<u>R 120</u>	<u>R 240</u>	<u>R 180</u>	<u>R 120</u>	<u>R 60</u>

Taulukon merkinnät: \* = rakenteiden eristeiden ja muiden täytteiden tulee olla vähintään A2-s1, d0 luokan tarvikkeista.

Alleiviivattujen kohtien kantavat rakenteet on tehtävä vähintään luokan A2-s1, d0 tarvikkeista

## 4.2 Rakennustuotteen paloluokat ja vaatimukset

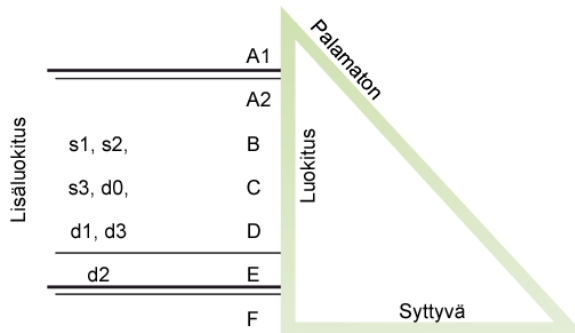
### 4.2.1 Paloluokat

Rakennusmateriaalien paloturvallisuus määritellään Euroluokan perusteella. Euroluokan tarkoituksena oli saada aikaan yhteinen järjestelmä, jonka avulla voidaan vertailla rakennusmateriaalien palokäyttäytymistä. Paloluokituksessa käytettävät testausmenetelmät ja luokitusperusteet on esitetty standardissa SFS-EN 13501-1 A1. Euroluokkia koskevat rakennustuotteiden palotestimenetelmät:

- Palamattomuusominaisuuksien määrittäminen, SFS- EN ISO 1182
- Lämpöarvon määrittäminen, SFS- EN ISO 1716
- Yksittäisen palavan esineen koe (SBI), SFS- EN 13823
- Syttyvyys pienestä liekistä, SFS- EN ISO 11925-2
- Lattiapäällysteiden palokäyttäytyminen, SFS- EN ISO 9239-1

Käytettävien koemenetelmien EN ISO 1182 (palamattomuus) ja EN ISO 1716 (lämpöarvo), tulokset ovat riippumattomia tuotteen asennus- ja kiinnitystavasta. Standardien EN 13823 (SBI) ja EN ISO 9239-1 (lattiapäällysteiden säteilypaneelikoe) mukaisissa kokeissa tuloksiin vaikuttavat koekappaleen asennus- ja kiinnitystapa. Kokeissa käytetty asennus- ja kiinnitystapa määräävät, missä loppukäytön olosuhteissa luokitus on voimassa. (Paroc; VTT Expert Services Oy)

Rakennustuotteen Euroluokka määräytyy pääosin seuraavien ominaisuuksien perusteella: palamattomuus, syttyvyys, liekin leviäminen, lämpöarvo, savuntuotto ja palavien pisaroiden muodostuminen. Tuotteen paloluokka määräytyy eri ominaisuuksia koskevien testien tulosten perusteella kuvan 5 mukaisesti. (Paroc)



Kuva 5. Paloluokan määräytyminen (Paroc)

- Luokka A1 on palamaton, eikä sitä voi yhdistää mihinkään lisäluokkaan.
- Luokka A2 on niin ikään luokiteltu palamattomaksi, koska näiden luokkien tuotteiden käytössä ei tapahdu lieskahdusta.
- Luokkiin A2-D liitetään lisämääreitä, jotka ilmaisevat savuntuottoa (s1, s2 tai s3) ja palavien pisaroiden esiintymistä (d0, d1 tai d2) (esim. A2-s1, d0).
- Luokkaan E liitetään ainoastaan lisämääre d2.
- Luokka F kertoo, ettei tuotetta ole dokumentoitu, se ei täytä yhdenkään paloluokan vaatimuksia tai valmistaja ei ole testannut tuotteen palokäyttäytymistä. Myöskään luokkaan F ei voida liittää mitään lisämääreitä. (Paroc)

Taulukossa 4 on kerrottu esimerkkejä euroluokista.

Taulukko 4. Euroluokkien esimerkit (Weckman; Paroc)

Euroluokka	Esimerkkejä rakennustuotteesta
A1	Luonnonkivistä valmistetut tuotteet, betoni ja betonituotteet, tiilet, keraamiset- ja lasituotteet, monet metallituotteet
A2	Kuten A1, mutta voivat sisältää pieniä määriä orgaanisia aineita, esim. kipsilevyjä ohuella kartonki-pinnoitteella, pinnoitetut mineraalivillat, kuitusementtilevyt
B	Eri tavoin pinnoitettuja kipsilevyjä, esim. maalattu kipsilevy. Esim. osa palosuojaustuotteista kuuluu B-luokan tuotteisiin
C	Fenolivaahdot ja B-luokan tuotteita paksummilla palavilla pinnoitteilla, mm. paperitapetoitu kipsilevy
D	Puutuotteet, joiden paksuus on vähintään n. 5 mm ja tiheys yli 400 kg/m <sup>3</sup> . Palosuojaamattomat lastulevyt ja vanerit, paksuudesta ja asennustavasta riippuen
E	Huokoinen puukuitulevy, palosuojaamattomat lastulevyt ja vanerit, muovipohjaisia eristeitä, mm. palamista hidastava EPS-eriste
F	Tuotteet jotka eivät täytä E-luokkaa tai joita ei ole testattu

#### 4.2.2 Lisäluokat

Paloluokkien lisäksi rakenteiden vaatimuksia tarkastellaan seuraavasti:

##### Savunmuodostuksen lisäluokat

- |    |  |
|----|--|
| s1 | rakenne voi tuottaa erittäin rajoitetun määrän savukaasuja |
| s2 | rakenne voi tuottaa rajoitetun määrän savukaasuja          |
| s3 | ei vaatimusta savukaasujen rajallisesta tuottamisesta      |

##### Palavien pisaroiden lisäluokat

- |    |   |
|----|---|
| d0 | rakenne ei saa tuottaa palavia pisaroita tai osia                       |
| d1 | palavia pisaroita tai osia voi muodostua rajallisesti                   |
| d2 | ei vaatimusta palavien pisaroiden ja osien rajallisesta muodostumisesta |

##### Luokittelemattomat seikat

- Hehkuen palamista ja kytemistä ei ole otettu huomioon eurooppalaisessa luokitusjärjestelmässä. Jotkin EU:n jäsenvaltiot ovat jo määritelleet niitä koskevat vaatimukset. EU:ssa kehitellään parhaillaan yhdenmukaistettua testimenetelmää kyteväille palamiselle.
- Myrkylliset kaasut aiheuttavat vaaraa jo palon alkuvaiheessa. Siksi niihin kannattaa kiinnittää huomiota. EU:ssa ei ole toistaiseksi yhdenmukaistettua testi- eikä arviointimenetelmiä, joilla voitaisiin tutkia rakennustuotteista palon aikana vapautuvia myrkyllisiä kaasuja. Menetelmiä kehitellään kuitenkin parhaillaan. (Paroc)

#### 4.2.3 Paloluokkien vaatimukset

Luokitusstandardin EN 13501-1 mukaan luokitusjärjestelmän lähtökohtana on huonepalo, josta palo sytyttyään leviää ja johtaa lopulta leiskahdukseen. Tätä palotilannetta kutsutaan standardissa viitepalotilanteeksi. Taulukossa 5 on kerrottu viitepalotilanteen ja euroluokkien välinen yhteys.

Taulukko 5. Euroluokkien kuvaukset (Ryynänen, 2014)

Luokka	Kuvaus
A1	Tuote ei osallistu palamiseen missään palon vaiheessa (palamaton)
A2	Ei olennaisesti lisää palokuormaa eikä palon leviämistä täyden huonepalon vaiheessa (osallistuminen paloon erittäin rajoitettu)
B	Lämpöä vapautuu hitaasti ja rajallinen määrä kun tuote altistetaan yksittäiselle palavalle esineelle (esim. palava huonekalu, verho, roskakori)
C	Niin kuin B-luokan tuote, mutta lämpöä saa vapautua nopeammin ja enemmän
D	Niin kuin C-luokan tuote, mutta lämpöä saa vapautua nopeammin ja enemmän
E	Kestää lyhyen aikaa pienen liekin vaikutusta ilman, että palo olennaisesti leviää
F	Tuotteet, joiden palotekninen käyttäytyminen ei ole määritelty tai, jotka eivät täytä minkään yllämainitun luokan vaatimuksia

Rakennusmateriaalit eivät saa myötävaikuttaa palon kehittymiseen vaaraa aiheuttavalla tavalla. Ne eivät saa tuottaa poikkeuksellisella tavalla myrkyllisiä kaasuja tai ympäristölle haitallisia jätteitä.

(Kallioniemi)

### 4.3 Rakenteiden paloluokat

Rakenteet tulee toteuttaa siten, että ne täyttävät paloturvallisuusmääräykset. Puumateriaalit paloeristetään puumateriaalin syttymisen estämiseksi tai hidastamiseksi. Teräsrakenteet paloeristetään kuumenemisen hidastamiseksi ja lämpötilan nousun rajoittamiseksi. Näin saadaan rajoitettua varsinkin kantavien rakenteiden lujuuden heikkenemistä palotilanteessa. Teräsrakenteet tulee mitoittaa sillä tavoin, että niiden kantavuus on riittävä vaadittavaa paloluokkaa varten. Tämä voidaan tehdä mm. ylimitoittamalla teräs siten, että se ei ehdi kuumenemaan liikaa tai käyttämällä palontorjunnassa esim. kipsilevyjä, jotka hidastavat puu- tai teräsrakenteiden kuumenemistä palotilanteissa.

(Knauf)

Rakenteelle asetettuja vaatimuksia kuvataan merkinnöillä R= kantavuus, E= tiiveys ja I= eristävyys. Merkinnät yhdistetään rakenteen vaatimuksen mukaan R, REI, RE, EI tai E. Merkintöjen jälkeisellä lukuarvolla ilmoitetaan rakenteen palonkesto aika minuutteina. Käytettävät palonkestävyysajat ovat joko 15, 30, 60, 90, 120, 180 tai 240. Nämä merkinnät yhdistettynä muodostavat rakennusosan paloluokan. Esimerkkejä osastoivien rakenneosien paloluokista ovat EI 30, EI 60, EI 90 ja EI 120. Kantavien rakenneosien paloluokkia ovat R 30, R60, R90 ja R120. Kantavien ja osastoivien rakenneosien vastaavat luokat ovat REI 30, REI 60, REI 90 ja REI 120. Rakenteelle voidaan lisäksi määrittää tunnus M, joka tarkoittaa rakenteen iskunkestävyyttä palotilanteessa. Rakenteen vaatimustenmukaisuus osoitetaan joko kokeellisin tai laskennallisoin menetelmin. (Riikonen, 2011)

## 5 PUURAKENTEIDEN PALOSUOJAUKSEN KÄYTÄNTEET SISÄTILOISSA

### 5.1 Kipsilevy palonsuojana

#### 5.1.1 Kipsilevy rakenteiden suojana

Paloluokituksessa käytettävät testausmenetelmät ja luokitusperusteet on esitetty standardissa SFS-EN 13501-1 A1. Tavallinen kipsilevy kuuluu EN 13501-1 mukaan paloluokkaan A2-s1, d0. Tämä tarkoittaa, että kipsilevyn osallistuminen paloon on erittäin rajoitettu (A2), savuntuotto on erittäin vähäistä (s1) ja palavia pisaroita tai sen osia ei esiinny (d0). Se täyttää siis rakentamismääräyskokoelmassa asetetut määräykset osastoivassa rakenteessa käytettävälle materiaalille. Kipsilevy on valettu yleensä kahden kartonkikerroksen väliin, jotka antavat lujuutta ja jäykkyyttä muuten heikohkolle levyille. Kipsiydin estää kartonkia myötävaikuttamasta tulen leviämisen palossa. Kartonki ei siis levitä paloa katto- tai seinäpintoja pitkin. Kipsikartonkilevy pystyy estämään paloa tunkeutumasta rakenteen läpi ja estämään levyn takana olevien aineiden voimakkaan kuumenemisen. Palonkestävyyteen vaikuttaa se, kuinka monta levykerrosta rakenteeseen on käytetty ja kummalle puolelle seinää levyt on asennettu. Käytettäessä tavallista kipsilevyä ja palonsuojalevyä päällekkäin palonsuojalevy on asennettava ulommaiseksi. Useampaa kipsilevykerrosta käytettäessä on eri kerrosten levysaumat sijoitettava limittäin eri kohtaan. Rakenteen on oltava sellainen, ettei palo pääse leviämään rakenteen yli, ali tai sivulta. Tätä tarvitaan varsinkin osastoivien ja kantavien rakenteiden suojauksessa. (Riikonen, 2011; Gyproc; Knauf)

Osastoiva seinärakenne on helppo ja nopea rakentaa joko puisella tai metallisella tukirangalla joka päällystetään kipsilevyllä. Kantavissa seinissä on jokaisen tukirangan ominainen palonkestävyys riippuvainen tukiriman koosta, puutavaran laadusta sekä seinän korkeudesta. Käyttämällä tukirankajakoa 450 mm tai 600 mm voidaan eri levykerrosten levysaumat sijoittaa helposti eri kohtaan. Jokainen levykerros on helppo kiinnittää kipsilevyruuvilla riittävällä määrällä tukirankaan. Näin seinästä saadaan suora ja aaltoilematon. Paras paloluokka tulos saadaan käyttämällä paksuja palonsuojalevyjä molemmin puolin teräsrunkoa ja kivivillaeristystä teräsrunkojen välissä. Pelkän puuseinän suojaaminen onnistuu myös vastaavalla tavalla. Kipsilevyt ruuvataan riittävän tiheästi suoraan puuseinään. Tarvittaessa lisäkerrokset ruuvataan riittävän tiheästi levysaumojen ollessa eri kohdassa edellisiin kerrokseen nähden. Läpiviennit ja seinän rajapinnat tiivistetään tarvittaessa käyttäen palonkestävää tiivistysmassaa. (Knauf; Gyproc; Carlson Oy, 2018)

Kantavien puupilarien kotelointi onnistuu suhteellisen helposti ym. tavalla. Vastaavasti kantavien metallisten I- tai putkipilarien kotelointi kipsilevyllä on haastavampaa. Kipsilevyyn on vaikea ruuvata kestävästi koska se jauhoutuu helposti. Siksi koteloinnissa on käytettävä apuna puurankaa tai metallista kulmalistaa. Kantavan putkirakenteen ympärille voi laittaa 4 kpl 45x45mm puurankaa, joihin ruuvataan kipsilevy halkaisijaltaan neliön muotoon. Toisen kipsilevykerroksen saumat sijoitetaan eri puolille neliötä. Puurangan tilalla voidaan käyttää metallisia sisäkulmalistoja tai ulkokulmalistoja. Näihin kiinnitys tapahtuu ruuvein tai liimoin kipsilevyn kartonkipintaan. Mikäli pintaa halutaan siistiä,

ulkokulmat on hyvä suojata kulmasuojalla, koska levyn reuna murtuu helposti kolhaisusta. Eri valmistajilla on järjestelmiä helpon ja siistin ulkopinnan saamiseksi. Joillakin valmistajilla on jopa myytävänä valmiita L- tai U-muotoisia palokoteloja. Monimutkaisia ulokkeita ja kulmia on vaikea ja hidas suojata yksittäin kipsilevyllä. (Carlson Oy, 2018); (Gyproc)

### 5.1.2 Kipsilevyn toiminta palosuojauksessa

Kipsilevy pystyy estämään paloa tunkeutumasta rakenteen läpi ja estämään levyn takana olevien aineiden voimakkaan kuumenemisen. Erinomaiset palonsuojaominaisuudet perustuvat siihen sitoutuneen veden ansiosta. Rakenteessa oleva vesi ilmenee sitoutumattomana eli vapaana, sekä kemiallisena vetenä. Vapaan veden määrä vaihtelee kuitenkin ympäröivän kosteuden mukaan. Kemiallisesti sitoutuneen veden määrä on noin 21 % painosta. Kipsilevyn hyvät ominaisuudet palossa johtuvat kemiallisesti sitoutuneesta vedestä. Korkeassa lämpötilassa vesi alkaa höyrystyä kipsistä. Veden olomuodon muutos sitoo lämpöenergiaa, mikä taas hidastaa lämmön siirtymistä rakenteen toiselle puolelle. Useiden tutkimusten perusteella on huomattu, että kipsin altistuessa palolle, vesi haihtuu kahdessa eri vaiheessa. (Gyproc; Riikonen, 2011)

Ensimmäisessä vaiheessa n. 100 °C lämpötilassa kuivumisreaktio muuttaa levyn kipsikiteiden kalsiumsulfaatin ( $\text{CaSO}_4 \times 2 \text{H}_2\text{O}$ ) kalsiumsulfaattipuolihydraatiksi ( $\text{CaSO}_4 \times \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ ). Kipsiä kuumennettaessa kiteisiin sitoutunut vesi vapautuu ja poistuu vesihöyryinä. Prosessia kutsutaan kalsinoinniksi, joka vaatii ja sitoo suuria määriä energiaa. Toisessa vaiheessa dehydrataatioreaktiossa kalsiumsulfatisemihydraatti muuttuu vedettömäksi kalsiumsulfaatiksi,  $\text{CaSO}_4$ . Tästä kipsin kuivumisesta seuraa levyn kutistuminen, keveneminen ja kipsin lujuuden aleneminen. Ensimmäinen kuivumisen vaihe alkaa noin 100 °C ja se päättyy rakenteen lämpötilan noustua noin 120 °C. Toisen vaiheen alkamislämpötilasta ei ole varmaa tutkimustietoa. Eräissä tutkimuksissa lämpötilaksi kerrotaan noin 210 °C, toisissa tutkimuksissa n.650 °C. Kemiallisesti sitoutuneesta vedestä ensimmäisessä vaiheessa haihtuu n.75 %, loput 25 % haihtuu toisessa vaiheessa. Normaalisissa huonetulipalossa, jossa huoneen lämpötila on 12 minuutin palon aikana noussut yli 650 °C:een, on 13mm:n normaalikipsilevyn takana lämpötila noin 100 °C. Kipsilevyn palonkestävyyttä voidaan kasvattaa lisäämällä kipsin määrää, vahvistamalla sitä esim lasikuidulla tai rajoittamalla kutistumista lisäämällä levyyn kutistumista ehkäiseviä aineita. Kideveden höyrystyessä levy kutistuu. Kutistumisesta seuraa kipsin lohkeileminen jolloin palo pääsee leviämään levyn taakse. Siksi levyn kutistumista on ehkäistävä paremmin palonkestävyyden saavuttamiseksi. Kipsilevyjen valmistajilla on erikoislevyjä jotka ovat normaalia paksumpia ja joissa voi olla vahvistuksena lasikuitu sekä erikoissaviseos. (Gyproc; Riikonen, 2011)

### 5.1.3 Esimerkkejä kipsilevyn käytöstä

Rakentamisessa pyritään jatkuvasti korkeampaan paloturvallisuuteen. Rakentamisessa on hyvä esimerkki siirtyminen 70-luvulla sisäverhouksessa suositusta palavasta lastulevyseinästä nykyisin käytettävään kipsilevyseinään. Kipsilevyä käytetäänkin uudisrakentamisessa runsaasti sisäverhoukslevynä. Kipsilevyä on helppo työstää. Sillä saadaan nopeasti sileätä ja riittävän tiheällä koolauksella siistiä suoraa seinää. Normaali huoneilman kosteus ei aiheuta kupruilua levyille kuten lastulevyssä saat-



toi olla. Eräs hyvä esimerkki kipsilevyn monikäyttöisyydestä on vanhan rakennuksen jonkun tilan käyttötarkoituksen muutos. Tämä onnistuu kipsilevyllä edullisimmin, yksinkertaisimmin ja se vie vähiten huonetilaa. Tällaisia käyttötarkoituksen muutoksia on esimerkiksi öljysäiliön siirto maan alta rakennuksen sisälle muovisäiliöksi. Öljysäiliön sijoitushuone täytyy olla osastoitu EI 30 luokalle. Päälystämällä puuttuvat seinän ja katon osat kaksinkertaisella kipsilevyllä tämä onnistuu. Toinen esimerkki käyttötarkoituksen muutoksesta on vanhan rakennuksen päässä olevan puisen autokatoksen muuttaminen autotalliksi. Päälystämällä autotallin seinät ja katto sisäpuolelta kipsilevyllä saadaan riittävä osastointi rakennuksen ja autotallin välille. (Carlson Oy, 2018)

## 5.2 Palosuojauskemikaalien käyttö

### 5.2.1 Palosuojamaalaus

Paloluokiteltuja puurakennuksen osia pystyvät valmistamaan vain siihen sertifioidut firmat (tuottajat). Tämä tarkoittaa että ulkopuolinen sertifiointiyritys on auditoinut ko. yrityksen sisäisen laatu järjestelmän, joka perustuu harmonisoituun tuotestandardiin. Laatu järjestelmää noudattamalla saavutetaan tuotteiden vaatimustenmukaisuus. Kun puun luontaisia ominaisuuksia muutetaan palokäyt täytymistä parantamalla, vaatimuksena on ulkopuolinen laadunvarmennus ja selkeät merkinnät. Palosuojattuja tuotteita koskee harmonisoitu tuotestandardi SFS-EN 14915 + A1:2017:en. Sen perusteella yritykselle luodaan FPC-manuaali (Factory product control) joka määrittelee mm. palosuoja maalin levitysmäärät ja maalaamon olosuhteet. Laatu järjestelmän noudattamista valvoo ulkopuolinen laadunvarmentaja. Lisäksi palosuojamaalattuun materiaaliin on merkittävä pakollinen rakennus tarvikeluokka esim B-s1, d0 ja CE-merkintä. Palosuojakäsiteltyä puutavaraa koskeva CE-merkintä on pakollinen ja se määritellään tarkemmin standardissa SFS-EN 14915 + A1:2017:en (Massiivipuupanelit ja verhoukset. Ominaisuudet, vaatimustenmukaisuudenarviointi ja merkintä). Palosuojamaalaus tehdään tällöin hallituissa ympäristöolosuhteissa yleensä teollisuushallin sisällä. Tällöin lämpötila, ilman kosteus, pölyisyys ja muut työskentelyolosuhteet kuten kohteen siirtely ovat suotuisia ja tuotteelle voidaan taata palosuojaluokituksen mukainen aika sekä laatu. Palosuojamaalauksella on helppo ja nopea maalata suoraa ja suht tasaista pintaa. Koloiset, ulokkeelliset, särmikkäät ja epätasaiset ns. monimutkaiset pinnat onnistuvat myös mutta työhön menee enemmän aikaa. Estetiikaltaan palosuojamaali jättää kohteeseen alkuperäisen muodon. Esimerkiksi esiinjäätetyt näkyvät katto tuoliristikot jättävät tilan ilmavaksi ja avaraksi. (Paavilainen, 2018)

Palosuojamaalaus on monivaiheinen. Maalattava puuelementti täytyy kuljettaa tehtaalta maalamaan ja maalaamosta edelleen rakennustyömaalle. Kuivalle maalattavalle höylätylle tai hienosahattulle pinnalle ruiskutetaan suoraan palosuojamaalin ensimmäinen kerros ja annetaan kuivua seuraavaan päivään ( $\geq 20$  h). Kuivumista voidaan nopeuttaa siirtämällä kohde uuniin tai käyttämällä kuivuripuhallinta. Ruiskutetaan palosuojamaalin toinen kerros ja annetaan kuivua seuraavaan päivään tai kuivatetaan kohde. Pienemmillä paloluokilla (EI 30) tehdään vähintään kaksi ruiskutuskertaa jotta varmistuttaisiin koko kohteen homogeeninen palosuojaus. Puupinnan päällä olevasta palosuojamaalauksesta ei leikata koepaloja kalvopakisuuden mittausta varten vaan vaaditun paloluokan saavutettavuus varmistetaan pinnalle levitetyn maalimenekin mukaan. Vaadittu paloluokka saavutetaan käyt-

tämällä maalia tuoteselosteen mukainen määrä  $\text{g/m}^2$ . Haluttaessa suurempia paloluokkia lisätään palosuojamaalin ruiskumaalaus kerroksia em. tavalla. Ruiskun suutinkokoa suurentamalla saadaan aikaan paksumpi kalvo. Homogeenisen maalipinnan saavuttamiseksi suositellaan kuitenkin mieluummin maalikerrosten lisäämistä halutun kalvopaksuuden saamiseksi. Useimmiten palosuojamaali saa luokituksen B-s1, d0. Metallipinnoilla maalausjärjestelmään kuuluu teräksen esikäsitteily hiekkapuhaltamalla sekä pohjamaalaus ruosteenestomaalilla. Puumateriaalilla maalausjärjestelmään kuuluu vain palosuojamaalaus ja pintamaalaus. Palosuojamaaleja käytetään yhtenäisenä maalausjärjestelmänä; palosuojamaalausta ei saa tasoittaa maalausjärjestelmään kuulumattomilla tuotteilla. Tuotteet on tarkoitettu ainoastaan ammattimaiseen käyttöön, ja sen käyttäjältä edellytetään riittäviä tietoja ja taitoja tuotteen oikeanlaisesta käytöstä. (Paavilainen, 2018; Repo, 2018; Tuomela, 2018)

### 5.2.2 Palosuojamaalin toiminta

Palosuojamaaleja on kahdenlaisia. Palosuojamaali, joka paisuu lämpötilan kohotessa sekä paloa hidastava maali, joka suojaa pintoja vapauttamalla kaasua pitäen liekit loitolla. Paisuva palomaali on selkeästi yleisempää sillä se soveltuu useammalle pinnalle ja estää tulen ja kuumuuden vaikutukset tehokkaammin (coatings.fi). Palosuojamaalauksessa käytetään sekä vesi- että liuoteohenteisia maaleja, joiden toiminta perustuu voimakkaaseen lämpöä sitovaan paisumisreaktioon. Palosuojamaalin paisuminen alkaa n. 200 °C lämpötilassa ja maali voi paisua jopa 50-kertaisesti, jolloin eristävä vaahdotkerros sitoo lämpöä estäen sen vaikutusta rakenteeseen. Saavutettu palonkesto-aika on tavallisesti puolesta tunnista tuntiin. Palosuojamaaleilla on yleensä heikko kulutuksen- ja kosteudenkesto. (Haapanen Oy)

### 5.2.3 Esimerkkejä käytöstä

CLT elementin käyttö pientaloissa on tähän saakka ollut vähäistä ja niiden palosuojamaalaus on vieläkin harvinaisempaa niissä. Pientalot kuuluvat paloluokkaan P3 eikä niille ole asetettu palokestävyyksivaatimuksia kantaville rakenteille. Todennäköisesti pientalorakentajat kokevat sen turhana kustannuseränä. Palosuojakemikaalien käyttö keskittyy siis paloluokka P1 ja P2 rakennuksiin. Sellaisia ovat mm. yli 2 kerroksiset kerrosaltaan yli 2 400  $\text{m}^2$  asuin-, tuotanto- ja työpaikkarakennukset sekä majoitus ja hoitolaitokset (Ympäristöministeriö, 2011). Puusta tehdään mm. asuinkerrostaloja, työpaikkarakennuksia, teollisuushalleja, julkisia rakennuksia ja kauppoja, jotka täytyy palosuojamaalata. Palosuojamaalauksen estettävyys on kiistanalainen. Niinpä kaunis puupinta rauhoittaa ja sitä halutaan ihaila asuinkerrostaloissa, kirjastoissa, virastojen auloissa tai vastaanottojen odotustiloissa. Palosuojattu CLT elementti soveltuu erinomaisesti paikkoihin, joissa itse rakennuksella, seinä- tai katto-rakenteella on tilaa olla. Esimerkkejä tällaisesta ovat urheilustadionin katsomo tai vaikkapa silta, jonka alitse kulkee kevyen liikenteen väylä. Kolkkoja, kylmiä betonirakenteita parempi vaihtoehto on kaunis, lämmin ja silmään elävä puupinta, joita voi ihaila urheilustadionin katsomossa tai kulkiesseen CLT elementti rakennuksisen sillan alitse. Palosuojakemikaalien käyttö perustuu pääasiassa uudisrakentamiseen sillä vanha jo muulla tavoin käsitelty pinta on vaikea saada sertifioinnin vaatimusten mukaiseksi.

## 6 PALONSUOJAUSKEMIKAALIT

### 6.1 Kemikaalilainsäädäntö Suomenna ja muualla

#### 6.1.1 Euroopan yhteisön kemikaalilainsäädäntö

Palonsuojuskemikaaleista ei ole varsinaista omaa lainsäädäntöä Suomessa eikä Euroopan yhteisössä, kuten esimerkiksi pesuaineista on. Palonsuojakemikaalituotteisiin sovelletaan yleisiä kemikaalisääntöksiä niihin soveltuvien osien. Euroopan yhteisön jäsenmaissa on kemikaalilainsäädäntö melko yhteneväinen, vain joitain kansallisia eroja saattaa olla. Muualla lainsäädäntöerot voivat olla huomattavia Euroopan yhteisöön verrattuna. Kemikaalilainsäädännön eräänä päätavoitteena on ehkäistä kemikaalien ympäristöhaittoja jo ennen kuin ne ehtivät aiheuttaa ongelmia. Asetusten ja lakien jälkeinen vuosiluku kertoo milloin niiden viimeisin versio on annettu. (Ympäristöministeriö)

Euroopan yhteisön kemikaalilainsäädäntö on uusiutunut huomattavasti viime vuosina. REACH-asetuksen lisäksi voimassa on useita kemikaaleja koskevia yhteisötason asetuksia, jotka ovat suoraan sovellettavaa lainsäädäntöä jäsenmaissa. Seuraavana on lueteltu oleellisimpia asetuksia.

- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1907/2006 kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelystä ja rajoituksista (REACH) (EUR-Lex). Asetuksen tarkoituksena on varmistaa korkeatasoinen ihmisten terveyden ja ympäristön suojeleminen, mukaan lukien vaihtoehtoisten keinojen edistäminen aineiden vaaran arvioimiseksi. Asetuksessa kerrotaan mm:
  - aineiden rekisteröintivelvollisuudesta ja rekisteröidyiksi katsotuista aineista
  - tiedottamisesta toimitusketjussa kuten käyttöturvallisuustiedotteita (KTT) koskevista vaatimuksista
  - asiakirja-aineiston, aineen ja välituotteen arvioinnista
  - lupavaatimuksista ja lupien myöntämisestä
  - tiettyjen vaarallisten aineiden ja valmisteiden valmistamista, markkinoille saattamista ja käyttöä koskevista rajoituksista.
 (Ympäristöministeriö)
  
- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1272/2008 aineiden ja seosten luokituksista, merkinnöistä ja pakkaamisesta (CLP) (EUR-Lex). Asetuksessa kerrotaan mm:
  - vaaraluokituksista
  - vaaraviestimerkinnöistä kuten varoitusetiketin sisällöstä
  - pakkauksista
  - aineiden luokituksen ja merkintöjen yhdenmukaistamisesta sekä luokitusten ja merkintöjen luettelosta
  - toimivaltaisista viranomaisista ja täytäntöönpanon valvonnasta.
 (Ympäristöministeriö)

- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus pysyvistä orgaanisista yhdisteistä (EY) N:o 850/2004 (EUR-Lex) koskien pääasiassa ympäristön suojelua ja kansalaisen terveyden suojelua. Asetuksessa kerrotaan mm:
  - tuotannon, markkinoille saattamisen ja käytön valvonnasta
  - päästöjen vähentämisestä, minimoinnista ja poistamisesta
  - jätehuollosta
  - täytäntöönpanosuunnitelmista
  - seurannasta ja tietojen vaihdosta.
 (Ympäristöministeriö)
  
- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 689/2008 (EUR-Lex) vaarallisten kemikaalien viennistä ja tuonnista. Asetuksen tavoitteena panna täytäntöön tiettyjä kansainvälisen kaupan kohteena olevia vaarallisia kemikaaleja koskeva ilmoitetun ennakkosuostumuksen menettelyä, edistää yhteisvastuuta ja yhteistyötä vaarallisten kemikaalien kansainvälisissä siirroissa sekä myötävaikuttaa ympäristön kannalta järkevään kemikaalien käyttöön. Lisäksi asetuksessa kerrotaan mm:
  - kemikaaleista, joihin sovelletaan vienti-ilmoitusmenettelyä
  - sopimuspuolille ja muille maille toimitettavista vienti-ilmoituksista sekä muilta mailta vastaanotetuista vienti-ilmoituksista
  - kemikaalien tuontiin ja vientiin liittyvistä velvollisuuksista
  - kemikaalien vientiasiakirjoissa ilmoitettavista tiedoista
  - jäsenvaltioiden tuontia ja vientiä valvovien viranomaisten ja viejien velvollisuuksista.
 (Ympäristöministeriö)

### 6.1.2 Suomen kansallisen lainsäädännön lait ja asetukset

Suomen kansallinen lainsäädäntö on myös ollut jatkuvien muutosten kohteena. Huomattava osa tehdyistä muutoksista on liittynyt pyrkimykseen hallita ympäristöriskejä aiempaa paremmin. Seuraavana on lueteltu oleellisimpia lakia ja niiden asetuksia.

- Kemikaalilaki 599/2013 (Finlex) jonka tarkoituksena on terveyden ja ympäristön suojelu kemikaalien aiheuttamilta vaaroilta ja haitoilta. Tässä laissa säädetään Euroopan unionin kemikaalilainsäädännön täytäntöönpanosta sekä eräistä kemikaaleja koskevista kansallisista velvoitteista. Lailla pannaan osaltaan täytäntöön myös tuotteiden kaupan pitämiseen liittyvää akkreditointia ja markkinavalvontaa. Laissa kerrotaan mm:
  - valvontaviranomaisista ja niiden tehtävistä
  - toimintaa ohjaavista yleisistä periaatteista ja toiminnanharjoittajan velvollisuuksista
  - valvonnasta
  - rangaistussäännöksistä.
 (Ympäristöministeriö)

- Asetus kemikaalien vähittäismyynnistä 573/2011 (Finlex) joka on säädetty aikaisemman kemikaalilain (774/1989) 41§:n (asetuksenantovaltuus) nojalla ja on edelleen voimassa. Asetuksessa kerrotaan mm:
  - kemikaalien luovuttamisesta
  - kemikaalien säilyttämisestä
  - kemikaalien luovuttamisen kieltäytymisestä
  - vaarallisten kemikaalien luovuttamisesta pakkaamattomana vähittäismyymälästä.  
(Ympäristöministeriö)
  
- Ympäristönsuojelulaki 527/2014 (Finlex) jonka tarkoituksena on:
  - ehkäistä ympäristön pilaantumista ja sen vaaraa, ehkäistä ja vähentää päästöjä sekä poistaa pilaantumisesta aiheutuvia haittoja ja torjua ympäristövahinkoja;
  - turvata terveellinen ja viihtyisä sekä luonnontaloudellisesti kestävä ja monipuolinen ympäristö, tukea kestävää kehitystä sekä torjua ilmastonmuutosta;
  - edistää luonnonvarojen kestävää käyttöä sekä vähentää jätteiden määrää ja haitallisuutta ja ehkäistä jätteistä aiheutuvia haitallisia vaikutuksia;
  - tehostaa ympäristöä pilaavan toiminnan vaikutusten arviointia ja huomioon ottamista kokonaisuutena;
  - parantaa kansalaisten mahdollisuuksia vaikuttaa ympäristöä koskevaan päätöksentekoon.  
(Ympäristöministeriö)

Laissa kerrotaan mm:

- viranomaisista ja niiden tehtävistä
  - ympäristöluvan tarpeesta ja lupaviranomaisen toimivallasta
  - lupamenettelystä, hakemuksesta ja lausunnoista sekä lupaharkinnasta ja lupamääräyksistä
  - toiminnan rekisteröinnistä
  - korvauksista.  
(Ympäristöministeriö)
- 
- Ympäristönsuojeluasetus 713/2014 (Finlex) joka on säädetty ympäristönsuojelulain (527/2014) nojalla. Asetuksessa kerrotaan mm:
    - lupaviranomaisten toimivallasta kuten valtion ympäristölupaviranomaisessa käsiteltävät lupa-asiat ja kunnan ympäristölupaviranomaisessa käsiteltävät lupa-asiat
    - lupahakemuksesta, sen sisällöstä ja liitteistä
    - lupahakemuksen käsittelystä ja lupapäätöksestä
    - ilmoitusmenettelystä, sen valvonnasta ja seurannasta.  
(Ympäristöministeriö)

- Jätelaki 646/2011 (Finlex) jonka tarkoituksena on ehkäistä jätteistä ja jätehuollosta aiheutuvaa vaaraa ja haittaa terveydelle ja ympäristölle sekä vähentää jätteen määrää ja haitallisuutta, edistää luonnonvarojen kestäväää käyttöä, varmistaa toimiva jätehuolto ja ehkäistä roskaantumista. Tätä lakia sovelletaan jätteeseen, jätehuoltoon ja roskaantumiseen sekä tuotteisiin ja toimintaa, joista syntyy jätettä. Laissa kerrotaan mm:
  - yleisistä velvollisuuksista ja periaatteista
  - viranomaisista ja niiden tehtävistä
  - vastuusta jätehuollon järjestämisestä
  - kunnan järjestämästä jätehuollosta
  - jätehuollon maksuista.
 (Ympäristöministeriö)
  
- Jäteasetus 179/2012 joka on säädetty jätelain (646/2011) (Finlex) nojalla. Asetuksessa kerrotaan mm:
  - jätehuollon järjestämistä koskevista yleisistä vaatimuksista
  - eräitä jätteitä koskevat erityisistä vaatimuksista
  - kirjanpito jätteistä, siirtoasiakirjasta ja viranomaisille toimitettavista tiedoista.
 (Ympäristöministeriö)
  
- Terveydensuojelulaki 763/1994 (Finlex) jonka tarkoituksena on väestön ja yksilön terveyden ylläpitäminen ja edistäminen sekä ennalta ehkäistä, vähentää ja poistaa sellaisia elinympäristössä esiintyviä tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa terveyshaittaa. Elinympäristöön vaikuttava toiminta on suunniteltava ja järjestettävä siten, että väestön ja yksilön terveyttä ylläpidetään ja edistetään. Laissa kerrotaan mm:
  - viranomaisista ja niiden tehtävistä
  - ilmoituksenvarainen toiminnasta
  - talousvedestä
  - jätteistä ja jätevesistä.
 (Ympäristöministeriö)

### 6.1.3 Valtioneuvoston asetukset ja päätökset

- Valtioneuvoston asetus eräiden orgaanisia liuottimia käyttämien toimintojen ja laitosten ilman johdettavien päästöjen rajoittamisesta 64/2015 (Finlex). Asetus on säädetty ympäristösuojelulain (527/2014) nojalla. Asetuksessa kerrotaan mm:
  - päästöjen raja-arvoista
  - päästöjen vähentämishjelmasta
  - päästöraja-arvojen noudattamisesta.
 (Ympäristöministeriö)

- Valtioneuvoston asetus orgaanisten liuottimien käytöstä eräissä maaleissa ja lakoissa sekä ajoneuvojen korjausmaalityönteissä aiheutuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen rajoittamisesta 837/2005 (Finlex). Asetus on säädetty ympäristönsuojelulain (86/2000) nojalla. Asetuksessa kerrotaan mm:
  - Asetuksen tavoitteesta ehkäistä ympäristön ja erityisesti ilman pilaantumista, joka aiheutuu siitä, että haihtuvat orgaaniset yhdisteet osallistuvat alailmakehän otsonin muodostumiseen. Tavoitteen saavuttamiseksi näiden yhdisteiden enimmäispitoisuutta eräissä maaleissa ja lakoissa rajoitetaan. Asetusta sovelletaan tämän asetuksen liitteessä mainittuihin maaleihin ja lakkoihin, joita käytetään rakennuksiin, niiden koristeisiin ja kiinteisiin kalusteisiin sekä rakennuksiin liittyviin rakenteisiin toiminnallisessa, somistamis- tai suojaamistarkoituksessa.
  - raja-arvoista tuotteiden VOC-pitoisuudelle (volatile organic compound) (haihtuva orgaaninen yhdiste)
  - VOC-pitoisuuden määrittämisestä.  
(Ympäristöministeriö)

#### 6.1.4 Ministeriöitten asetukset ja päätökset

- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus kemikaaleja koskevien tietojen toimittamisesta 553/2008 (Finlex) joka on säädetty kemikaalilain (744/1989) nojalla. Asetuksessa kerrotaan mm:
  - kemikaali-ilmoituksesta ja tiedoista
  - poikkeamat ilmoitusvelvollisuudesta
  - muutostietojen ilmoittamisesta.  
(Ympäristöministeriö)
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus kemikaalien määrätietojen toimittamisesta 1155/2011 (Finlex) joka on säädetty (744/1989) nojalla. Siinä kerrotaan mm:
  - sovelletuksesta niihin kemikaaleihin, joista toiminnanharjoittajan on tehtävä ilmoitus kemikaaleja koskevien tietojen toimittamisesta annetun sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen (553/2008) mukaisesti
  - tietojen toimittamisesta ja sisällöstä
  - tietojen ilmoittamisen ajankohdasta.  
(Ympäristöministeriö)

On todettava etteivät kaikki edellä mainitut pykälät välttämättä koske kaikkia palosuojakemikaaleja ja niiden välittäjiä sekä käsittelijöitä riippuen palosuojakemikaalien eri koostumuksista ja eri maalaustavoista. Toiminnanharjoittajan pitää kuitenkin tietää lupa- ja ilmoitusmenettelyt sekä huomioitava seikat kemiallisen tuotteen vaihtuessa tai toiminnan laajentuessa.

## 6.2 Kaupallisesti saatavat kemikaalit Suomessa ja Euroopassa

Taulukossa 6 on listattu esimerkkejä kaupallisesti saatavista palonestoaineista. Taulukossa on kerrottu kullekin tuotteelle työtapaa, ohenne, käyttötarkoitus ja lyhyt kuvaus palonestoaineesta.

Taulukko 6. Kaupallisesti saatavia palonestoaineita puulle

Tuotenimi	Valmistaja/ jälleenmyyjä	Työtapaa	Ohenne	Sisämaali	Ulkomaali	Kuvaus
FONTEFIRE WF	Tikkurila Oyj	ruiskutus	vesi	kyllä	kyllä	Paisuva palosuojamaali, vesiohenteinen
TEKNOSAFE 2407-00	Teknos Oy	ruiskutus	vesi	kyllä	kyllä	Paisuva pohjamaali, vesiohenteinen
TEKNOSAFE2467-00	Teknos Oy	ruiskutus	vesi	kyllä	ei	vesiohenteinen lakka
Multiprotect Neutra	NordTreat AS	ruiskutus,sively, paine käsittely	vesi	kyllä	kyllä	Tarkoitettu teolliseen ja työmaalevitykseen, vesiohenteinen palonestoaine
Texterior MP FR	NordTreat AS	ruiskutus, sively, upotus	vesi	ei	kyllä	Parantaa palonsuojauksen lisäksi puun UV-suojaa, kuultava
Ultra MP FR	Nordtreat AS	ruiskutus,sively, paine käsittely	vesi	kyllä	kyllä	Kirkas kyllästysaine
Firewall Biopaint 1	Firewall Biopaint Oy	telaus, sively, ruiskutus	vesi	kyllä	ei	Täysin ekologinen, myrkytön ja hajuton vesiohenteinen pintamaali
Firewall Biopaint 2	Firewall Biopaint OY	telaus, sively, ruiskutus	vesi	kyllä	ei	Täysin ekologinen, myrkytön ja hajuton vesiohenteinen pohjamaali
Hensotherm 1 KS INNEN	Rudolf Hensel GmbH	telaus, sively, ruiskutus	vesi	kyllä	ei	Ei sisällä liuottimia tai formaldehydiä, väritön
Hensotherm 2 KS INNEN	Rudolf Hensel GmbH	telaus, sively, ruiskutus	vesi	ei	kyllä	Väriäinen, palosuojamaali
NT Deco	NordTreat AS	ruiskutus, sively, paine käsittely	vesi	kyllä	kyllä	Vesipohjainen, kirkas, pH-neutraali ja myrkytön palonsuoja-aine
NT Deco Toned	NordTreat AS	ruiskutus, sively, paine käsittely	vesi	kyllä	kyllä	Myrkytön, sävytetty, vesipohjainen



## 7 KIPSILEVYN JA PALONSUOJAUSKEMIKAALIEN KÄYTÖN HYÖDYT JA HAASTEET

### 7.1 Yhteenveto kipsilevypalosuojaukikäytännöistä

Suomessa kipsilevy tuli tutuksi normaalille kansalaiselle kun asuinrakentamisessa lastulevyseinä syrjäytyi kipsilevyllä 20 - 30 vuotta sitten. Kipsilevyn käyttö yksinkertaisenakin edisti huoneistojen paloturvallisuutta. Nykyään valmistetaan erikoiskipsilevyä kattoakin varten. Seinälle on ohutta 6 mm remonttilevyä, jolla saadaan sileätä pintaa nopeasti vanhan rakennuksen seinäpinnoille. Nämä eivät ole varsinaisia palonsuojalevyjä mutta kipsilevyn luontainen ominaisuus hidastaa palon etenemistä. Kipsilevypalosuoja rakennetaan kohteessa paikan päällä suoraan paikalleen. Kipsilevyseinää pystyy rakentamaan tee-se-itse taitoinen henkilö apunaan yleistyökaluinaan metalliviivoitin, veitsi, saha ja akkuruuvikone. Kipsilevyistä on sangen yksinkertaista rakentaa suoraa seinää jossa on koko seinän korkuisia sisä- tai ulkokulmia. Myös suoraa sisäkattoa on helpohko tehdä joko aivan vaakasuuntaan tai lievästi kallellaan olevaa. Katon levytystä hankaloittaa kipsilevyn paino, sitä pitää nostaa apulaitteella tai useamman henkilön avulla. Normaalihuonekorkeisten seinien levytys onnistuu kahdelta työmieheltä kivuttomasti. Apumiehen käyttö on yleisesti suositeltavaa, etteivät levyn kulmat kolhiudu nostelujen aikana. Työskentely korkeammalla esimerkiksi telineillä nostaa kustannuksia, on luonnollisesti haastavampaa ja aikaa vievää. (Carlson Oy, 2018; Gyproc)

Kipsilevy vaatii taakseen seinän, puukoolauksen tai terästukirangan, johon levyt ruuvataan. Teräsranka rungon etuna on elämättömyys, vaivaton asentaminen ja puunrunkoa paremmat ääneneristysarvot. Ohuen väliseinän tekeminen onnistuu 42 mm paksulla teräsrankarungolla. Seinän paksuudeksi tulee tällöin molemminpuolisella 13 mm kipsilevytyksellä minimissään 68 mm. Tästä saatava huonepinta-alan säästö saattaa olla merkittävä ahtaissa tiloissa. Kantavissa rakenteissa kantavuus perustuu tukipilarien, -seinän tai metallitukirankojen kantavuuteen. Itse kipsilevy tekee vain palosuojan. Hyvä paloneristys saadaan käyttämällä paksua kaksinkertaista metallirunkoa, jotka ovat omilla, toisistaan irti olevilla rangan levyisillä kiskoilla. Teräsrankojen väliin tulee kivivillaeriste (2x) ja teräsrankojen molemmille ulkopinnoille asennetaan paksut palonsuojalevyt. Palosuojalevyt voidaan asentaa kuvan 6 kaltaiseen teräsrankarunkoon. Useampaa levykerrosta käytettäessä on levysaumojen oltava eri kohdassa edellisiin kerroksiin nähden. Jokainen levykerros ruuvataan erikseen ruuvivälin ollessa n. 20 cm. Halutessaan sileä ja kaunis seinä sauman päälle asennetaan saumanauha. Nauhan päällys kitataan, hiotaan ja pintakäsittellään esim. maalilla. Sauman peitto pintakäsittelyineen on hitain vaihe seinän tekemisessä. Tarvittaessa varsinkin seinä- ja kattosauma voidaan tiivistää käyttäen palonkestävää tiivistysmassaa. (Carlson Oy, 2018; Gyproc)

Palosuojakipsilevytys on raskasta. Tämä korostuu, jos levytystä pitää tehdä telineiltä käsin. Asennustelineet, sauman kittaus ja pintakäsittely nostavat kustannuksia. Pintakäsittelyyn käy normaali sisäseinamaali. Myös muutkin erikoislevyt kuten ripustusta kestävä levy tai kosteantilan kipsilevy ovat normaali kipsilevyä arvokkaampaa. Kipsilevyn heikkous on sen huono mekaaninen kestävyys. Kipsilevyseinä vaatii erikoisproput ja painon jakamista useammalle kiinnitysruuville kun ripustetaan painavaa esinettä seinälle. Pelkkä kipsilevy rikkoutuu potkaisusta. Siistireunaisen reiän paikkaus onnis-

tunee mutta lohjenneen levyn korjaus vaatii ammattitaitoa. Ylimääräiset kipsilevyn palaset ovat normaalia kaatopaikkajätettä. (Carlson Oy, 2018; Gyproc)



Kuva 6. Kaksinkertainen teräsrankarunko kipsilevyseinälle kivivillalla (Gyproc).

Kipsilevy estää paloa tunkeutumasta rakenteen läpi ja estää levyn takana olevien materiaalien voimakkaan kuumentumisen. Käytännössä tämä tarkoittaa, ettei lämpötila kipsilevyn toisella puolella pääse nousemaan yli +100 °C ennen kuin kidevedellinen vesi on kokonaan haihtunut kipsilevyn ytimestä. Tällä saadaan aikaan viivettä palon etenemiseen. (Knauf)

## 7.2 Yhteenveto palosuojamaali käytänteistä

Korkeita puurakennelmia on mm. Puijon hyppyrimäki ja Vihantasalmen puusilta. Korkeita vanhoja puurakennuksia ovat maaseudun hylätyt kansakoulut, jotka ovat vain 2-kerroksisia kylmällä ullakolla. Norjassa esimerkiksi on korkeampia puurakennuksia, jopa 14-kerroksisia. Tuollaisen rakennuksen korkeusero suomalaisen 2-kerroksiseen on huima. Viime vuosina Suomeen on myös rakennettu korkeita puukerrostaloja. Jyväskylässä on 8-kerroksinen Puukuokan asuntoyhtiö. Palosuojamaali puulle on mullistanut ja mahdollistanut paloturvallisten puurakennusten ja puukerrostalojen rakentamisen.

Paloluokiteltuja rakennuksen osia pystyvät valmistamaan vain sertifioidut firmat, joiden teollisuushalleissa työskentelyolosuhteet ovat hallitut ja vakiot. Ulkopuolinen laadunvarmentaja valvoo maalarin ammattitaitoa ja yrityksen harmonisoitua tuotestandardin noudattamista yllätystarkastuksin. Palosuojamaalaus tehdään uudisrakennusvaiheessa, jotta rakennusmateriaaleille voitaisiin taata paloluokka B-s1, d0. Vanhaa jo käsiteltyä puupintaa ei ole järkevä palosuojamaalata, koska pinta ei ole puhdas ja sille ei voida taata paloluokitusta. Samalla tavalla karsiutuvat monet asiakkaan luona tapahtuvat vaativimmat maalaukset. Olosuhteet pitää olla hallinnassa myös työmaaleivityksessä. Pienehköt paikkamaalaukset vaurioiden korjaamiseksi sallitaan. Palosuojamaalauksen jälkeinen pintamaalaus on tehtävä saman maalausjärjestelmän maalilla. Tämä asettaa rajoituksia myöhemmälle pintamaalaukselle tai värin vaihtumiselle, maalin on pysyttävä saman maalausjärjestelmän tuotteissa. (Paavilainen, 2018)

CLT elementille tulee kustannuksia kun puuelementti pitää kuljettaa tehtaalta maalaamoon ja edelleen maalaamolta rakennukselle. Puuelementti ei saisi kostua tai likaantua ennen maalausta. Palosuojamaalauksen jälkeen maali kolhiintuu helposti pois esim. liinoilla nostettaessa. Pitäisikö puuelementteihin asentaa yläreunaan väliaikaiset nostokorvakkeet? Rekka-auton puoliperävaunuun mahtuu kerralla 3-5 kpl puuelementtejä, jotka eivät saa hangata toisiaan. Olisiko tässä hyvä käyttää finnfoam levyjä välissä? Niitä voi käyttää uudelleen seuraavissakin kuljetuksissa. Myös kuorman siirtoa nostokorvakkeista vähentää maalin hankautumista pois. CLT elementin nostoon tarvitaan aina nosturi ja siten elementeistä on helppo ja nopea tehdä rakennuksen kantavat rakenteet. (Hakokivi, 2018)

Palosuojamaali ei välttämättä estä paloa syttymästä vaan hidastaa sitä ja kutsutaan siksi paloa hidastavaksi pinnoitteeksi. Rakennuksen evakuointiin jää tällöin enemmän aikaa ja sammutustyöt voidaan aloittaa ajoissa vahinkojen vähentämiseksi. Mitä sitten pitäisi tehdä kerran lievästi palossa olleelle pinnalle, jotta se täyttäisi taas paloluokituksen? (coatings.fi)

Palosuojamaalilla käsitellyt kappaleet, kovettuneet maalausjätteet ja maalipurkit ovat lajiteltavaa kaatopaikkajätettä. Nestemäistä maalijätettä ei saa kaataa viemäriin, vesistöön tai maaperään, vaan se on palautettava vaarallisten aineiden jätteiden keräyspisteeseen. Osa maaleista luokitellaan vaaralliseksi muutetun asetuksen (EY) 1272/2008 mukaisesti. (Tikkurila Oyj) Palosuojamaalien sisältämät kemikaalien vaikutukset tunnetaan huonosti ympäristön ja terveyden kannalta. Yleisesti palonestoaineet voivat olla epäorgaanisia (esim. antimonitrioksidi) tai orgaanisia (esim. klooria, bromia tai fosforia sisältäviä hiilivetyjä). Siksi lieneekin turvallisempi että pelkästään sertifoidut maalausfirmit tekevät palosuojamaalauksia ja huolehtivat myös oikeaoppisesti maalausjätteistä. (Tukes)

Palosuojamaalattun puupinnan akilleen kantapää käytössä on sen heikko mekaaninen kestävyys. Maali irtoaa kolhaisussa ja saattaa vaatia huoltotoimenpiteitä 5 - 10 vuoden välein. Onko jokin keino jolla puukerrostalossa asuvat lapset eivät raapisi maalia ja laittaisi sitä suuhun? Palosuojattu massiivipuun soveltuu hyvin isoihin tilaviin halleihin. Pitäisikö niiden reunoilla olla laidat tai selkänojalliset penkit estämässä palosuojamaalauksen kolhiutumista pois? Kaupungissa saattaa olla kerrostaloja aivan kylki kyljessä. Niitä puretaan yksitellen ja rakennetaan uusia tilalle. Voidaanko CLT elementistä rakentaa kerrostalo kahden betonitalon väliin? Kuinka puu kestää, jos sille ei voida taata oikeaoppista tuuletusta?

CLT elementti on itsekantava rakenne. Palosuojamaalattuna tai -lakattuna sen puupinnan paras puoli on estetiikan kauneus ja elävyys. Kohteeseen jää näkyviin oksat, kuultavat puunsiyyt sekä alkupeäinen muoto, jossa silmä lepää.

### 7.3 Johtopäätökset palosuojausmenetelmien soveltuvuudesta

Tullelle altistuessaan kaikki yleisesti käytetyt rakennemateriaalit menettävät mekaanista lujuttaan. Massiivipuun kuten CLT elementin pinta hiiltyy hitaanlaisesti (0,65 mm/min). Palon ympäröidessä

paljaan puurakenteen on hiililymisnopeus per sivu on sama mutta hiililyminen tapahtuu silloin kaikilta sivuilta samanaikaisesti heikentäen kantavaa rakennetta nopeasti. Teräs on palamaton rakennustarvike, mutta kuormitettuna suojaamaton teräs saavuttaa jo 10 - 30 minuutin kuluttua tulipalon alkamisesta kriittisen 450 - 600 °C lämpötilan menettäen tällöin suunnitellun varmuusmarginaalinsa riippumatta käytetyn teräksen laadusta. Siksi teräsraakenekin tarvitsee palosuojamaalauksen tai kipsilevykoteloinnin suojakseen.

Rakennuksen kantavien rakenteiden pitää kestää liekkejä ja kuumuutta niille asetetun vähimmäisajan verran. Osastovien ja eristävien rakenteiden pitää eristää tilat toisistaan niille asetettu vähimmäisaika. Näiden turvaamiseksi rakenteille tehdään palosuojaus. Sekä kipsilevypalosuojaa että palosuojamaalaus täyttävät paloluokka vaatimuksensa, eikä sitä tässä toiminnallisuutena kyseenalaisteta. Kipsilevypalosuojauksen ja palosuojamaalauksen oikealla suorituksella, tarkastuksella ja ylläpidolla on suuri merkitys jolla taataan rakenteiden korkea paloluokituksen taso. Koko suoritusketjun on ymmärrettävä että työllä säästetään ihmishenkiä.

Kipsilevypalosuojaus soveltuu parhaiten kuiviin sisätiloihin, sillä normaali kipsilevy pehmenee kosteudesta. Se soveltuu erinomaisesti väliseinien tekemiseen tai korjausremonttiin, jossa tarvitaan käyttötarkoituksen muutoksesta tehdä myös muutoksia paloluokitukseen. Kipsilevytys peittää aikaisemman pinnan, jolloin esimerkiksi puupinta jää piiloon. Myös uudisrakentamisessa matalia tiloja on helppo ja nopea paloeristää kipsilevyllä. Paloeristyksen voi tehdä edullisesti myös itse mikäli omaa riittävän ammattitaidon. Oli mielenkiintoista havaita kuinka monenlaisia kipsilevyjä on tarjolla eri tarkoituksiin ja kuinka monipuolisia teräsrankarunkoja pystytään rakentamaan kipsilevyseinää varten. Vastaavasti CLT elementillä saadaan aikaan nopeasti kantavaa rakennetta ja kaunista seinä pintaa. Palosuojattu CLT elementti soveltuu erinomaisesti uudiskohteisiin, tilaviin useampikerroksisiin rakennuksiin ja rakenteisiin, joihin halutaan kaunis ja elävä pinta. Esimerkkejä tällaisista ovat koulut, päiväkodit, virastot, hoitolaitokset, kirjastot, odotustilat, paikat joissa ihmisillä on aikaa katsella pintaa.

Molemmat palonsuojausmenetelmät ovat tarpeellisia käyttökohteissaan. Niiden käytöllä on vankka jalansija eikä hiipumista ole näköpiirissä lähivuosina. Toivottavasti niille saadaan kehitettyä parempi mekaaninen kestävyys tulevaisuudessa.

## LÄHDELUETTELO

- Brännare, J. (2012). *CLT-levyjen soveltaminen suomalaiseen pientalorakentamiseen*. Rovaniemen ammattikorkeakoulu.
- Carlson Oy. (2018). Rakentajapalvelu. Kuopio.
- coatings.fi. (ei pvm). Haettu 2018 osoitteesta Palosuojamaali: <http://www.coatings.fi/palosuojamaali/>
- Crosslam. (ei pvm). Haettu 2017 osoitteesta Uusi rakennustekninen ymmärrys: <http://www.crosslam.fi/filosofia/uusi-rakennustekninen-ymmarrys.html>
- Fröblom, J. (1995). *Tutkimuseloste N:O RTE30663/95*. Espoo: VTT rakennustekniikka.
- Gyproc. (ei pvm). Haettu 2018 osoitteesta Gyproc-levyn palonkestävyys: <http://www.gyproc.fi/suunnittelu/palosivusto/gyproc-rakenteet-ja-palonkestavyys/gyproc-levyn-palonkestavyys>
- Gyproc. (ei pvm). Haettu 2018 osoitteesta Gyproc Tuoteluettelo: <http://www.gyproc.fi/tuotteet>
- Gyproc. (ei pvm). Haettu 2018 osoitteesta Gyproc GS: <http://www.gyproc.fi/ratkaisut/valiseinat/gyproc-gs>
- Haapanen Oy. (ei pvm). Haettu 2018 osoitteesta Mitä on palosuojamaalaus?: <https://palosuojamaalausta.fi/>
- Hakokivi, A. (2018). Puhelinhaastattelu.
- Hoisko. (ei pvm). Haettu 2018 osoitteesta Hoisko CLT-rakentaminen: <http://www.hoisko.fi/fi/rakentaminen/clt-rakentaminen/>
- Hoisko. (ei pvm). Haettu 2018 osoitteesta Hoisko Q & A - kysymyksiä ja vastauksia: [http://www.hoisko.fi/fi/rakentaminen/kysymyksiä\\_ja\\_vastauksia/](http://www.hoisko.fi/fi/rakentaminen/kysymyksiä_ja_vastauksia/)
- Hoisko. (ei pvm). Haettu 2018 osoitteesta Hoisko materiaalipankki: <http://www.hoisko.fi/fi/rakentaminen/materiaalipankki/>
- Kallioniemi, P. (ei pvm). *Pientalon Paloturvallisuus*.
- Knauf. (ei pvm). Haettu 2018 osoitteesta Rakenteet ja Palo: <https://www.knauf.fi/suunnittelijoille/paloasiat/rakenteet-ja-palo/>
- Kokko, E. (2002). *Hengittävä Puukuiturakenne Fysikaalinen toimintaperiaate ja vaikutukset sisäilmaan*.
- Lappia, A. (ei pvm). Haettu 2018 osoitteesta CLT-raakalevyn valmistus: [www.kiintopuu.fi/media/kiintopuu/clt-raakalevy-info-4.4.14-pak.pdf](http://www.kiintopuu.fi/media/kiintopuu/clt-raakalevy-info-4.4.14-pak.pdf)
- Paavilainen, H. (2018). Teknos, Puuteollisuus/tekninen palvelu.
- Paroc. (ei pvm). Haettu 2018 osoitteesta Paloluokitus: <http://www.paroc.fi/knowhow/palo/paloluokitus>
- Puuinfo. (ei pvm). Haettu 2018 osoitteesta CLT Ristiinliimattu massiivipuu (cross laminated timber): <https://www.puuinfo.fi/suunnitteluohjeet/clt-ristiinliimattu-massiivipuu-cross-laminated-timber>
- Puuinfo. (ei pvm). Haettu 201 osoitteesta Puurakentaminen ja ekologinen kestävyys: <https://www.puuinfo.fi/node/1505>
- Puuinfo. (ei pvm). Haettu 2018 osoitteesta Puurakentamisen asema ja mahdollisuudet Suomessa: <https://www.puuinfo.fi/puutieto/puurakentaminen/puurakentamisen-asema-ja-mahdollisuudet-suomessa>
- Rakentaja.fi. (ei pvm). Haettu 2018 osoitteesta Puu materiaalina: [https://www.rakentaja.fi/artikkelit/594/puu\\_materiaalina.htm](https://www.rakentaja.fi/artikkelit/594/puu_materiaalina.htm)
- Repo, J. (2018). Puhelinhaastattelu.
- Riikonen, J. (2011). *Kipsilevyrakenteiden Erikoisdetaljit*. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- Ryynänen, T. (2014). *Rakennustuotteiden Paloluokitus*. (VTT Expert Services Oy) Haettu 2018 osoitteesta SlideShare: <https://www.slideshare.net/VTTExpertServices/vtt-paloluokitus-en135011ryynnen>
- Stora Enso. (ei pvm). Haettu 2018 osoitteesta CLT-Massiivipuukurakentaminen: <http://www.clt.info/fi/tuote/>

Storaenso. (ei pvm). Haettu 2018 osoitteesta Paloturvallisuus: <http://www.clt.info/fi/tuote/tekniset-tiedot/paloturvallisuus/>

Tikkurila Oyj. (ei pvm). *Käyttöturvallisuustiedote Fontefire WF*. Haettu 2018 osoitteesta Palosuojaaja puukerrostalolle:

[https://www.tikkurila.fi/ammattilaiset/ratkaisut/tikkurila\\_mukana/palosuojaa\\_puukerrostalolle](https://www.tikkurila.fi/ammattilaiset/ratkaisut/tikkurila_mukana/palosuojaa_puukerrostalolle)

Tukes. (ei pvm). Haettu 2018 osoitteesta Palonestoaineet: <http://www.tukes.fi/fi/Kuluttajille/Kemikaalit-kayttokohteittain/Palonestoaineet/>

Tuomela, M. (2018). Puhelinhaastattelu.

Weckman, H. (ei pvm). *Rakennustarvikkeiden uudet eurooppalaiset paloluokitukset*.

VTT Expert Services Oy. (ei pvm). Haettu 2018 osoitteesta Rakennusmateriaalien ja rakennustuotteiden paloluokitus:

[http://www.vttexpertservices.fi/Pages/rakennusmateriaalien\\_rakennustuotteiden\\_paloluokitus\\_SFS-EN\\_13501-1-A1.aspx](http://www.vttexpertservices.fi/Pages/rakennusmateriaalien_rakennustuotteiden_paloluokitus_SFS-EN_13501-1-A1.aspx)

Ympäristöministeriö. (ei pvm). Haettu 2018 osoitteesta Kemikaalilainsäädäntö: [http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Kemikaalilainsaadanto](http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Kemikaalilainsaadanto)

Ympäristöministeriö. (2011). Rakennusten paloturvallisuus Määräykset ja ohjeet 2011. *E1 Suomen Rakentamismääräys kokoelma*.

## LIITE 1: CLT LEVYJEN MUODOSTUMINEN KERROKSISTA (LAPPIA)

Pystyrakenteet							
Nimellis paksuus	Merkintä	Kerroksia	Lamellirakenne				
			Poikittais	Pitkittäis	Poikittais	Pitkittäis	Poikittais
60	C3s	3	20	20	20		
80	C3s	3	30	20	30		
90	C3s	3	30	30	30		
100	C3s	3	30	40	30		
120	C3s	3	40	40	40		
100	C5s	5	20	20	20	20	20
120	C5s	5	30	20	20	20	30
140	C5s	5	40	20	20	20	40
160	C5s	5	40	20	40	20	40

Vaakarakenteet									
Nimellis paksuus	Merkintä	Kerroksia	Lamellirakenne						
			Pitkittäis	Poikittais	Pitkittäis	Poikittais	Pitkittäis	Poikittais	Pitkittäis
60	L3s	3			20	20	20		
80	L3s	3			30	20	30		
90	L3s	3			30	30	30		
100	L3s	3			30	40	30		
120	L3s	3			40	40	40		
100	L5s	5	20	20		20		20	20
120	L5s	5	30	20		20		20	30
140	L5s	5	40	20		20		20	40
160	L5s	5	40	20		40		20	40
180	L5s	5	40	30		40		30	40
200	L5s	5	40	40		40		40	40
160	L5s-2*	5	30		30	40	30		30
180	L7s	7	30	20	30	20	30	20	30
200	L7s	7	20	40	20	40	20	40	20
240	L7s	7	30	40	30	40	30	40	30
220	L7s-2*	7	30+30	30		40		30	30+30
240	L7s-2*	7	40+40	20		40		20	40+40
260	L7s-2*	7	40+40	30		40		30	40+40
280	L7s-2*	7	40+40	40		40		40	40+40
300	L8s-2**	8	40+40	30		40+40		30	40+40
320	L8s-2**	8	40+40	40		40+40		40	40+40