LAB University of Applied Sciences

# Puurakentaminen

## Paloturvallisuus

LAB-ammattikorkeakoulu
Insinööri (YAMK), Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
2022
Kari Suominen

## Tiivistelmä

| Tekijä | Julkaisun laji | Valmistumisaika |
|---|---|---|
| Suominen, Kari | Opinnäytetyö, YAMK | 2022 |
| | Sivumäärä | |
| | 50 | |

Työn nimi

**Puurakentaminen**

Paloturvallisuus

Tutkinto

Insinööri (YAMK), rakentamisen koulutus

Ohjaavan opettajan nimi, titteli ja organisaatio

Kimmo Liimatainen, Yliopettaja, LAB-ammattikorkeakoulu

Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio

LAB-ammattikorkeakoulu

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kerätä teoriakokonaisuus puun ominaisuuksista, puurakentamisen kehityksestä, puukerrostalon rakentamisen määräyksistä, toiminnallisesta palomitoituksesta ja paloturvallisuudesta. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää puurakentamisen kehitys ja tulevaisuuden näkymiä.

Teoriaosuudessa tutkittiin puun ominaisuuksia, puurakentamisen palo- ja rakentamisen oleellisia määräyksiä ja ratkaisuja. Opinnäytetyön teoria aineiston kerääminen toteutettiin aikaisemmin tutkittujen teoriapohjaisten aineistojen pohjalta, jotka koostuivat alan painetusta kirjallisuudesta, sekä eri elektronisista lähteistä.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin, että puurakentaminen on yleisesti kasvussa, joka samalla vähentää rakentamisesta syntyviä hiilijalanjälkeä. Puurakentaminen on yhtä paloturvallinen, kuin betonirakentaminen, kunhan suunnittelussa ja rakentamisessa paloturvallisuus määräyksiä noudatetaan.

Asiasanat

Puukerrostalo, puukerrostalorakentaminen, paloluokka, palomääräykset

**Abstract**


| Author | Type of Publication | Published |
|---|---|---|
| Suominen, Kari | Thesis, M. eng. | 2022 |
| | Number of Pages | |
| | 50 | |


Title of Publication

**Timber Construction**

Fire Safety

Name of Degree

Master of Engineering

Name, title and organization of the supervising teacher

Kimmo Liimatainen, Principal Lecture, LAB University of Applied Sciences

Name, title and organization of the client

LAB university of Applied Sciences


Abstract

The purpose of the thesis was to compile theoretical information on the properties of wood, the development of timber construction, regulations on the construction of prefabricated timber apartment blocks, functional fire design and fire safety. An additional objective was to examine the development and future prospects of timber construction.

The theoretical part studies the properties of wood and the key fire safety and construction regulations and solutions on timber construction. The theoretical materials for the thesis were compiled on the basis of previously used theoretical research materials which consisted of printed literature in the field and various electronic sources.

The conclusion of the thesis is that timber construction in general is on the rise, which also reduces the carbon footprint of construction. Timber construction is as fire-safe as concrete construction, provided that the design and construction comply with the fire safety regulations.



Keywords

Timber apartment block, construction of prefabricated timber apartment blocks, fire rating, fire safety regulations

Sisällys

1 Johdanto ... 3
2 Puu ... 4
2.1 Puun koostumus ja ominaisuudet ... 4
2.2 Puun rungon rakenne ... 4
2.3 Puu materiaalina ... 5
3 Puurakentaminen ... 7
3.1 Puurakentaminen Suomessa ... 7
3.2 Puurakentamisen tavoitteet ... 7
3.3 Puurakentamisen edut ... 7
3.4 Puurakentamisen SWOT-analyysi ... 9
3.4.1 Vahvuudet ... 10
3.4.2 Mahdollisuudet ... 10
3.4.3 Haasteet ja uhat ... 11
4 Puurakentamisen määräykset ... 12
4.1 Rakennuksen kerrosmäärä ja korkeus ... 12
4.2 Puurakentamisen edistäminen ... 13
4.3 Julkinen sektori ... 14
4.4 Jätelaki ... 15
5 Puurakentamisen kehitysajurit ... 16
5.1 Poliittiset ajurit ... 16
5.2 Rakentamisen energiakäyttö ... 18
5.3 Puurakentaminen on ekologista ... 18
5.4 Hiilijalanjälki ... 18
6 Puurakentamisen liiketoiminta-alueiden kasvuarvio ... 20
6.1 Puukerrostalojen markkinat ... 21
6.2 Puurakentamisen markkinaosuuden kasvu 2020–2021 ... 22
6.3 Muu puurakentaminen ... 23
7 Puumateriaalin kierrättäminen ... 24
7.1 Mahdollisuudet ... 24
7.2 Puumateriaalin kierrättämisen haasteet ja esteet ... 25
8 Paloturvallisuus ... 26
9 Puun palo-ominaisuudet ... 27
9.1 Puun syttymislämpötila ... 27
9.2 Rakennuksen sisäpuoliset materiaalit ... 27
10 Paloturvallisuusmääräykset ... 30

10.1 Rakennusten paloluokitus ..... 30
10.2 Palomääräyksien muutos 1.1.2021 ..... 31
11 Palosuojaus ja turvallisuus ..... 32
11.1 Sprinklerijärjestelmät ja suuttimet ..... 32
12 Palon kehittyminen sisätiloissa ..... 36
12.1 Sprinklaamaton huoneisto ..... 36
12.2 Sprinklattu huoneisto ..... 37
12.3 Standardipalokäyrä ..... 38
13 Paloturvallisuuden suunnittelu ..... 40
13.1 Palokuorma ..... 40
13.2 Taulukkomitoitus ..... 41
13.3 Toiminnallinen palomitoitus ..... 42
13.4 Kantavuus ja osastoivuus ..... 43
13.5 Poistumisreitit ..... 44
14 Yhteenveto ..... 47
Lähteet ..... 48

# 1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia puun ominaisuuksia, puurakentamista ja puukerrostalon paloturvallisuutta, sekä palomääräyksiä. Tutkimuksessa tarkastellaan puurakentamiseen vaikuttavia tekijöitä ja paloturvallisuutta, sekä määräyksiä, jotka edistävät tai ovat esteenä puurakentamiselle. Tämä opinnäytetyö tehdään kirjallisuustutkimuksena.

Puukerrostalojen rakentaminen Suomessa on ollut haastavaa, johtuen tiukoista paloturvallisuus- ja rakentamismääräyksistä. Uudistuneiden palomääräyksien ansiosta puurakentaminen on lisääntynyt asuin- ja toimistorakennuksissa sekä mahdollistanut massiivipuusta entistä korkeampien puukerrostalojen rakentamisen.

Valtiovalta on tukemassa ja lisäämässä puun käyttöä rakentamisen kohteissa sekä puuhun pohjautuvien rakennusjärjestelmien ja -tuotteiden kehittämistä. Puurakentaminen tulee lisääntymään kaupunkien rakentamisessa, suurissa puurakenteissa, sekä julkisessa rakentamisessa, jolle on asetettu kovat kasvutavoitteet.

Maailmassa on käytettävissä rajallinen määrä resursseja ja tarve kasvaa jatkuvan talouskehityksen ja väestökasvun vuoksi. Ilmastonmuutoksen hillitseminen on yksi yhteiskunnan tärkeimpiä ympäristötavoitteita. Suomi on EU-jäsenvaltiona ja kansainvälisten sopimusten kautta sitoutunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä merkittävästi. Noin 30 prosenttia päästöistä syntyy rakennussektorilla ja jotta Suomi saavuttaisi ilmastotavoitteensa, on myös rakentamisen ja asumisen päästöt saatava laskuun. Myös useat kunnat ovat asettaneet omat ilmastotavoitteet, jotka ovat Suomen asettamia tavoitteita tiukemmat.

Rakennuksien rakentamisessa ja purkamisessa syntyy vuosittain noin 250 000 tonnia puujätettä. Puujätteen kierrättämisen mahdollisuudet tällä hetkellä Suomessa ovat lähes olemattomat. Puujäte, eli kierrätyspuu ohjautuu lähes kokonaan energiatuotantoon ja pieni osa kierrätyksen kautta uusiokäyttöön.

# 2 Puu

## 2.1 Puun koostumus ja ominaisuudet

Puu on monipuolinen ja uusiutuva luonnon materiaali, sekä monivuotinen puuvartinen kasvi. Puu kasvaakseen tarvitsee valoa, hiilidioksidia, vettä sekä ravinteita maaperästä. Puu on sekä puuvartinen kasvi ja myös kappale puuta, joko kokonainen kasvitieteellinen puu tai siitä irrotettu osa. (Kärkkäinen 2007, 18.)

Puu koostuu rakenteellisesti juurista, rungosta ja lehvästöstä. Juurien tehtävä on kiinnittää puu maaperään, sekä hyödyntää ja kuljettaa maaperästä liuenneita ravinteita veden mukana runkoon ja sitä myötä edelleen lehvästöön. (Siikanen 2016, 22.)

Puiden lehdet ja neulaset sisältävät lehtivihreää eli klorofylliä. Puun lehtien ja neulasten tehtävä on yhteyttää maaperän vedestä ja ilmakehän hiilidioksidista glukoosia ja sivutuotteena syntyy happea sekä hiilihydraatteja. Glukoosista puut valmistavat selluloosaa, hemiselluloosia, ligniiniä ja uuteaineita, jotka muodostavat suurimman osan puun kuiva-aineksesta. (Siikanen 2016, 22.)

Puun tärkeimmät aineosat ovat ligniini, hemiselluloosa ja selluloosa. Selluloosa toimii runkoaineena, hemiselluloosa väliaineen ja ligniini toimii luonnollisena liima-aineena. (Siikanen 2016, 25.)

Puuaineelle on ominaista, että soluseinät sisältävät ligniiniä. Tällaisia soluseinämiä kutsutaan puutuneiksi, mikä erottaa kasvitieteessä puut heinäkasveista. Tämän takia muun muassa bambu on koostaan huolimatta heinäkasvi. (Kärkkäinen 2007, 18.)

## 2.2 Puun rungon rakenne

Puun runko koostuu useista eri kerroksista ja poikkileikkaus kuvasta 1 eroittaan rungon eri kerrokset: ydin, kesäpuu, kevätpuu, vuosirengas, jälsi, nila ja kuori. Joillakin puulajeilla ei ole selkeää visuaalista eroa rungon kerroksien välillä.

Ydin on rungon sisin kerros, joka koostuu lähes kokonaan tärkkelyksestä. Ydin varastoi ja luovuttaa ravintoa seuraavan vuoden vuosikasvua ja -oksistoa varten. Rungon alaosassa ydin on kuollut. Havupuilla ydin erottuu poikkileikkauksessa tummempana pisteenä, jolla ei ole mekaanista lujuutta.

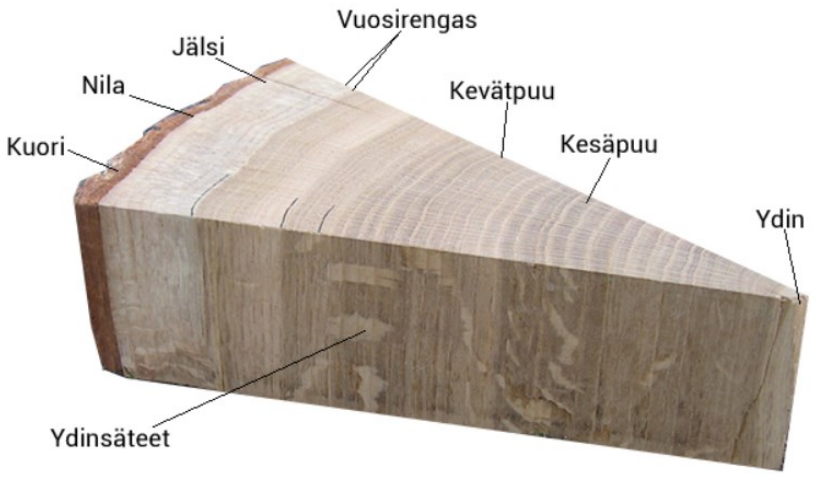
Sydänpuu on kuollutta puumateriaalia, joka sijaitsee puun sisäosissa. Sydänpuu toimii kantavana tukena elävälle pintapuulle. Sydänpuulle on myös ominaista tummua, jolloin

sydänpuun ja pintapuun eroittaan toisistaan helposti. Sen määrä lisääntyy puun läpimitan ja ikääntymisen myötä. (Siikanen 2016, 24–25.)

Pintapuu eli manto on elävää puumateriaalia, jonka välityksellä vesi ja ravinteet siirtyvät juuristosta latvukseen. Joissakin vaaleissa puulajeissa pintapuun ja sydänpuun raja on vaikeasti havaittavissa, näitä puulajeja ovat kuusi, koivu ja haapa. (Siikanen 2016, 25.)

Jälsi, eli kambiumkerros sijaitsee puuosan ja kuoren välissä, johon uuden puuaineksen kasvu keskittyy. Jälsissä tapahtuu puun leveyskasvu ja se on yleensä yhden solukerroksen, eli vuosirenkaan paksuinen. (Siikanen 2016, 25.)

Kuori koostuu useasta kerroksesta ja kuori on rungon uloin kerros, jonka tehtävänä on suojella puuta ulkoisilta tekijöiltä vaurioita vastaan. Lisäksi kuori estää rungossa olevien nesteiden haihtumista. Kuollut ulkokuori, eli kaarna ja elävä sisäkuori eroittaan toisistaan värin perusteella. (Siikanen 2016, 25.)

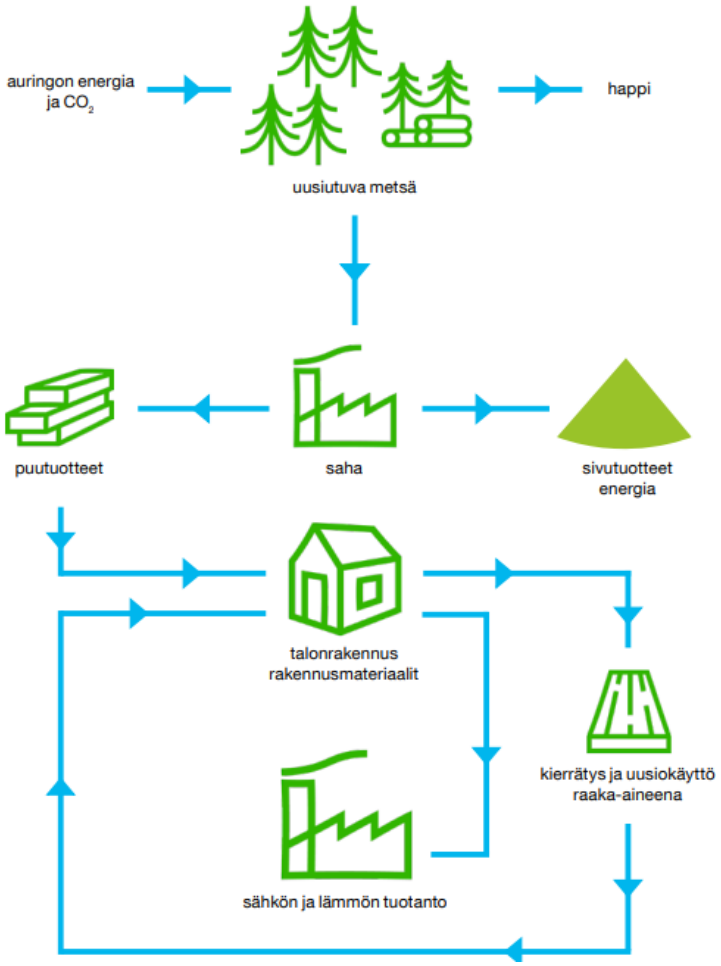



Kuva 1. Puun kerrokset (Puuproffa 2020)

## 2.3 Puu materiaalina

Puu on uusiutuva raaka-aine, joka on lujaa ja kevyttä, jolloin se soveltuu lähes kaikkeen uudis- ja korjausrakentamiseen. Mänty ja kuusi ovat yleisimmät Suomessa käytetyistä rakennuspuulajit, joiden ominaisuudet ovat lähellä toisiaan. Esimerkiksi rakenteissa niiden sallitut jännitykset ovat yhtä suuret. (Puuinfo 2020.)

Puuta kasvaa metsissä enemmän kuin sitä hyödynnetään ja rakennuksen elinkaaren jälkeen puumateriaali voidaan käyttää energian lähteenä tai kierrättää uusiokäyttöön kuvio 1 (Stora Enso 2016, 6). Suomessa puun kasvukausi on lyhyt, noin 10 viikkoa. Kasvukauden aikana runko kasvattaa ympärilleen yhden vuosirenkaan, joka erottuu vaaleammasta kevätpuusta, sekä tummemmasta kesäpuusta. (Siikanen 2016, 23.) Lyhyestä kasvukaudesta johtuen vuosirengas on kovaa ja suorasyinen puumateriaali, jossa puun sisäiset jännitykset ja halkeamat ovat vähäisiä (Puuinfo 2020.)




Kuvio 1. Puun luonnollinen kiertokulku (Stora Enso 2016)

# 3 Puurakentaminen

## 3.1 Puurakentaminen Suomessa

Puurakentamisella on Suomessa pitkät perinteet, mutta rakentaminen on keskittynyt pientalorakentamiseen. Viimeisten 20 vuoden aikana puurakentaminen on yleistynyt myös puukerrostalojen rakentamisessa. Muutokseen ovat vaikuttaneet ympäristönäkökohdat, valtiovallan panostus ja erinäiset puurakentamisen edistämisen politiikkatoimenpiteet. Kansalliset metsästrategiat sekä kestävän kehityksen strategiat ovat edistäneet puun käyttöä rakennusmateriaalina.

Puuta käytetään puukerrostaloissa, julkisissa rakennuksissa, rankarakenteissa, pilari- ja palkkirakenteissa, hirsirakenteissa, suurten jännevälien rakenteissa, siltarakenteissa, infrarakentaminen sekä yleisesti rakennuksien sisämateriaalina. (Puuinfo 2020.)

Puukerrostalorakentamiseen on tarjolla eri runkoratkaisuja. Perinteisesti Suomessa rakennetaan puutaloja, jotka perustuvat kerroksittaiseen rankarunkorakentamiseen. Puukerrostalojen rakentaminen tapahtuu yleensä rakennustyömaalla kerros kerrallaan, jolloin kantavat jännevälit ovat lyhyitä ja vain 4,5–6,5 metriä.

Viime vuosina Suomen puukerrostalotuotanto on yleistynyt voimakkaasti CLT- ja LVL-runkoon pohjautuvaan tilaelementtitekniikkaan. Kasvua on erityisesti CLT-tilaelementtitekniikassa, joita käytetään kantavina pysty- ja vaakaelementteinä. Myös LVL – tekniikkaa voidaan hyödyntää puurakennuksien runkorakenteissa. (Paavola 2019, 10.)

## 3.2 Puurakentamisen tavoitteet

Julkisen sektorin rakennuttajien osuuden kasvattaminen asuinrakennuksissa on noin 45 prosentin tasolle, hoitorakennusten noin 35 prosentin tasolle ja opetustilojen ja koulujen noin 65 prosentin tasolle. Kaikesta julkisesta puurakentamisesta tavoitteena on vuoteen 2025 mennessä noin 45 prosentin markkinaosuus.

Kasvattaa kansainvälisesti ulkomaankauppaa ja kehittää teollisen puurakentamisen yritystoimintaa. Pienentää rakentamisesta syntyviä hiilidioksidipäästöjä ja kehittää puurakentamisen osaamista Suomessa.

## 3.3 Puurakentamisen edut

Puumateriaali saadaan kotimaasta ja Suomessa on laaja osaaminen metsätalouden, puunjalostuksen, puuarkkitehtuurin ja puurakentamisen suhteen. Siksi puurakentaminen tarvitsee vain minimaalisia tuontipanostuksia. Puurakentaminen työllistää siis merkittävän

määrän suomalaisia metsänhoidosta aina valmiin rakennuksen huoltotöihin saakka. (Siparila 2020.)

Puurakennus on huomattavasti kevyempi kuin betonista valmistettu vastaava rakennus. Keveyden ansiosta logistiikkaa tarvitaan vähemmän, koska elementtejä voidaan toimittaa suurissa erissä ja valmiina. (Siparila 2020.)

Puurakentamisen hyödyt:

- puurakentamisella on paljon hyviä ekologisia vaikutuksia
- vaikuttaa positiivisesti ihmisten asumisen mukavuuteen
- rakennusaikainen kosteuden hallinta
- paloturvallinen, koska rakennusmääräykset edellyttävät moderneja ja automaattisia sammutusjärjestelmiä
- puu on helposti muokattavissa
- hyvä huollettavuus ja kuluvien osien vaihdettavuus
- pintakäsiteltävyys, kuten lakkaus, maalaus ja vahaus
- puu on antibakteerinen materiaali ja ehkäisee haitallisten mikrobien kasvua

Rakennusmateriaalina puu on ainoa, joka on lämpöä eristävä ja voidaan käyttää kantavissa rakenteissa. Puun etuja rakennusmateriaalina ovat keveys, lujuus ja helppo työstettävyys taulukko 1. Energiankulutus, sekä rakennusjätteen määrä on vähäinen ja puuta voidaan käyttää uudelleen tai kierrättää. Puurakennukset tulee suunnitella huolellisesti, koska mekaaninen kulutuskestävyys on heikompi kuin muilla materiaaleilla, puu on altis lahoamiselle ja se palaa (Hurmekoski E, Korhonen J, 2017.)

Puurakentamisen haitat:

- puukerrostalo tulee betonitaloa kalliimmaksi
- rakennus vaatii kalliit sammutusjärjestelmät
- palomääräykset monimutkaiset ja vaatii paljon selvitystä
- pitkäaikaiselle kosteudelle altistuminen aiheuttaa lahoamista
- haastetta tehdä korkeita kerrostaloja.

Puurakentamisen riskit:

- rakennushankkeeseen ryhtyvälle voi tulla eteen rakennusoikeuden ja palomääräyksien tulkinnasta johtuen ennalta tunnistamattomia taloudellisia riskejä
- puurakentamisessa tulee ottaa huomioon rakentamisen aikaiset ympäristötekijät, kuten korkeat kosteusolosuhteet, ettei vesi jää rakenteisiin ja näin aiheuttaen myöhemmin kosteusvaurioita
- Asunnon ostajien ennakkoluulot puurakentamista kohtaan voivat vaikuttaa asuntojen myyntiin ja myyntihintoihin alentavasti.

| | Edut | Varjopuolet |
|---|---|---|
| **Teollinen esivalmistus** | • Tuottavuus ja tehokkuus: rakennusaika (jopa 70% lyhyempi rakennusvaihe), alemmat kokonaiskustannukset, limittäiset ja rutiininomaiset työvaiheet.<br>• Standardoidut olosuhteet: turvallisuus, mukavuus, kuivaketju.<br>• Vähemmän häiriöitä rakennustyömaan ympäristölle.<br>• Tehokas 3D-suunnittelu ja elementointi: tarkka aikataulutus, riskien hallinta.<br>• Vähemmän rakennusjätettä työmaalla. | • Uusiin menetelmiin liittyvät koetut riskit.<br>• Tehokkuus vaatii paljon toistoa (prosessi ei jousta paljoa). |
| **Puu materiaalina** | • Kevyt mutta kestävä materiaali (3–5 kertaa kevyempää kuin teräsbetoni).<br>• Työstettävyys ja asennustarkkuus (myös CNC-työstö).<br>• Uusiutuva ja suhteessa vähän ympäristöä kuormittava materiaali (vähemmän hiilidioksidipäästöjä ja rakennusjätettä).<br>• Sisäilman laatu: kosteuden tasaus, pehmeä akustiikka, stressiä lieventävä ilmapiiri.<br>• Maanjäristyskestävyys.<br>• Mahdollistaa puolilämpimät tilat.<br>• Paloturvallisuus puukerrostaloissa (osittain nykyisten säädösten ansiosta). | • Luontainen vaihtelu: oksat, kutistuminen, käyristyminen, halkeilu (tosin insinööripuutuotteet voivat vähentää näitä merkittävästi).<br>• Puumateriaalin korkea hinta.<br>• Pitkäaikaiskestävyys vaatii tiheän huolto-välin ja huolellista suunnittelua.<br>• Vanhentuneet mielikuvat. |

Taulukko 1. Teollisen puurakentamisen edut ja varjopuolet (Hurmekoski E, Korhonen J, 2017)

## 3.4 Puurakentamisen SWOT-analyysi

SWOT-analyysi on nelikenttämenetelmä kuvio 2, johon on analysoitu puurakentamisen sisäiset vahvuudet ja heikkoudet, sekä ulkoiset mahdollisuudet ja uhat, kun tarkastellaan puurakentamisen alaa kokonaisuudessaan. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2020.)

Kuvio 2. SWOT-analyysi (Työ- ja elinkeinoministeriö 2020)

### 3.4.1 Vahvuudet

Teollisen puuelementtien laatu on parempaa verrattuna paikallaan rakentamiseen. Kuivissa sisätiloissa rakennettaessa ehkäistään kosteusvauriot ja elementtien mittatarkkuus on erinomainen.

Kotimaisen raaka-aineen saatavuus on hyvä, jolla on myös laajat aluetaloudelliset vaikutukset. Puumateriaaleihin liitetään yleisesti positiivisia arvoja, kuten ekologisuus, uusiutuvuus, hyvä sisäilma ja puupintojen visuaalisuus.

### 3.4.2 Mahdollisuudet

Myönteinen asenneilmapiiri puun käytölle rakentamisessa ja valtiovallan poliittinen tuki mahdollistaa puurakentamisen kasvutavoitteita. Koulutuksen ja tietämyksen lisääminen erityisesti hankinnoissa, kustannusten arvioinnissa, sekä tietämyksessä eri ratkaisujen mahdollisuuksista lisäävät kustannustehokasta rakentamista ja vähentävät ennakkoluuloja puurakentamista kohtaan. Yleinen ympäristötietoisuus ja vihreät arvot, kuten ekologisuus ja energiatehokkuus ja hiilidioksidipäästöjen vähentämisen tavoitteet tukevat puumateriaalien käytön lisäämistä rakennusteollisuudessa.

Rakennusteollisuuden ja puurakentamisen yhteinen tuotekehitys, sekä suunnitteluprosessien kehittäminen mahdollistaa tulevaisuudessa teollisten prosessien yhteensovittamisen ja kasvumahdollisuudet Suomessa, sekä ulkomaan viennissä.

### 3.4.3 Haasteet ja uhat

Puurakentamisen haasteena on riittämättömät resurssit puurakentamisen osaamisen kehittämiseen ja vähäinen ammattitaito. Julkiseen puurakentamisen haasteita ovat hankkeisiin saatujen rahoitukset ja tarjousten vähäinen määrä sekä vastuullisuuden huomioiminen hankinnoissa.

Uusien ja pienien yrityksien on haasteellista löytää sijoittajia sekä järjestää rahoituksia. Suunnitteluprosessi vaatii enemmän aikaa ja on kalliimpaa, kuin esimerkiksi betonirakentaminen.

Maailman laajuiset kriisit, kuten Ukrainan sota ja korona vaikuttanut negatiivisesti rakennusmateriaalien saatavuuteen ja hintoihin. Hintojen nousu ja materiaalien saatavuusongelmat nostavat rakennuskustannuksia ja heikentävät puurakentamisen kannattavuutta.

# 4 Puurakentamisen määräykset

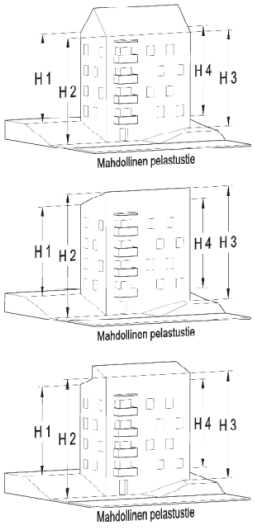
Rakentamismääräyskokoelman uudistus selkeyttää puurakentamismääräyksiä ja mahdollistaa puurakentamisen kasvua aiempaa enemmän. Rakentamismääräyksissä määritellään yleiset rakentamista koskevat edellytykset ja olennaiset tekniset vaatimukset, sekä lupa- ja viranomaismääräyksiä.

Olennaiset tekniset vaatimukset ja määräykset koskevat rakennuksen rakenteiden lujuutta, paloturvallisuutta, terveellisyyttä, energiatehokkuutta ja käyttöturvallisuutta (Ympäristöministeriö, 2022).

## 4.1 Rakennuksen kerrosmäärä ja korkeus

Rakennuksen kerrosmäärällä tarkoitetaan maanpäällisten kerroksien lukumäärää, jotka ovat pääkäyttötarkoituksen mukaisia tiloja. Kerroksia ovat myös käyttöullakko, sekä kellari, joka voi olla kokonaan tai osaksi maan alla. Rakennuksen kerrosmäärä vaikuttaa kokonaisvaltaisesti rakennuksen paloluokkaan ja paloteknisiin vaatimuksiin. (Puuinfo 2021, 12.)

Rakennuksen korkeus mitataan julkisivun maanpinnasta vesikatteen alapintaan, kun katon kaltevuus on 45 astetta. Rakennuksen korkeus kuva 2 vaikuttaa kokonaisvaltaisesti rakennuksen paloluokkaan ja paloteknisiin vaatimuksiin, sekä kokonaisvaltaisesti rakennuksen paloteknisiin vaatimuksiin. (Puuinfo 2021, 12.)

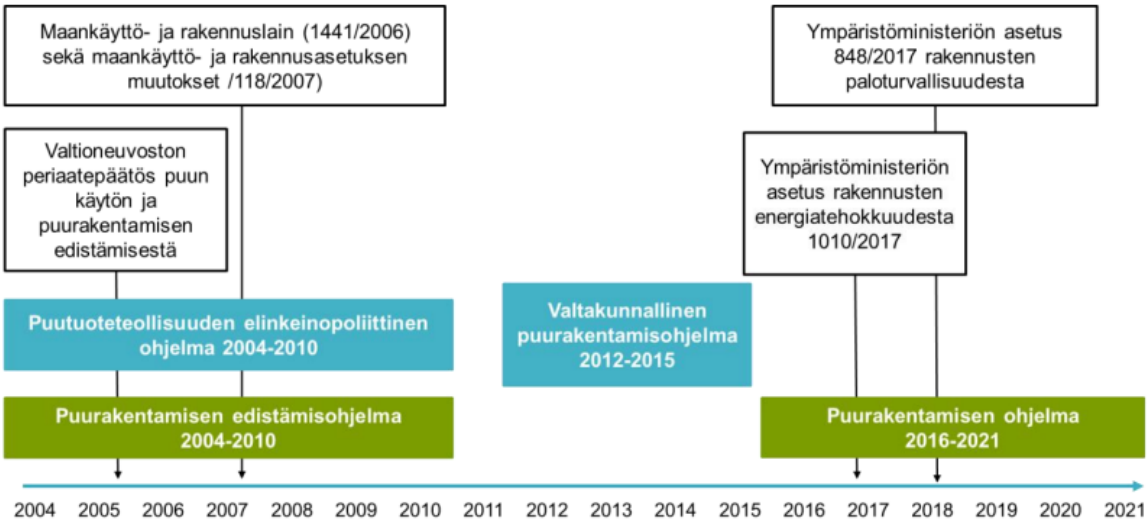



Kuva 2. Rakennuksen nurkkapisteiden korkeudet (Puuinfo 2021)

## 4.2 Puurakentamisen edistäminen

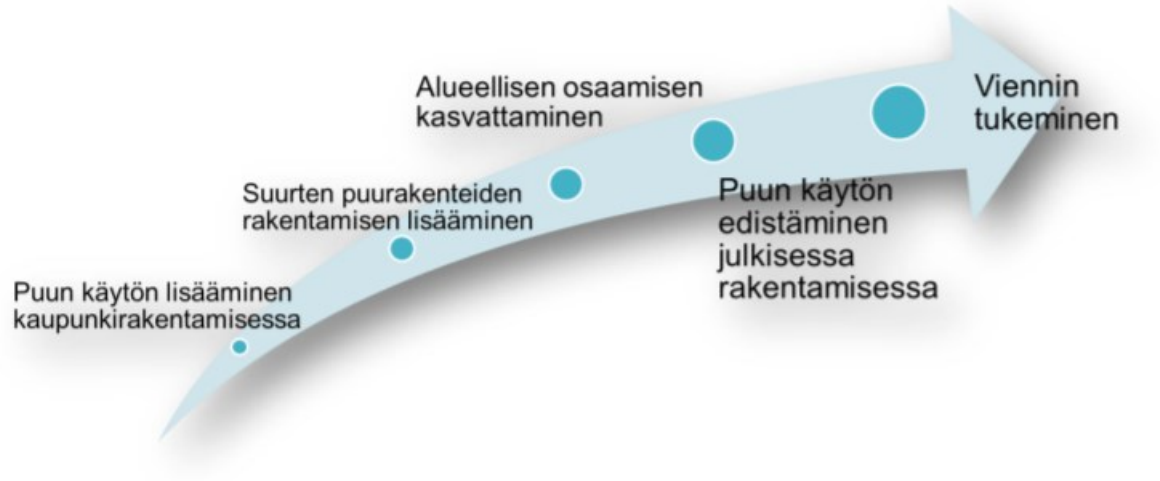
Suomen valtio on halunnut edistää puurakentamista ympäristönäkökohtien, aluetaloudellisten vaikutusten ja työllisyysnäkökohtien kannalta yhteistyössä eri sidosryhmien kanssa ja erinäisillä politiikkatoimenpiteillä sekä ohjelmilla jo yli 20 vuoden ajan. Kaaviossa 1 on esitetty keskeisiä esimerkkejä puurakentamista edistävistä ohjelmista, periaatepäätöksistä, sekä lakimuutoksista viimeisten 15 vuoden ajalta. (Korkia 2021, 3.) Ohjelmien tavoitteena on edistää puun ja puuhun pohjautuvien rakennusmateriaalien käyttöä ja kehittää puutuotteiden rakenteita, sekä järjestelmiä.

Puurakentamisen lisäämisellä voidaan saada Suomeen 6000 uutta työpaikkaa ja lisätä puutuotteiden kysyntää sekä vientimahdollisuuksia. Puurakentamista on lähdetty kehittämään ja toteuttamaan yhdessä eri sidosryhmien kanssa, kuten rakennuttajien, rakennusliikkeiden, kuntien ja kaavoittajien kanssa. (Paavola 2019, 6.)




Kaavio 1. Puurakentamisen edistämisen politiikkatoimenpiteet 15 vuoden aikana. (Paavola 2019)

Kuvassa 3 on esitetty puurakentamisen kehitysteemat vuosien 2016–2022 välisellä aikavälillä. Puurakentamisen ohjelmien tavoitteena on edistää puun käyttöä julkisissa rakennuksissa, kaupunkirakentamisessa ja suurien puurakenteiden lisääminen. Lisäksi koulutusohjelmien tavoitteena on alueellisen puurakentamisen osaamisen kasvattaminen ja ulkomaan viennin tukeminen. (Heino 2019b, 10.)




Kuva 3. Puurakentamisen ohjelman 2016–2022 kehitysteemat (A-insinöörit 2021)

## 4.3 Julkinen sektori

Julkinen puurakentamisen tilannekuva on hyvä ja puurakentaminen on asetettu kuntien tavoitteisiin, ja kuntien päättäjät suhtautuvat positiivisesti puun käyttöön rakennusmateriaalina. Kunnat ohjaavat rakentamista ja hankintoja kuntastrategian avulla. Kunnista noin 60 prosenttia on kirjannut puurakentamisen edistämisen kuntastrategiaan, joka antaa kunnan päättäjille mahdollisuuden ohjata hankinnan valmisteluja, sekä hankintapäätöksiä puurakentamisen lisäämiselle. Julkinen sektori käyttää puurakentamisen perusteena ympäristönäkökulmia, elinkaarimalleja, kestävän kehityksen ja energiantehokkuuden edistämistä. Kunnilla on käytössä tarkemmat rakentamisen määräykset kaavamääräyksissä ja tontinluovutusehdoissa. (Heino 2019b, 5.)

Kaavoituksella voidaan ohjata ja edistää puurakentamista kaavapäätöksillä, korttelisuunnittelun ja kaupunki-ilmeen tavoitteiden muodossa.

Kunnat ohjaavat ja edistävät puurakentamista:

- kunnilla on monopoliasema alueidensa kaavoittamiseen. Kunta asettaa kaavalle tavoitteet, jossa rakentamista, sekä maan käyttöä voidaan ohjata ekologisen kestävyyden näkökulmasta
- maankäyttösopimuksilla sovitaan asemakaavoituksen käynnistämisestä maanomistajan omistamalla maa alueella ja siihen liittyvistä kunnan ja maanomistajan oikeuksista ja velvoitteista

- tontinluovutusehdot ovat kunnan tontinluovutusehdoissa ja niissä voidaan sopia puurakentamisesta ja sen edistämisestä.

## 4.4 Jätelaki

EU:n ympäristö- ja jätepolitiikka linjaa jäsenmaidensa jätepolitiikan päätavoitteita. Vuonna 2008 EU:n puolelta ilmestyi uusi jätedirektiivi 2008/98/EY, jonka pyrkimyksenä on edistää jätteen synnyn ehkäisyä, uudelleenkäyttöä ja kierrätystä sekä yksinkertaistaa jo olemassa olevaa EU:n jätesääntelyä. Uusi jätedirektiivi velvoittaa jäsenmaat myös käyttämään uudelleen, kierrättämään tai muulla tavoin käyttämään hyödyksi syntyvästä rakennus- ja purkujätteestä vähintään 70 prosenttia vuoteen 2020 mennessä. (Parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/98/EY, 4 artikla, 11 artikla.)

# 5 Puurakentamisen kehitysajurit

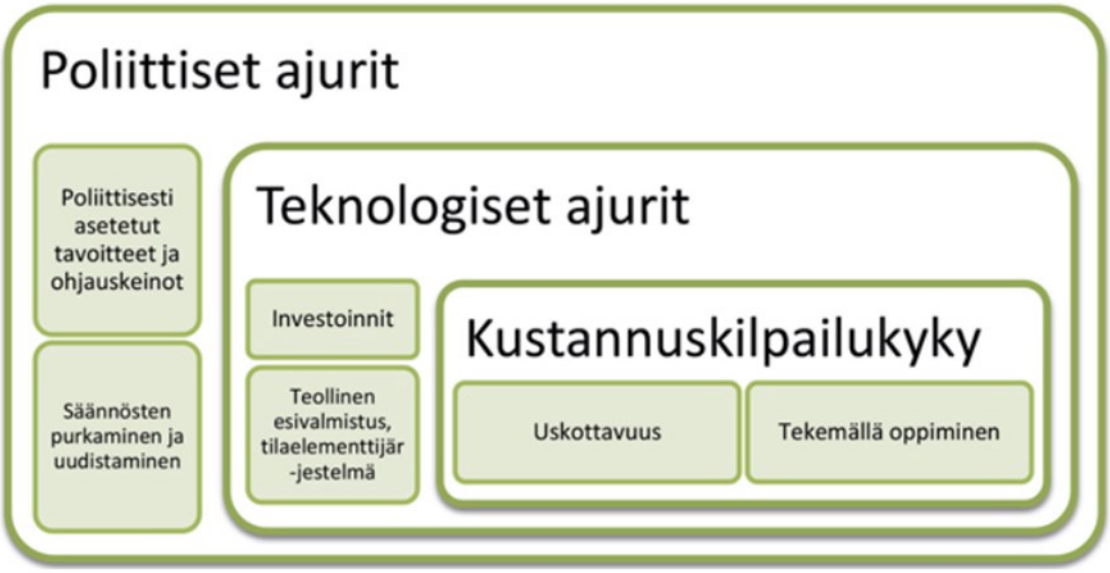
## 5.1 Poliittiset ajurit

Rakentamisen politiikassa vaikuttaa voimakkaasti ilmastomuutoksen hillitseminen, joka tuo painetta kehittää ympäristöystävällisempiä tapoja rakentaa uusia asuinrakennuksia (Rakennusteollisuus 2020). Rakentamisen vaikutus hiilidioksidipäästöihin ja ilmastomuutokseen on suuri rakentamisen sekä rakennuksen elinkaaren aikana. Puurakentamisen lisäämisellä edistetään kansallisen energia- ja ilmastostrategian tavoitteiden saavuttamista vuoteen 2035 mennessä. (Ympäristöministeriö 2020.)

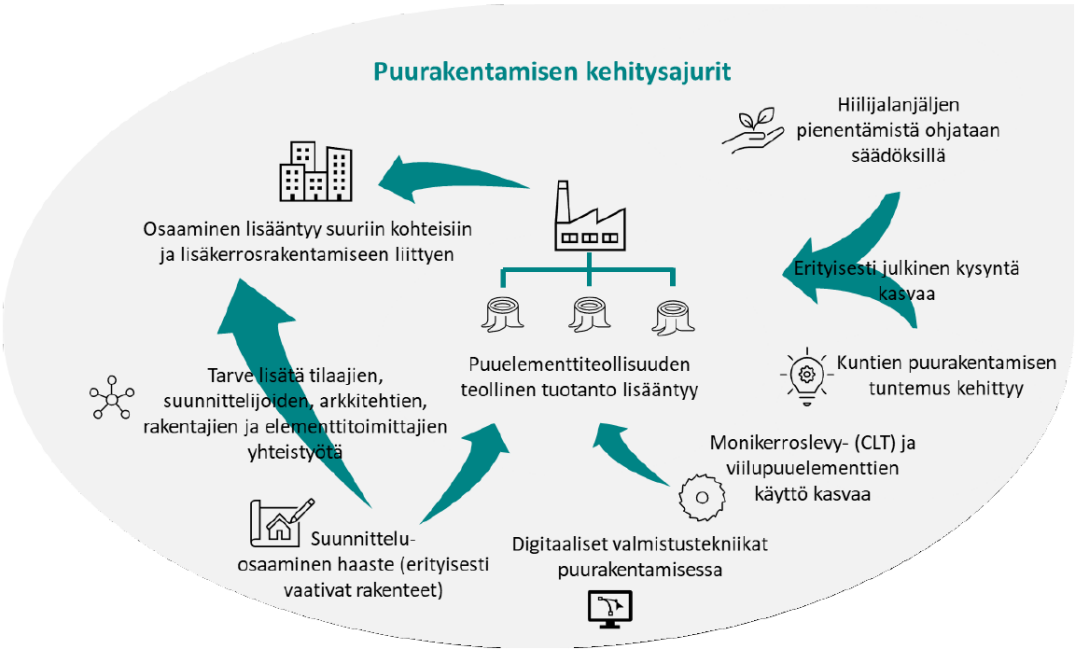
Hallitusohjelmassa on mainittu useita puun käyttöä edistäviä toimenpiteitä kuva 4 ja kuva 5. Tarkoituksena on kaksinkertaistaa puun käyttö nykyisen hallituskauden aikana. Tavoitteiden saavuttamiseksi on tehtävä selkeitä päätöksiä, jotka vaikuttavat rakentamisessa käytettävän puun lisäämiseksi. Hallitus on tehnyt edistämistoimenpiteitä, kuten korotetun käynnistysavustuksen, joka on erittäin positiivinen ja puurakentamisen kasvua tukeva. Käynnistysavustus on kuitenkin rajattu vain MAL-alueille, mikä sulkee esimerkiksi Pohjois-Suomen kokonaan pois. Lisäksi käynnistysavustus koskee vain julkisesti tuettua asuntotuotantoa eli yksityisellä sektorilla kannustimia ei ole. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2020, 39.)

Hallitusohjelman tavoitteita 2019–2022

- kaksinkertaistaa rakentamisessa käytettävä puumateriaali
- lisätä hiiltä varastoivien puutuotteiden ja lisätä sivuvirtojen kestävää hyödyntämistä
- nostaa puutuotteiden jalostusastetta
- edistää puurakentamista sekä vientiä
- tarkentaa palomääräysten materiaalineutraaliutta ja selvitetään mahdollisuutta puurakentamisen palomääräyksien lieventämiseen
- nopeuttaa vähähiilistä rakentamista sekä edistetään kiertotaloutta puurakentamisessa
- osoittaa puurakentamiselle asetetut tavoitteet julkisessa rakentamisessa
- lisätä puurakentamisen osaamista, täydennyskoulutusta, tutkimusta, tuotekehitystä ja vienninedistämistä.




Kuva 4. Puukerrostalorakentamisen yleistymiseen vaikuttavat tekijät (Hurmekoski E, Korhonen J 2017)




Kuva 5. Puurakentamiseen vaikuttavat kehitysajurit (Korkia 2021)

## 5.2 Rakentamisen energiakäyttö

Suomessa rakennukset käyttävät lähes 40 prosenttia kaikesta Suomessa käytettävästä energiasta ja aiheuttavat yli 30 prosenttia päästöistä. Rakennusmateriaalien valmistuksen ja rakentamisvaiheen jälkeen rakennukset kuluttavat energiaa lämmittämiseen, jäähdyttämiseen sekä kuluttavat sähköä.

Rakentaminen ja rakennusmateriaalien valmistus muodostavat noin 20 prosenttia elinkaaren aikana syntyvistä päästöistä. (Rakennusteollisuus 2020.)

## 5.3 Puurakentaminen on ekologista

Puurakentaminen koetaan ekologiseksi vaihtoehdoksi rakentaa uudisrakennuksia kuten kerrostaloja, pientaloja ja julkisia rakennuksia. Puurakentamisella on tunnistettu keskeiseksi keinoksi vähentää alueellisia päästöjä, sillä puumateriaalit sitovat tehokkaasti hiilidioksidia rakennuskantaan. Viime vuosina puun käyttö on lähtenyt kasvuun erityisesti kerrostalo, opetus- ja varhaiskasvatuksen rakennuksissa. Valitsemalla puurakentamisen julkiset toimijat voivat kohdentaa yhteisiä varoja yhteiskunnallisten tavoitteiden toteuttamiseen: vähentää päästöjä, lisätä työllisyyttä sekä tukea kotimaan taloutta ja paikallista elinkeinoa. (Ympäristöministeriö 2020.)

Rakennussektori tuottaa kolmanneksen kaikista hiilidioksidipäästöistä. Rakentamisen aikana tehdyillä materiaalivalinnoilla on suuri vaikutus ympäristöön. Rakentamisessa puu on oiva ratkaisu, koska puurakennus sitoo hiilidioksidia ilmakehästä niin kauan kuin puurakennusta käytetään. Kun rakennus puretaan, puu voidaan käyttää energiantuotantoon. (Siparila 2020.)

## 5.4 Hiilijalanjälki

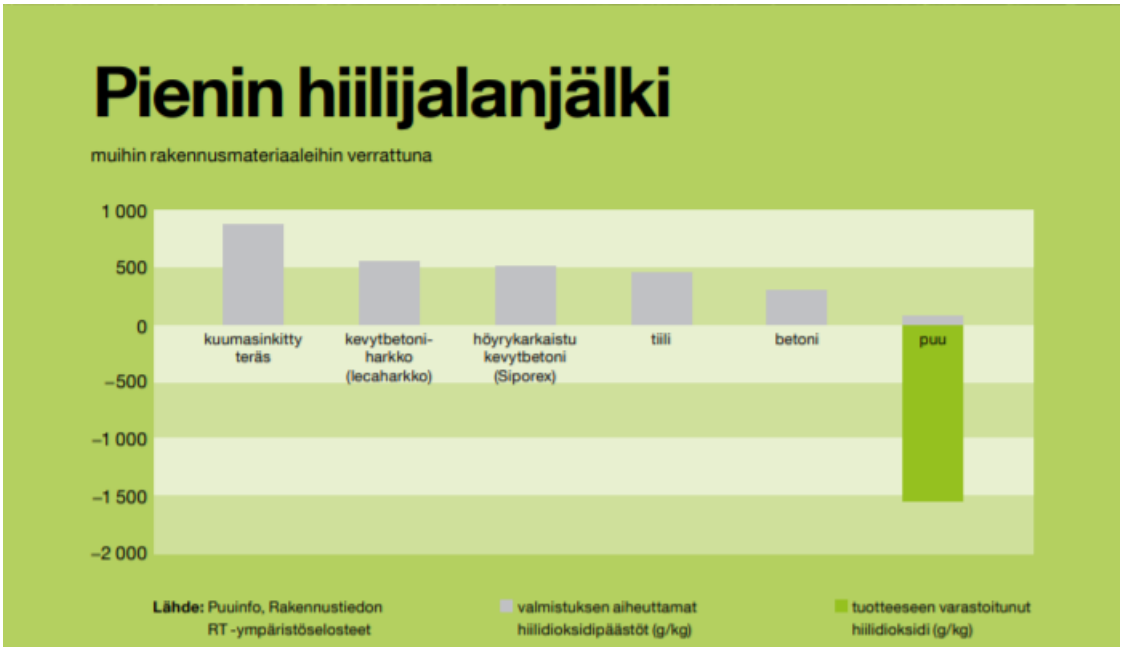
Rakentamisessa ympäristönäkökulma tarkoittaa rakennusten hiilijalanjäljen selvittämistä. Hiilijalanjälki kuvaa rakentamisesta aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä rakentamisen sekä rakennuksen elinkaaren aikana. Hiilijalanjälkeä mitataan omalla mittayksiköllä, jota kutsutaan hiilidioksidiekvivalentiksi (kg CO2e).

Rakennetun ympäristön elinkaaripäästön laskenta sisältää: raaka-aineet, rakennustuotteiden valmistamisen raaka-aineista, kuljetukset, siirrot, työmaatoiminnot, rakennuksen käytön sisältäen ylläpidon, huollon ja korjaukset. Rakennuksen poistuminen käytöstä ja tästä purkamisen kautta syntyvien jätteiden uudelleen käyttö tai kierrätys pienentää kokonaishiilijalanjälkeä. Puurakentamisen kokonaishiilijalanjälki ei ole nolla, vaan se on miinusmerkkinen (Siparila 2020.). Teknologian tutkimuskeskus VTT vertasi keskenään pohjaratkaisul-

taan identtisiä puisia ja betonisia kerrostaloja. VTT:n laskelman mukaan betonisen kerrostalon hiilijalanjälki on noin 75 prosenttia suurempi, kuin puusta valmistetun kerrostalon (Yle 2020b.)

Puu on rakennusmateriaalina helposti muokattava, terveellinen, hengittävä, ympäristöystävällinen ja kierrätettävä rakennusmateriaali ilmastonmuutosta vastaan. Kasvaessaan puu sitoo ilmakehästä hiilidioksidia ja rakennuksissa käytetyt massiivipuutuotteet toimivat hiilivarastona vuosisatojen ajan. Kaadettujen puiden tilalle kasvavat uudet puut sitovat lisää hiilidioksidia. Yhteen puun kuutiometriin sitoutuu noin tonnia hiilidioksidia, jolla on merkittävä vaikutus hiilidioksidipäästöihin ja kasvihuoneilmiöön. (Stora Enso CLT 2016, 6.)

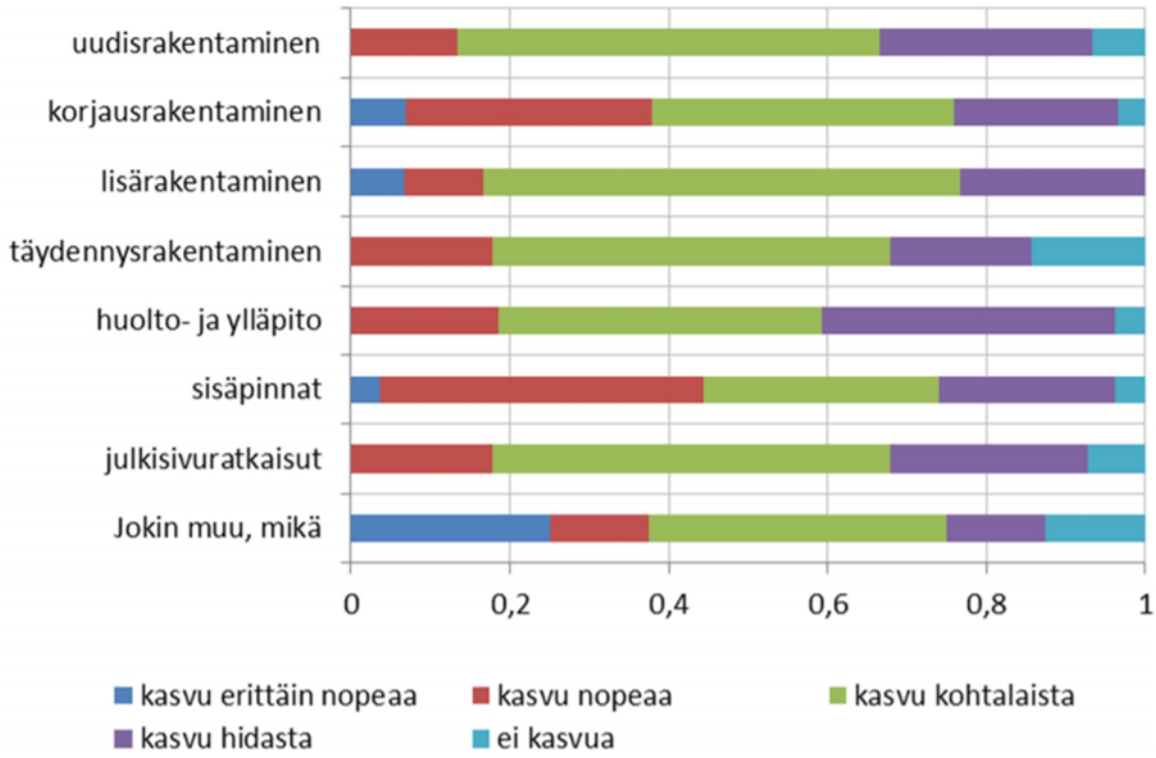
Puutuotteiden valmistuksessa syntyy hiilidioksidipäästöjä, mutta puuhun varastoituneen hiilidioksidin määrä on suuri verrattuna puun jalostuksesta aiheutuviin päästöihin. Taulukosta 2 voidaan todeta puumateriaalin valmistuksessa aiheutuvien hiilidioksidipäästöjen olevan hiilinegatiivinen, jolloin tuotteeseen varastoituu enemmän hiilidioksidia, kuin valmistuksessa syntyy. Puurakennusmateriaalin käytön lisäämisellä, voidaan pienentää rakentamisessa syntyvää hiilijalanjälkeä, sekä rakentamisen elinkaaren lopussa puumateriaali voidaan kierrättää tai käyttää puuta energian lähteenä. (Stora Enso CLT 2016, 6.)




Taulukko 2. Eri materiaalien valmistuksen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt (Stora Enso CLT 2016)

## 6 Puurakentamisen liiketoiminta-alueiden kasvuarvio

Taulukko 3 esittää 2013 arviota puurakentamisen kasvusta eri rakentamisen liiketoiminta-alueilla. Tarkasteltavana osa-alueina on korjausrakentaminen, uudisrakentaminen, lisä- ja täydennysrakentamisen, huollon ja ylläpidon, sisäpintojen ja julkisivuratkaisujen liiketoiminta-alueita arvioitiin.




Taulukko 3. Puurakentamisen liiketoiminta-alueiden kasvu (Haapio 2013)

45 prosenttia vastasi, että sisäpintojen liiketoiminta kasvaa joko erittäin nopeasti tai nopeasti. Vastaajista 38 prosenttia oli sitä mieltä, että korjausrakentaminen kasvaa joko erittäin nopeasti tai nopeasti. Hitaammin kasvavia liiketoiminta-alueita on uudisrakentaminen, täydennysrakentaminen, huolto ja ylläpito. Omakotitalorakentaminen, puisto, ulkotuotteet, pihatuotteet ja sillat ovat myös kasvavia liiketoiminta-alueita, vaikkakin vähäisiä (Haapio 2013, 31.). Haastattelututkimus on tehty vuonna 2013, mutta tutkimustulokset ovat edelleen vertailukelpoiset nykypäivän vastaaviin tutkimuksiin, paitsi uudisrakentamisen osuus on kasvanut vuoden 2013 tutkimuksen jälkeen.

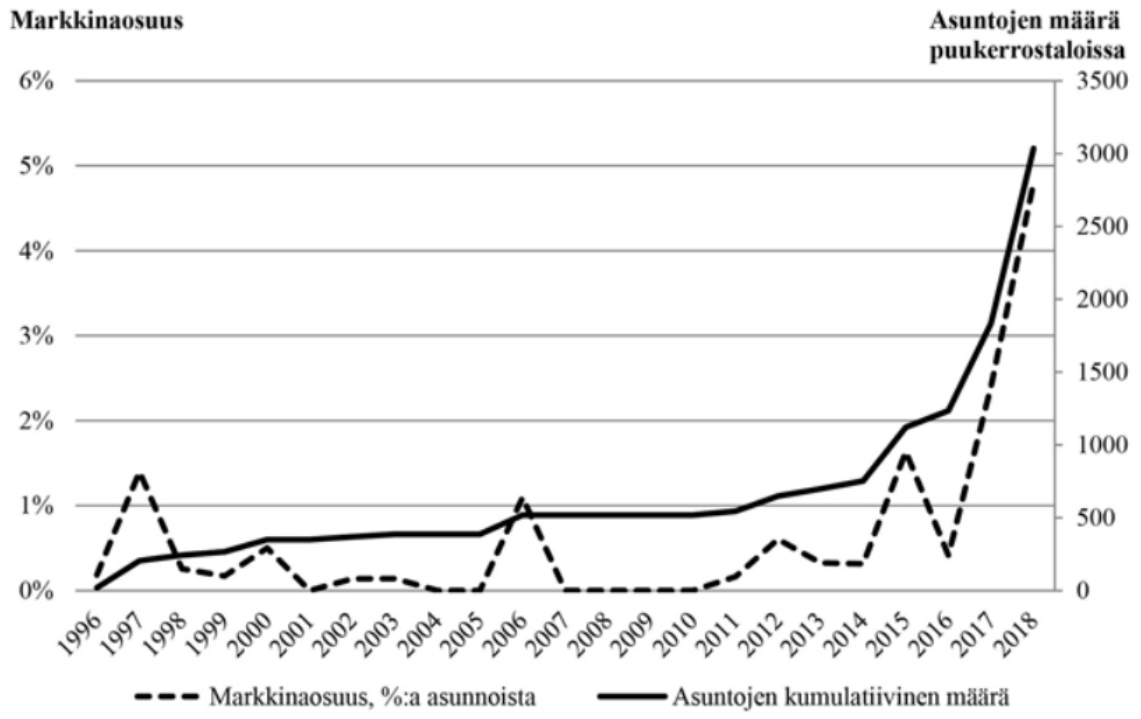
## 6.1 Puukerrostalojen markkinat

Puukerrostalojen rakentaminen on kasvanut viime vuosina, mutta kasvu ei ole ollut läheskään yhtä vahvaa kuin betonikerrostaloissa. Tavoitteena on kuitenkin, että puukerrostalojen markkinaosuus olisi 2020 luvulla 10 prosenttia kerrostalorakentamisesta (Rakennuslehti 2018) Hallitus vauhdittaa puurakentamista tarjoamalla uusia tukia puukerrostalojen rakentamisen tuotantoon ja on asettanut tavoitteeksi puun markkinaosuudeksi 35 prosenttia vuoteen 2025 mennessä. (Ympäristöministeriö, 2020).

ARA-asuntotuotannon rakentamiseen saa käynnistämisavustuksen 20 prosentilla korotettuna, mikäli kerrostalo rakennetaan puusta. Tällä hetkellä rakennettavista kerrostaloista on vain seitsemän prosenttia puukerrostaloja (Yle 2020a.)

Lähivuosina Suomessa meneillään olevia puukerrostalohankkeita on noin 6000 puukerrostaloasuntoa. Puukerrostalojen rakennuslupamäärä kasvoi vuoden 2018 tammihelmikuussa 17 prosenttia, kun vastaavalla ajalla betonikerrostalojen rakennuslupamäärät laskivat kahdeksan prosenttia (Heino 2019a.)

Puurakentamisen markkinaosuus koko asuntorakentamisen osuudesta on viimeisien vuosien aikana kasvattanut ja puukerrostalojen asuntojen määrä on ollut jyrkässä nousussa viimeisten vuosikymmenien aikana. Tästä huolimatta asetettuja tavoitteita ei kuitenkaan olla saavutettu. Kuviosta 3 voidaan todeta puurakentamisen pitkän ajan muutos markkinaosuuteen nähden, joka on oikean suuntainen kehitys puurakentamisen tavoitteiden saavuttamiseksi. (Hurmekoski E, Korhonen J. 2017.)




Kuvio 3. Puukerrostalorakentamisen markkinaosuuden kehitys (Hurmekoski E, Korhonen J. 2017)

## 6.2 Puurakentamisen markkinaosuuden kasvu 2020–2021

Rakentamisen markkina vuonna 2021 oli vahva ja rakentamisen arvo kasvoi 4,7 prosenttia edelliseen vuoteen 2020 verrattuna, jolloin kaikkien kerrostaloasuntojen aloituksia oli 36 407 kappaletta.

Suomessa vuonna 2021 puurakentamisen markkinaosuus kasvoi poikkeuksellisesta markkinatilanteesta huolimatta ja puurunkoisten rakennuksien markkinaosuus oli 30 prosenttia aloitettujen rakennuksien tilavuudesta ja kasvua oli kaksi prosenttia.

Puukerrostalojen rakentamisen kasvu verrattuna 2020 vuoteen oli 19 prosenttia, kuitenkin puukerrostalojen markkinaosuus pysyi saman kuin vuonna 2020. Kaikkien kerrostalojen rakennuslupien määrä kasvoi 9 prosenttia, kun samaan aikaan puukerrostaloille myönnettiin yli 20 prosenttia enemmän rakennuslupia verrattuna vuoteen 2020.

Puurakentamisen osuus julkisessa rakentamisessa kasvoi noin 1,5 prosenttia, kun vastaavasti teollisuusrakentamisessa puurunkoisten rakennuksien määrä nousi 13 prosentilla vuoteen 2020 verrattuna. (Puuteollisuus 2022.)

Pidemmällä aikavälillä julkisissa opetusrakennuksissa on puurakentamisen markkinaosuudessa tapahtunut positiivista kasvua verrattuna vuoteen 2015. Rakentamisen kasvua on tapahtunut noin 10 prosenttia ja markkinaosuuden kasvu on noussut 15 prosenttia tasosta vuoden 2021 25 prosentin tasolle.

## 6.3 Muu puurakentaminen

Vapaa-ajan rakennuksissa ja omakotitaloissa puurakentaminen on markkinajohtaja noin 90 prosentin osuudella. Markkinaosuudessa ei ole juurikaan tapahtunut muutosta viime vuosien aikana (Rakennuslehti 2018).

Muita rakennuskohteita, joissa käytetään puumateriaalia ovat piharakentaminen, rakennuksien ulkoverhoukset, rakennuksien sisäpuoliset rakennelmat, rakenteet ja puuelementit, sekä infrarakentamisessa.

# 7 Puumateriaalin kierrättäminen

Rakentamisessa syntyy vuosittain noin 25 miljoonaa tonnia rakennusjätettä, josta puujätteen osuus on noin 250 000 tonnia, joka syntyy rakentamisen ja purkamisen aikana. Puujäte voidaan luokitella karkeasti kolmeen luokkaan: käsittelemätön puu, käsitelty puu ja kyllästetty puu. Jätemateriaalien tehokas lajittelu lisää jätteen uusiomateriaalin arvoa sekä käyttökohteita ja näin ollen siitä saadaan edullista uusio- ja kierrätysmateriaalia. Uusiomateriaaleja kuten betoni- tai tiilimurskaa voidaan tehokkaasti hyödyntää, kun materiaali on kohtuullisen kuljetusmatkan päässä loppusijoituspaikasta, eikä välivarastointia tarvita. Puun kohdalla yhtenevät kierrätysmuodot eivät ole niin helppoja kuin metallissa ja betonissa. Kierrätyksen kautta uusia liiketoimintamalleja on mahdollista syntyä. (Kivirock 2017.)

## 7.1 Mahdollisuudet

Puurakennuksen purkamisesta syntyy vähän jätettä. Purkamisesta syntyvä puujäte voidaan pääsääntöisesti hyödyntää energiateollisuudessa. Myös muita kierrätyskohteita puumateriaalille voisi olla esimerkiksi liimapuiden tai muiden puuelementtien uudelleen käyttö.

Puun kohdalla ideaali tapa on kierrättää sitä sellaisenaan uuteen käyttötarkoitukseen ja uusiokäyttö on toinen mahdollisuus. Tällöin puu murskataan silpuksi tai muruksi ja siitä puristetaan uusiolevyjä, jolla havitellaan isompia käyttäjäryhmiä Suomessa. Murskattua puuta voitaisiin käyttää esimerkiksi lastulevyn ja kuitulevyn valmistuksen raaka-aineena. Valtion tekninen tutkimuslaitos, VTT, on tutkinut myös pienemmän puun hienontamista ja sen käyttömahdollisuuksia. (Yle 2017.)

Raaka-ainetieto, kestävän kehityksen ja markkinamahdollisuuksien tuntemus ovat puuhuollon ja tuoteratkaisujen perusta

Tutkimus- ja kehittämistyön aihealueina on raaka-aineen saatavuus, ominaisuudet ja soveltuvuus eri käyttötarkoituksiin. Tutkimus on ajankohtainen, kun saha- ja vaneriteollisuuden kotimainen raaka-ainepohja on muuttumassa viljelypuun ja harvennuspuun tarjonnan kasvaessa.

Puumarkkinoiden ja liiketalouden tutkimuksissa tunnistetaan uusia markkina-alueita, kartoitetaan asiakasryhmiä ja niiden erityistarpeita, kehitetään tuotteita eri käyttökohteisiin ja palveluiden yhdistelmiä.

Puumateriaalin ja -tuotteiden ominaisuuksia parantamalla, sekä resurssien käyttöä tehostamalla parannetaan yritysten ja tuotteiden kilpailukykyä. Asumisessa ja rakentamisessa ympäristön, terveys- ja turvallisuutta tulisi vielä kehittää esimerkiksi standardisoimalla ja rakentamisen normituksilla. (Luke 2021)

## 7.2 Puumateriaalin kierrättämisen haasteet ja esteet

Kierrätysmateriaalien hyötykäytön haasteena voidaan pitää ihmisien ennakkoluuloisuutta kierrätysmateriaaleja kohtaan. Lisäksi haasteena ovat joidenkin kierrätysmateriaalien heikot ominaisuudet, uusiomateriaalien valmistuksesta aiheutuvat ympäristövaikutukset ja aiemmat huonot kokemukset kierrätysmateriaaleista.

Luotettavan ja riittämättömän tiedon puutteen vuoksi kierrätysmateriaalien käyttäminen on jopa kielletty joissakin rakennushankkeissa. Ympäristöystävällinen rakentaminen koettiin myös kalliimmaksi kuin perinteinen rakentaminen.

Haasteita puun kierrätykselle asettaa pitkät kuljetusmatkat sekä puun eri jätemuodot kuten pitkä puutavara, liimapuu, levymäisyys ja erisuuruiset kappaleet (Yle 2017).

Puujätteen kierrättäminen uudelleen on kallista ja hiilijälki olisi suuri. Näin ollen on edullisempaa kierrättää puujäte polttamalla energiaksi.

# 8 Paloturvallisuus

Rakennushankkeen alussa on varmistettava, että rakennus suunnitellaan ja rakentaminen toteutetaan paloturvalliseksi rakennuksen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla, sekä rajoitettava palon syttymisen vaaraa. Rakennusmateriaaleina on käytettävä ainoastaan paloturvallisuuden kannalta hyväksyttyjä materiaaleja ja soveltuvaa teknistä laitteistoa. Kantavien rakenteiden on palon syttyessä kestettävä palokuorman vähimmäisajan huomioiden rakennuksen sortumisen, turvallisen poistumisen, pelastustoiminnan ja palon sammuttamisen. Palon ja savun leviämistä rakennuksessa ja ympäristöön on pystyttävä rajoittamaan. (Ympäristöministeriö 2022.)

Palon syttyessä rakennuksen on oltava suunniteltu ja rakennettu siten, että rakennuksesta voidaan pelastautua tai vaarassa olevat henkilöt voidaan pelastaa turvallisesti. Lupaviranomainen voi edellyttää laadittavaksi turvallisuusselvityksen vaativissa kohteissa.

# 9 Puun palo-ominaisuudet

## 9.1 Puun syttymislämpötila

Massiivipuun palonkestävyys on erinomainen. Puun syttymisen edellytyksenä on, että puun sisältämän veden on ensin haihduttava. Puun pinta palaa hitaasti ja pinnan hidas hiiltyminen suojelee sisempiä puun kerroksia lämpenemiseltä, sekä samalla puun palamiselta, jolloin massiivipuinen rakenne ei romahda palossa. (Stora Enso 2016, 7.)

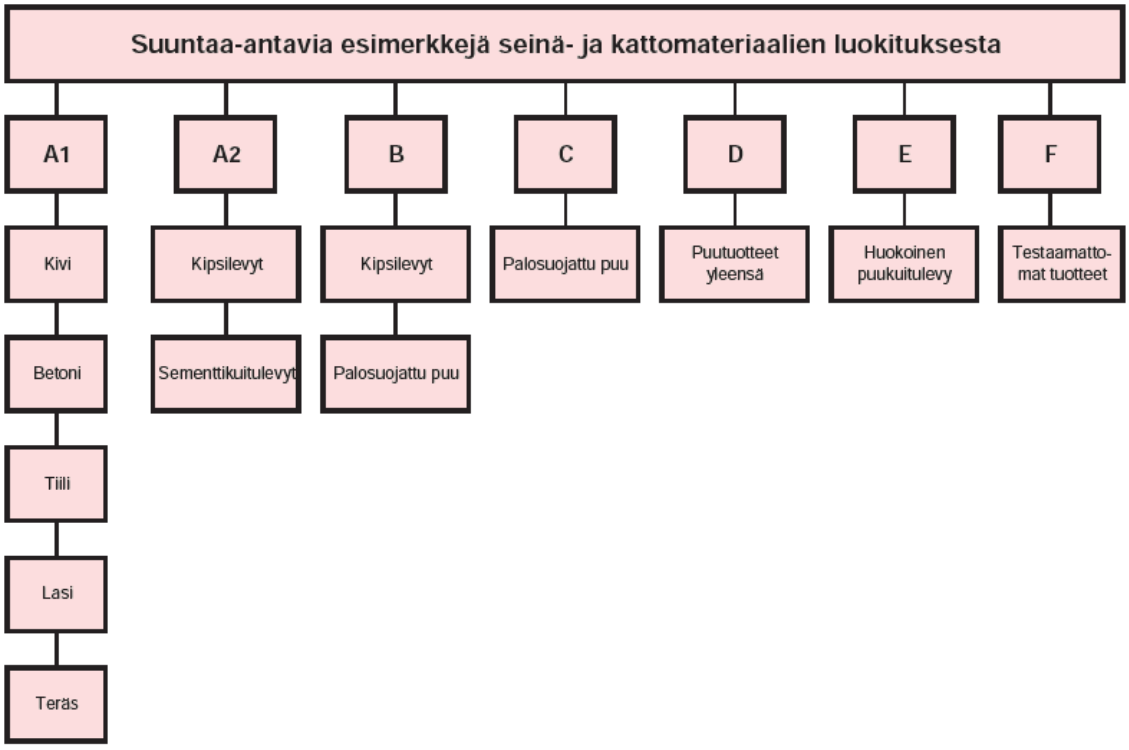
Puun syttymislämpötila on 250–350 celsiusastetta. Tyypillisesti paloteknisessä suunnittelussa puun hiiltyminen Kuva 6 ja syttyminen alkaa 300 celsiusasteessa. Puun syttymislämpötilaan vaikuttaa kuinka kauan puu on alttiina lämmölle kappaleen koko ja sytytyslähteen teho. (Puuinfo 2021, 83.)

Kuva 6. Puun palaminen ja hiilikerroksen muodostuminen (Puuinfo 2021)

## 9.2 Rakennuksen sisäpuoliset materiaalit

Rakennustarvikkeet luokitellaan niiden palo-ominaisuuksien perusteella eri luokkiin. Luokittelussa määritetään materiaalin syttymisherkkyyttä, palon leviäminen, savun ja palavien pisaroiden tuottoa Taulukosta 4 todetaan eri luokkamerkinnät seinä- ja kattomateriaaleille, sekä lattiamateriaaleille luokkamerkinnät kaaviosta 3 ja taulukosta 5. Luokittelussa on

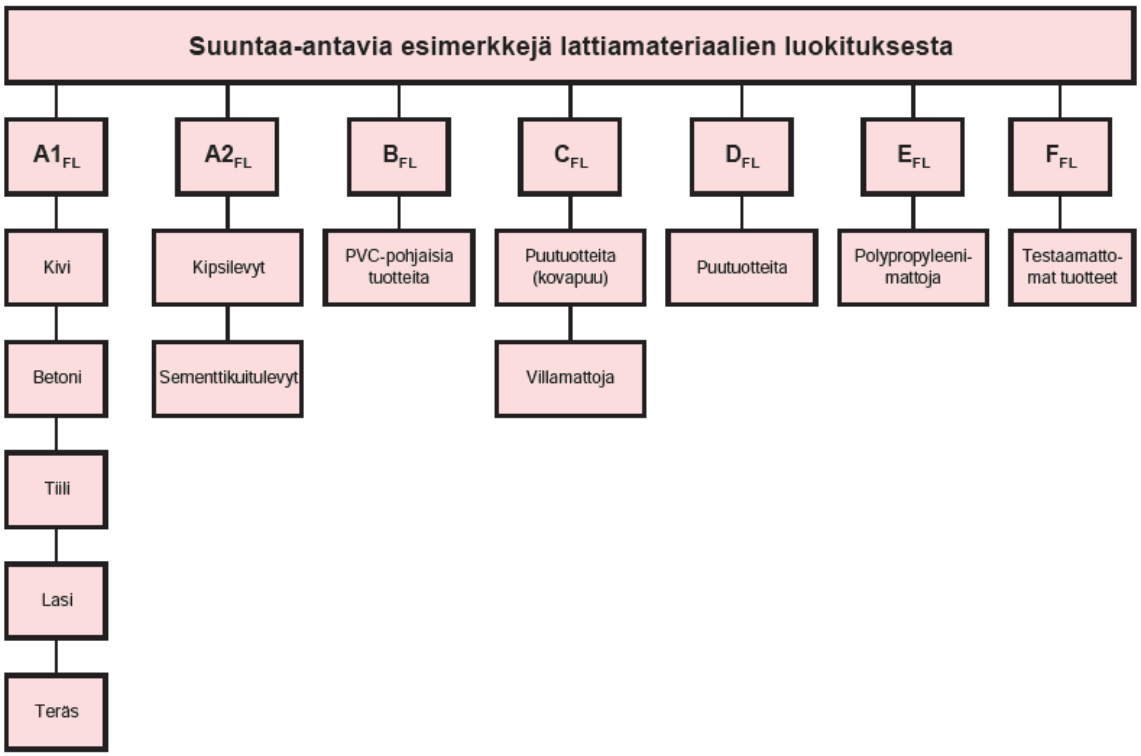
seitsemän eri luokkaa, jotka on nimetty kirjaimilla tai kirjainnumero yhdistelmillä. Kaaviosta 2 todetaan, että vaativin paloluokka on A1, jossa rakennusmateriaalit ovat yksiaineisia palamattomia tuotteita kuten betoni. A2-luokassa materiaali osallistuu paloon erittäin rajoitetusti ja A2-s1, d0-luokan tuotteet koostuvat useammasta osa-aineesta. B-luokan tuotteet osallistuvat paloon hyvin rajoitetusti. C-luokan tuotteet osallistuvat paloon rajoitetusti. D-luokassa paloon osallistuminen on hyväksyttyä ja puumateriaali yleensä kuuluu D-luokkaan. E-luokkaan kuuluvat tarvikkeet, joiden käyttäytyminen palossa on hyväksyttävää. Mikäli tuote ei polttokokeiden perusteella täytä E-luokan vaatimuksia, niin tuotteet luokitellaan F-luokkaan. (Puuinfo 2021, 23.)




Kaavio 2. Seinä- ja kattomateriaalien jakautuminen luokkiin (Puuinfo 2021)

| Osallistuminen paloon | | Savun tuotto | | Palavien pisaroiden ja osien tuotto | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Kuvaus** | **Merkintä** | **Kuvaus** | **Merkintä** | **Kuvaus** | **Merkintä** |
| Ei osallistu paloon | A1 | Erittäin vähäinen<br>Vähäinen<br>Muu kuin s1 tai s2 | s1<br>s2<br>s3 | Ei esiinny<br>Nopeasti sammuvia esiintyy<br>Muu kuin d0 tai d1 | d0<br>d1<br>d2 |
| Osallistuu erittäin rajoitetusti | A2 | | | | |
| Osallistuu hyvin rajoitetusti | B | | | | |
| Osallistuu rajoitetusti | C | | | | |
| Osallistuminen hyväksyttävää | D | | | | |
| Käyttäytyminen hyväksyttävää | E | | | | |
| Käyttäytymistä ei ole määritetty | F | | | | |

Taulukko 4. Rakennustarvikkeiden luokkamerkinnät yleisesti (Puuinfo 2021)




Kaavio 3. Lattiamateriaalien jakautuminen luokkiin (Puuinfo 2021)

| Osallistuminen paloon | | Savun tuotto | |
|---|---|---|---|
| **Kuvaus** | **Merkintä** | **Kuvaus** | **Merkintä** |
| Ei osallistu paloon | $A1_{FL}$ | Rajoitettu<br>Muu kuin s1 | s1<br>s2 |
| Osallistuu erittäin rajoitetusti | $A2_{FL}$ | | |
| Osallistuu hyvin rajoitetusti | $B_{FL}$ | | |
| Osallistuu rajoitetusti | $C_{FL}$ | | |
| Osallistuminen hyväksyttävää | $D_{FL}$ | | |
| Käyttäytyminen hyväksyttävää | $E_{FL}$ | | |
| Käyttäytymistä ei ole määritetty | $F_{FL}$ | | |

Taulukko 5. Lattiapinnoitteiden luokkamerkinnät (Puuinfo 2021)

# 10 Paloturvallisuusmääräykset

## 10.1 Rakennusten paloluokitus

Rakennukset jaetaan neljään eri paloluokkaan, jotka ovat P0, P1, P2 ja P3 Taulukko 6. Paloluokkia P1, P2, P3 käytetään, kun rakennus suunnitellaan palomääräyksiä taulukkomitoituksen lukuarvoja noudattaen. Kun rakennuksen suunnittelu pohjautuu osittain tai kokonaan oletettuun palonkehitykseen, niin silloin rakennus kuuluu P0-paloluokkaa. (Puuinfo 2021, 9.)

Kun poistumisturvallisuus tai rakenteiden palokestävyys perustuu toiminnalliseen palomitoitukseen, rakennus kuuluu paloluokkaan P0. Vastaavasti rakennus ei kuulu P0-paloluokkaan, jos toiminnallisella palomitoituksella on vähäinen poikkeama taulukkomitoituksen luokkiin ja lukuarvoihin. Mikäli palon leviäminen on estetty osastojen väillä palomuurilla, niin rakennuksen eri osastot voivat kuulua eri paloluokkiin (Puuinfo 2021, 9.)

Taulukossa 6 on esitetty eri paloluokkien kuvaukset ja tyypilliset rakennuskohteet, kun rakennus suunnitellaan noudattaen paloluokkia sekä taulukkomitoituksen lukuarvoja.

| Paloluokka | Kuvaus | Tyypillisiä rakennuskohteita |
|---|---|---|
| P0 | • Toiminnallisen palomitoituksen mukaan (henkilömäärää ja palokuormaa koskevat tiedot ilmoitettava) | • Yli 28 m korkea asuinrakennus<br>• Yli 28 m korkea työpaikkarakennus |
| P1 | • Rakennuksen kantavien rakenteiden oletetaan kestävän sortumatta palon ja jäähtymisvaiheen aikana ilman, että paloa sammutetaan (yleensä yli 2-kerroksisessa rakennuksessa)<br>• Rakennuksen kokoa ja henkilömäärää ei ole rajoitettu | • Rakennukset, jotka eivät ole sallittuja paloluokissa P2 ja P3 |
| P2 | • Rakennuksen kantavien rakenteiden vaatimukset voivat olla P1-paloluokkaa lievemmät<br>• Riittävä turvallisuustaso saavutetaan asettamalla vaatimuksia erityisesti pintaosien ominaisuuksille ja paloturvallisuutta parantaville laitteille<br>• Rakennuksen kokoa ja henkilömäärää on rajoitettu käyttötarkoituksesta riippuen | • Enintään 8-kerroksinen 28 m korkea asuinrakennus<br>• Enintään 8-kerroksinen 28 m korkea hoitolaitos (pois lukien suljettu rangaistuslaitos)<br>• Enintään 8-kerroksinen 28 m korkea majoitusrakennus<br>• Enintään 8-kerroksinen 28 m korkea työpaikkarakennus<br>• Enintään 4-kerroksinen 14 m kokoontumis- ja liikerakennus<br>• 1-kerroksinen tuotanto- ja varastorakennus [1)] |
| P3 | • Rakennuksen kantavilta rakenteilta ei yleisesti vaadita palonkestävyyttä, joitakin tapauksia lukuun ottamatta (esimerkiksi osastoivilla rakenteilla myös R-vaatimus)<br>• Riittävä turvallisuustaso saavutetaan rajoittamalla rakennuksen kokoa ja henkilömäärää käyttötarkoituksesta riippuen | • Enintään 2-kerroksinen 9 m korkea asuinrakennus (kerrokset samaa palo-osastoa)<br>• Enintään 1-kerroksinen 9 m korkea hoitolaitos<br>• Enintään 2-kerroksinen 9 m korkea majoitusrakennus<br>• Enintään 2-kerroksinen 9 m korkea työpaikkarakennus<br>• Enintään 2-kerroksinen 9 m korkea kokoontumis- ja liikerakennus<br>• 1-kerroksinen 14 m korkea tuotanto- ja varastorakennus [1)] |

[1)] Pääosin 1-kerroksisessa rakennuksessa toisen kerroksen tasolle saa sijoittaa osastoituna enintään 200 m² ja osastoimattomana enintään 50 m² oleellisesti rakennuksen toimintaan liittyviä tiloja.

Taulukko 6. Paloluokat (Puuinfo 2021)

Rakennuksen olennaisten vaatimuksien katsotaan täyttävän, rakennus on suunniteltu palomääräysten taulukkomitoituksella. Olennaiset paloturvallisuuden vaatimukset esitetty taulukossa 7.

| Olennainen vaatimus | Pääasiallisia tekijöitä paloturvallisuuden suunnittelussa | |
|---|---|---|
| Kantavilla rakenteilla tulee olla vaadittu palonkestävyys | • Rakennuksen paloluokka<br>• Palokuormaryhmä<br>• Rakennusosien kantavuus R | |
| Palon ja savun kehittyminen ja leviäminen tulee olla rajoitettua | • Rakennuksen paloluokka<br>• Palo-osaston koko<br>• Rakennusosien osastoivuus EI<br>• Sisäpuolisten pintojen luokka | • Julkisivun ja parvekkeiden pintojen luokka<br>• Katteen luokka<br>• Suojaverhous<br>• Sprinklaus |
| Palon leviäminen viereisiin rakennuksiin tulee rajoittaa | • Suojaetäisyys viereisiin rakennuksiin<br>• Julkisivun ja parvekkeiden pintojen luokka<br>• Katteen luokka | • Palomuuri<br>• Ulkovaipan osastoivuus EI<br>• Sprinklaus |
| Palotilanteessa henkilöiden tulee voida poistua rakennuksesta tai heidät tulee voida pelastaa muiden avustuksella | • Rakennuksen paloluokka<br>• Henkilömäärä rakennuksessa<br>• Rakennuksen pinta-ala<br>• Rakennuksen korkeus<br>• Poistumisteiden rakennusosien kantavuus R<br>• Poistumisteiden rakennusosien osastoivuus EI<br>• Poistumisteiden lukumäärä | • Varapoistumistie<br>• Poistumisteiden mitat<br>• Poistumisteiden pintojen luokka<br>• Poistumisteiden merkinnät ja valaistus<br>• Palovaroittimet<br>• Paloilmaisimet<br>• Savupoisto<br>• Ovien avautumissuunnat<br>• Sprinklaus |
| Pelastushenkilöstön turvallisuus tulee ottaa huomioon | • Rakennuksen paloluokka<br>• Rakennusosien kantavuus R<br>• Rakennusosien osastoivuus EI<br>• Pelastustiet | • Sammutusreitit<br>• Savunpoisto<br>• Sprinklaus |

Taulukko 7. Olennaiset vaatimukset paloturvallisuuden suunnittelussa (Puuinfo 2021)

## 10.2 Palomääräyksien muutos 1.1.2021

Ympäristöministeriön tekemä asetusmuutos 1.1.2021 edistää hallitusohjelmassa asetettujen puurakentamisen tavoitteiden saavuttamista, materiaalineutraaliutta, poisti osan perusteettomista vaatimuksista ja selkeyttää määräysten tulkintaa, sekä alentaa puurakentamisen kustannuksia. Asetusmuutos poisti enintään kaksikerroksisen P2-paloluokan sisäpuolisen suojaverhousvaatimuksen hirsi- ja massiivipuuseinältä.

Jatkossa asetusmuutos helpottaa hirsirakenteisten ja muiden massiivipuuseinäisten rakennuksien suunnittelua, sekä mahdollistaa P2-paloluokassa rakennuksen sisällä enemmän näkyviin jäävää puupintaa (Puuteollisuus 2020).

# 11 Palosuojaus ja turvallisuus

## 11.1 Sprinklerijärjestelmät ja suuttimet

Sprinklerijärjestelmä kehitettiin 1800-luvun alkupuolella, mutta ensimmäinen käytännössä toimiva automaattinen sprinklerijärjestelmä kehitettiin vuonna 1874, kun keksittiin automaattinen sprinklerinsuutin. Myöhemmin kehitettiin lasiampulliin perustuva sprinklerisuutin, joka on edelleen käytössä nykyaikaisissa sprinklerijärjestelmissä. (Puuinfo 2021, 79.)

Sprinkleriputkistossa on jatkuva paineenalainen vesi suuttimelle asti, mutta poikkeuksena on kuivasuutin, jossa laukaisumekanismi on lämpimässä tilassa. Kuivasuuttimia käytetään kylmissä tiloissa, kuten parvekkeissa Kuva 7.

Tavallisesti sprinklerijärjestelmän putkistossa käytetään sinkittyä tai maalattua teräsputkea. Runkoputkien halkaisijat vaihtelevat 65 mm:n ja 150 mm:n välillä ja jakoputkisto 25 mm:n ja 50 mm:n välillä. Runko- ja jakoputkistossa käytetään 2–5 baarin putkistopainetta. Putket voidaan asentaa piiloon rakenteisiin ja käyttämällä rakenteisiin upotettavia suuttimia saadaan myös suuttimet piilotettua suojakansien taakse. (Puuinfo 2021, 79.)

Kuva 7. Perinteinen sprinklerijärjestelmän suuttimia. Oikealla kylmän tilan kuivasuutin (Puuinfo 2021)

Vesisumusprinkleriä on kahta erityyppistä järjestelmää matalapainevesisumujärjestelmä ja korkeapainevesisumujärjestelmä. Vesisumujärjestelmissä putkistot rakennetaan ruostu-

mattomasta teräsputkesta. Runkoputkien halkaisijat vaihtelevat 16 mm:n ja 38 mm:n välillä ja jakoputkisto 12 mm:n ja 16 mm:n välillä. Matalapainejärjestelmässä verkoston putkistopaine on 5–16 bar ja korkeapainejärjestelmässä putkistopaine on 35–140 bar.

Vesisumusprinkleri käyttää perinteistä sprinklerijärjestelmää vähemmän vettä, koska sammutusmekanismi on erilainen perinteisessä järjestelmässä. Tästä huolimatta sammutustehon on vähintäänkin saman veroinen kuin perinteisessä järjestelmässä. Kuvassa 8 sekä kuvassa 9 on esitetty matala- ja korkeapainesumujärjestelmän suuttimia.

Matala- ja korkeapainejärjestelmien sammutusmekanismi perustuu seuraaviin tekijöihin:

- hienojakoinen vesisuihku leviää kolmiulotteisesti täyttäen palotilan täydellisesti
- vesisumu vähentää lämpösäteilyä rajoittaen sekä sammuttaen paloa
- vesisumu sitoo lämpöenergiaa samalla jäähdyttäen palotilaa
- vähentäen palotilassa olevaa happea. Höyrystyessään vesipisarat laajenevat 1700-kertaiseksi, jolloin palotilan happi vähenee.

Kuva 8. Matalapainesumujärjestelmän suuttimia. Oikealla kylmän tilan kuivasuutin (Puuinfo 2021)

Kuva 9. Korkeapainesumujärjestelmän suuttimia (Puuinfo 2021)

Yli kaksikerroksiseen puukerrostaloon on rakennettava sprinklausjärjestelmä, eli automaattinen sammutusjärjestelmä. Sprinklauksen ansioista syntynyt asuinhuoneistopalo saadaan nopeasti hallintaan ja jäähdytettyä alkanutta paloa sekä sammutettua palon kokonaan. Automaattinen sammutusjärjestelmä suunnitellaan kattavan rakennuksen kaikki tilat. Yli 2-kerroksiesen P2-paloluokan rakennuksissa puurakenteiset parvekkeet pitää sprinklata, mikäli ne on suunniteltu varapoistumistieksi.

Sprinklerilaitteistoja sekä niiden suunnittelua, asennusta ja huoltoa säädellään voimassa olevilla standardeilla. Laitteiston valmistaja vastaa sprinklerijärjestelmän standardinmukaisuudesta. (Puuinfo 2021, 80.)

Sprinklerisuunnittelu toteutetaan yhteistyössä alan erikoisuunnittelijan, rakennesuunnittelijan ja talotekniikkasuunnittelijan kanssa. Suunnittelu alkaa lähtötietojen kartoittamisella, joita ovat vaadittava paloluokka, suojattavien tilojen mittatiedot ja sprinklerin toiminta-aika.

Sprinklerisuunnittelussa keskeisimpiä asioita:

- putkiston ja suuttimien optimaalinen sijoittelu
- mitoituspinta-alat
- pumpun optimaalinen mitoitus ja sijoitus

- vesilähteiden mitoitus ja näiden tyypit
- erinäiset laskelmat, kuten painehäviö
- rakennuksen paloluokka.

Sprinklerijärjestelmän eri komponentit:

- vesipiste
- pumppuyksiköstä
- venttiileistä ja suluista
- putkistoista
- suuttimista.

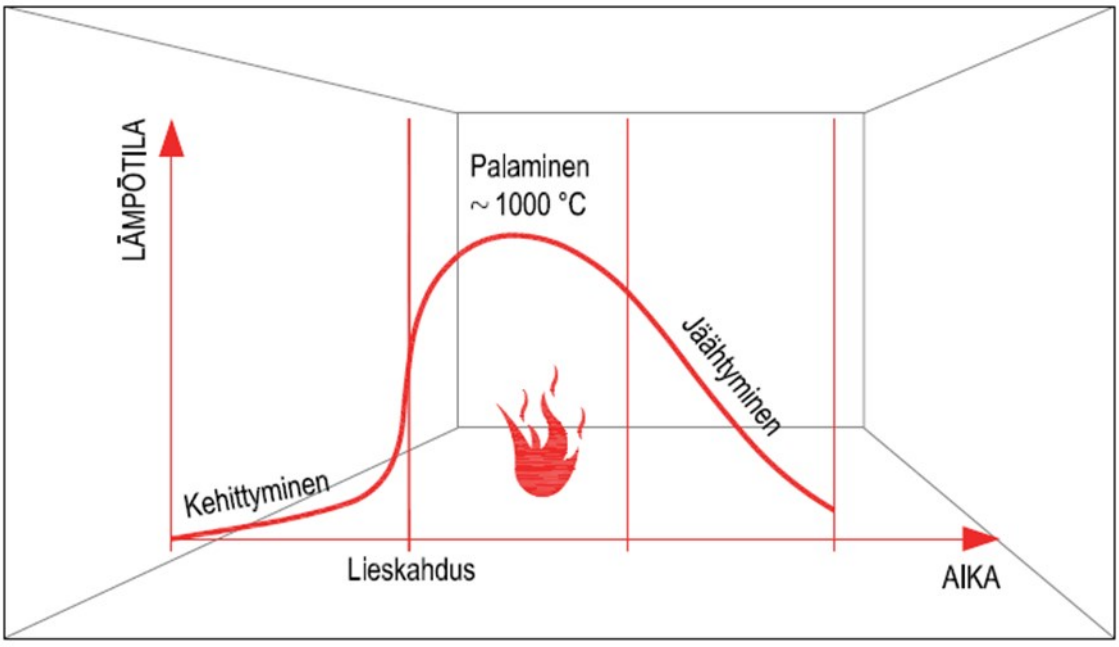
# 12 Palon kehittyminen sisätiloissa

Sprinklerit ovat luotettava sammutusjärjestelmiä, kun noudatetaan suunnitteluohjeita, komponenttien vaatimustenmukaisuuteen ja sammutusjärjestelmä huolletaan säännöllisesti. Nykyaikaisemmat laitteistot ovat luotettavampia kuin vanhat järjestelmät ja nykyaikaisten sprinklerilaitteiston luotettavuusarvio on 98,1 prosenttia. (Puuinfo 2021, 7.)

## 12.1 Sprinklaamaton huoneisto

Sprinklaamattomassa tilassa, joissa ei ole sammutussprinklereitä palon kehittyminen on hyvin nopeaa. Pienissä tiloissa, kuten asuinhuoneissa palo pääsee kehittymään ja täydellinen palokuorma saavutetaan nopeasti, jolloin kaikki palava materiaali palaa täydellisesti. Tämä voi tapahtua 3–4 minuutin aikana liekehtivän palon syttymisestä, jolloin lämpötila on saavuttanut yli 500 celsiusasteen ja savukaasut täyttäneet palotilan. (Puuninfo 2021, 7.)

Usein palo saavuttaa täyden mittakaavan, jolloin palamislämpötila on noin 1000 celsiusastetta kuvio 4. Tuli tarvitsee palaakseen happea ja mikäli paloa ei saada ajoissa hallintaan saattaa ikkunoita rikkoutua, jolloin palo saa lisää happea ja palon sammuttaminen vaikeutuu. (Puuinfo 2021, 7.)



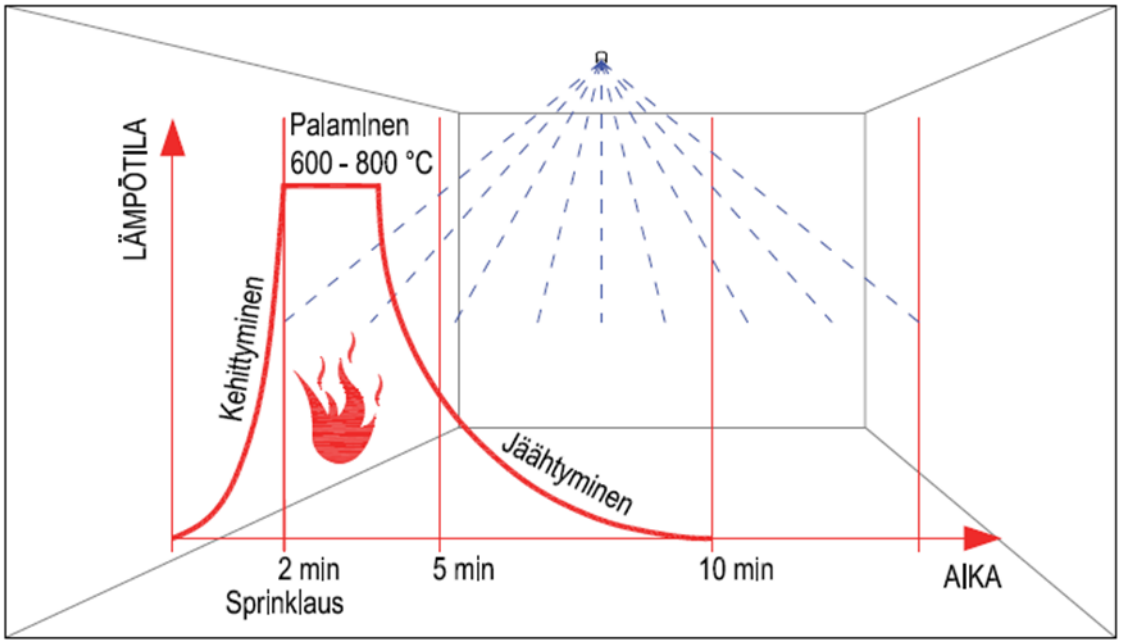

Kuvio 4. Palon kehittymisen yleiskuvaus sprinklaamattomassa asuinhuoneistossa (Puuinfo 2021)

## 12.2 Sprinklattu huoneisto

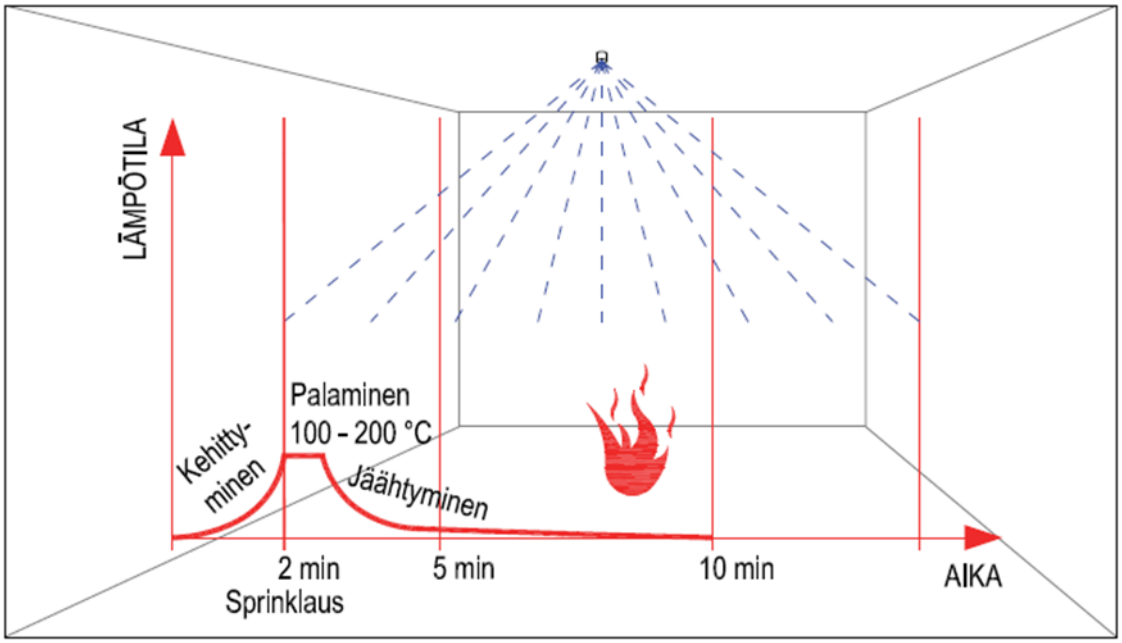
Nykyaikaisella sprinklauksen avulla saadaan palotila hallintaan jo ensimmäisien palominuuttien aikana, eikä palo ehdi kehittyä täyteen mittaan. Tämän vuoksi saadaan ehkäistyä henkilövahinkoja ja materiaalivahinkoja. (Puuinfo 2021, 7.)

Kuviossa 5 sekä kuviossa 6 todetaan, miten Sprinkleri laukeaa palotilassa 1–2 minuutin sisällä palon alkamisesta, jolloin palo ei saavuta täyttä mittakaavaa, vaan lämpötila käy hetkellisesti 600–800 celsiusasteessa. Kun palokuorma ei kerkeä saavuttamaan täyttä mittakaavaa, niin palon sammuttaminen ja jäähdyttäminen tapahtuu nopeasti. (Puuinfo 2021, 7.)

Palon saaminen hallintaan mahdollisimman nopeasti palon syttymisestä estää laajat savu- ja palovahingot palotilassa ja viereisissä tiloissa. Palon jälkeiset korjaustoimenpiteet jäävät vähäisiksi ja ovat yleensä paikallisia. Palovahinkojen lisäksi vahingot ovat savu- ja vesivahinkoja, jotka aiheutuvat Sprinklerin käyttämästä sammutusvedestä. (Puuinfo 2021, 7.)



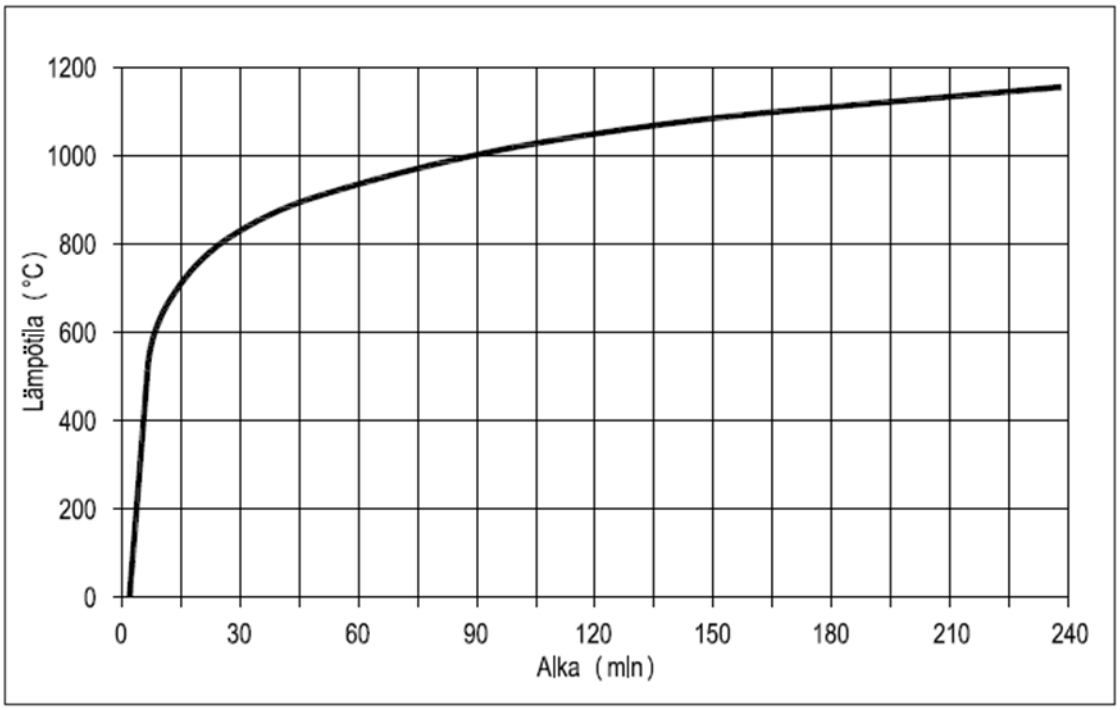

Kuvio 5. Palon kehittymisen yleiskuvaus sprinklatussa asuinhuoneistossa paloalueen kohdalta tarkasteltuna (Puuinfo 2021)




Kuvio 6. Palon kehittymisen yleiskuvaus sprinklatussa asuinhuoneistossa paloalueen ulkopuolelta tarkasteltuna (Puuinfo 2021)

## 12.3 Standardipalokäyrä

Rakennuksen rakenteiden palomitoituksena pohjana toimii standardin ISO 834 mukainen palokäyrä, josta käytetään tavallisesti nimitystä standardipalokäyrä. Standardipalokäyrä kuvio 7 kuvaa palotilan lämpötilan nousua ajan funktiona. Standardipalokäyrä pohjautuu vuoden 1918 tehtyihin polttokokeisiin, eikä käyrä huomioi palokuorman palamista loppuun, eikä tästä seuraavaa palotilan jäähtymistä. (Puuinfo 2021, 8.) Kuvasta 10 nähdään CLT-levyn hiiltyminen polttokokeen jälkeen.




Kuvio 7. Standardipalokäyrä (Puuinfo 2021)

Standardipalokäyrä toimii rakenteiden paloluokituksessa ja myös perustana eurokoodin palomitoitusmenetelmälle. Lämpötilakäyrään vaikuttavat erinäiset asiat kuten tilan koko, lasipintojen pinta-ala, muoto, palokuorma ja sammutuslaitteistot. Tästä johtuen todellinen palotilan lämpötilankäyrä vaihtelee tapauskohtaisesti. Standardipalokäyrän tarkoituksena onkin, että sen perusteella voidaan päätellä perustapauksien palotapahtumaa huomioiden perusmuuttujat ja antaa edellytykset taulukkomitoitusmaiseen rakenteiden paloturvallisuussuunnitteluun. Standardipalokäyrään perustuva taulukkomitoitus soveltuu tiloihin, jotka ovat samankaltaisia sekä pieniä, kuten kerrostalon asuinhuoneistot ovat. (Puuinfo 2021, 8.)

Kuva 10. CLT-levyn delaminoituminen polttokokeessa (puuinfo 2021)

# 13 Paloturvallisuuden suunnittelu

Paloturvallisuuden suunnittelun pohjana käytetään tieteellistä tietoa ihmisen käyttäytymisestä palotilanteessa, tulipalon syttymisestä, leviämisestä, palon hallinnasta sammutukseen asti. Näiden tieteellisten tietojen pohjalta valmistetaan suunnitelmat ihmisten, materiaalien, omaisuuden ja ympäristön suojelemiseksi tulipalon aiheuttamilta onnettomuuksilta ja menetyksiltä.

Suunnittelussa koko rakennuksen elinkaari pyritään ottamaan huomioon muutoksineen ja vaihteluineen. Suunnitelmat tehdään yhteistyössä paloteknisen insinööritoimiston suunnittelijoiden, rakennuttajan ja viranomaisten kanssa. Suunnittelussa otetaan huomioon eri uhkakuvat, joita tarkastellaan kriittisesti. Lisäksi arvioidaan miten ja milloin palo voi syttyä. Puun eri ominaisuudet otetaan huomioon, sillä puukerrostaloa ei voida suunnitella samoilla periaatteilla, kuin betonirunkoista taloa. Suunnitelmissa arvioidaan, kuinka nopeasti palo kehittyy, kuinka suuri palokuorma on ja palon kestoajan. Suunnittelussa huomioidaan palotilan henkilöiden lukumäärä palon tapahtuessa ja minkälaisia vahinkoja mahdollinen tulipalo voi aiheuttaa rakennukselle, irtaimistolle sekä ympäristölle. Asiakirjat ja dokumentointi toiminnallisesta palomitoituksesta tarvitaan rakennuslupakäsittelyä varten, sekä muiden suunnittelijoiden, rakennuttajan, urakoitsijan ja rakennuksen omistajan käyttöön. (Puuinfo 2021, 13–14.)

Toiminnallisen palomitoituksen hyväksymiskriteerit johdetaan olennaisista vaatimuksista. Kantavilla rakenteilla tulee olla vaadittu palonkestävyys, palon ja savun kehittyminen, sekä leviämistä rajoitetaan ja palon leviäminen viereisiin rakennuksiin rajoitetaan, palotilanteessa henkilöiden tulee voida poistua rakennuksesta tai heidät tulee voida pelastaa muiden avustuksella, sekä pelastushenkilöstön turvallisuus huomioidaan suunnittelussa. (Puuinfo 2021, 14.)

## 13.1 Palokuorma

Palokuorma tarkoittaa kokonaislämpöenergiaa, joka vapautuu, kun palotilassa oleva materiaali palaa täydellisesti. Palokuormaan luetaan runkoa jäykistävät, kantavat, osastoitavat ja muut rakennusosat, sekä irtaimisto. Palokuorman tiheys ilmaistaan megajoulea lattianeliömetriä kohden (MJ/m²). Rakennuksen palokuorma määräytyy pääkäyttötarkoituksen mukaan, joka voidaan määrittää laskelmallisesti standardeissa määritettyjen ohjeiden pohjalta. Palo-osastojen palokuormat voidaan määrittää erikseen, sekä mitoittaa rakenteet tämän mukaisesti. (Puuinfo 2021, 12.)

Palokuorma määritetään pääkäyttötarkoituksen mukaan ja P0-paloluokassa toiminnallinen palomitoitus määritetään aina. Palonkehityksen tarkastelua varten tarvitaan palokuorman lisäksi tietoja palokuorman sijainnista ja palamisominaisuuksista. Palokuormaa ei tarvitse erikseen määrittää palomääräysten taulukkomitoitusta käytettäessä. P1-paloluokan rakennukset on jaettu taulukkomitoituksessa erilaisiin palokuormaryhmiin taulukon 8 käyttötarkoituksen perusteella. Taulukkomitoitus tapahtuu P1-paloluokan rakennuksessa valitsemalla kyseisen tilan palokuormaryhmä ja tarkastellaan valitun palokuormaryhmän taulukoita ja lukuarvoja. Paloluokissa P2- ja P3- ei ole tilojen jaottelua palokuormaryhmiin. (Puuinfo 2021, 12.)

| Palokuormaryhmä | Esimerkkejä tilan käyttötavoista |
|---|---|
| yli 1200 MJ/m² | • Erillisiä palo-osastoja olevat varastot, joiden koko > 50 m²<br>• Erillisiä palo-osastoja olevat varastot<br>• Tuotanto- ja varastotilojen palokuorma määritetään tapauskohtaisesti |
| vähintään 600 MJ/m²<br>enintään 1200 MJ/m² | • Myymälä (palo-osasto > 300 m²)<br>• Näyttelyhalli<br>• Kirjasto<br>• Asuinrakennuksen irtainvarastoja sisältävä palo-osasto<br>• Moottoriajoneuvojen korjaus- ja huoltotila<br>• Varasto, jonka koko ≤ 50 m² |
| alle 600 MJ/m² | • Asunto<br>• Majoitustila<br>• Hoitolaitos<br>• Työpaikkatila<br>• Autosuoja<br>• Ravintola<br>• Koulu<br>• Liikuntahalli<br>• Teatteri<br>• Kirkko<br>• Päiväkoti<br>• Päivähoitolaitos<br>• Myymälä (palo-osasto ≤ 300 m²) |

Taulukko 8 Palokuormaryhmät P1-paloluokassa (Puuinfo 2021)

## 13.2 Taulukkomitoitus

Puurunkoiset rakennukset voidaan toteuttaa kaikissa paloluokissa ja tyypillisten puurunkoisten palotekniset vaatimukset on esitetty palomääräysten taulukkomitoituksessa. Tau-

lukoihin kootut vaatimukset on esitetty helpottamaan puurunkoisten rakennuksien paloluokan ja rakennusmateriaalien valintaa suunnittelun näkökulmasta. Puurungolla tarkoitetaan CLT-levyrunkoa, LVL-levyrunkoa, puurankarunkoa, ja hirsirunkoisia rakennuksia. (Puuinfo 2021, 13.)

Puurunkoisen rakennuksen voi palomääräysten taulukkomitoituksen mukaan toteuttaa P1-paloluokassa enintään kaksikerroksisena. Mikäli halutaan toteuttaa yli kaksikerroksinen puurunkoinen rakennus P1-paloluokassa, vaativissa puurakenteissa tai monimutkaisissa rakennuskohteissa tulee suunnittelun perustua oletettuun palonkehitykseen eli toiminnalliseen palomitoitukseen, jossa palomitoituksen avulla voidaan tehdä taulukkomitoituksesta poikkeavia ratkaisuja. (Puuinfo 2021, 13–14.)

## 13.3 Toiminnallinen palomitoitus

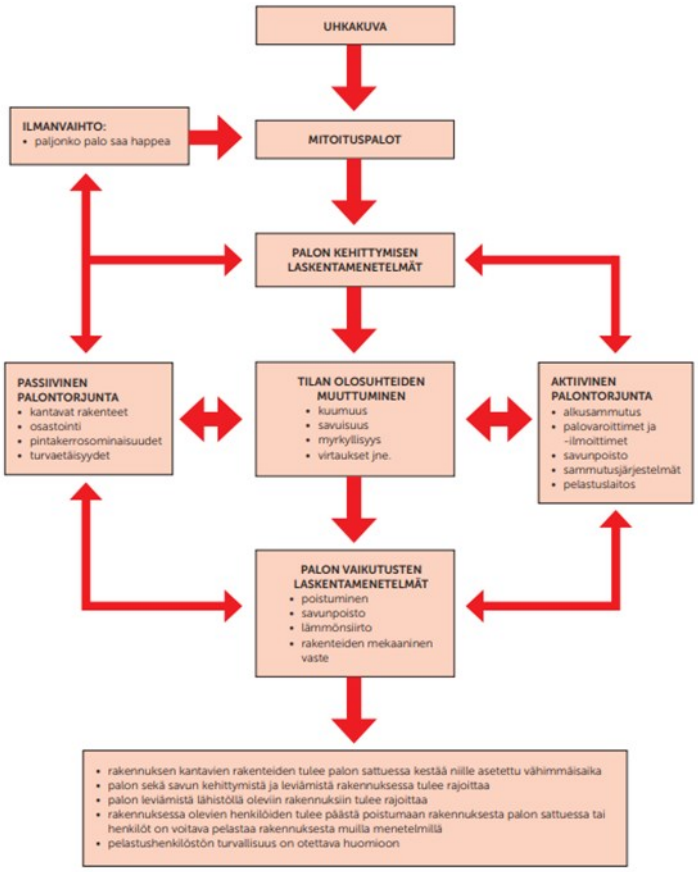
Toiminnallinen palomitoitus ja paloturvallisuussuunnittelu lisättiin Suomen rakentamismääräyskokoelmaan vuonna 1997, joka on eurooppalaisissa ja kansallisissa määräyksissä hyväksytty suunnittelujärjestelmä, jolla varmennetaan rakennuksien paloturvallisuus. Kun asuinrakennukset suunnitellaan ja rakennetaan asetuksen (848/2017 ja 927/2020) luokituksien ja lukuarvojen mukaisesti, rakennus täyttää sille paloturvallisuuden osalta vaaditut vaatimukset (Mikkola 2019, 31.)

Toiminnallista palomitoitusta voidaan käyttää tasavertaisena menetelmänä taulukkomitoituksen rinnalla, kun suunnitellaan palomääräyksien mukaisia puurunkoisia rakennuksia. Toiminnallisen palomitoituksen vaatimuksien täyttyminen todetaan aina tapauskohtaisesti huomioiden rakennuksen käyttö, ominaisuudet ja aktiiviset sekä passiiviset palontorjuntamenetelmät. Aktiivisia palontorjuntamenetelmiä ovat esimerkiksi palovaroitin, savunpoisto, alkusammutus- ja sprinklerijärjestelmät. Passiivisia palontorjuntamenetelmiä ovat osastoinnit, suojaetäisyydet, materiaalien palo-ominaisuudet ja palokatkot. (Puuinfo 2021, 13, 14, 22.)

Tietomalleja voidaan hyödyntää paloturvallisuuden suunnittelussa. Tietomallipohjaisia malleja voidaan käsitellä ja hyödyntää tulipalotilanteen simuloinnissa sekä toiminnallisessa paloturvallisuussuunnittelussa. Mallinnuksella voidaan laskea ja mitoittaa rakenteiden paloteknisiä ominaisuuksia ja tutkia turvallisia poistumisreittejä. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 30.)

Toiminnallisen palomitoituksen pohjalta voidaan tehdä poikkeavia ratkaisuja palomääräysten taulukkomitoituksesta. Osa rakennuksista voidaan tehdä taulukkomitoituksella ja osa toiminnallisella palomitoituksella. Toiminnallista palomitoitusta käytetään, kun halutaan rakentaa rakennus, jota ei voi toteuttaa taululukkomitoituksen avulla tai kun halutaan teh-

dä kustannustehokas rakenneratkaisu. Toiminnallisella paloturvallisuussuunnittelulla saadaan toteutettua parempi turvallisuustaso, pidemmät poistumistie-etäisyydet, suuremmat osastokoot, kevyet rakenteet ja tilojen paremmat käytettävyydet. Tyypillisesti toiminnallista palomitoitusta käytetään korkeissa puurunkoisissa rakennuksissa tai hallimaisissa rakennuksissa. Alla olevassa kaaviossa 4 esitetään toiminnallisen palomitoituksen tärkeimpiä tekijöitä. (Puuinfo 2021, 14.)




Kaavio 4. Toiminnallisen palomitoituksen tekijät (Puuinfo 2021)

## 13.4 Kantavuus ja osastoivuus

Puurakentamiseen sovelletaan samoja palo-osastointivaatimuksia kuin betonirakentamiseen. Palo-osastoinnin tarkoitus on palotilanteessa savun ja palon rajaaminen palotilaan vaaditun palonkestoajan. Palo-osastointi mahdollistaa myös rakennuksesta turvallisen poistumisen, helpottaa pelastus- ja sammutustoimia ja ehkäisee omaisuusvahinkoja. Osastoivan rakennusosan runko mitoitetaan kestämään sortumatta koko palonkestoajan. (Puuinfo 2021, 40.)

Kantavat ja osastoitavat rakennusosat suunnitellaan REI-luokkavaatimuksien mukaan hyödyntäen kuvion 7 standardipalokäyrän esittämää palotilannetta palotilan lämpötilan nousua ajan funktiona. Vaatimuksen luokassa kirjaimet tarkoittavat kantavuutta (R), Tiiviyttä (E), Eristävyyttä (I). Rakennusosien kantavuus voidaan osoittaa eurokoodi 5:ssä esitetyillä laskentamenetelmillä tai standardin mukaisella polttokokeella. Rakennusosien osastoitavuus osoitetaan tavallisesti standardin mukaisella polttokokeella, koska osastoitavuuden laskentamenetelmät ovat rajalliset. Palo-osastojen palokuorma voidaan määrittää erikseen ja mitoittaa kunkin palo-osaston rakenteet tämän mukaisesti. (Puuinfo 2021, 9.)

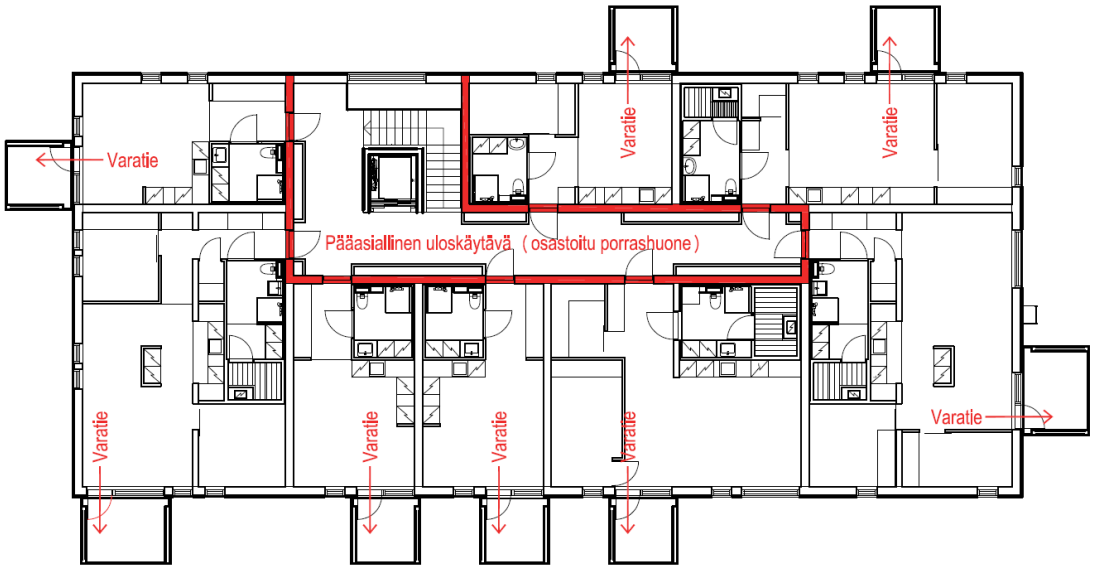
Palo-osastojen väliin rakennetaan palokatkot estämään puun hiiltymisen, palo- ja savukaasujen leviämisen osastojen välillä. Palokatkot testataan standardin mukaisella polttokokeella.

## 13.5 Poistumisreitit

Palomääräyksien mukaisesti rakennuksesta pitää voida poistua ohjattua reittiä turvallisesti ja nopeasti. Kuvassa 11 ja kuvassa 12 näkyy kerrostalon osastoitu porrashuone ja poistumistiet. Puurunkoisten ja eri rakennusmateriaaleista valmistetuissa rakennuksissa poistumisjärjestelyjä osalta koskee samat rakennusmääräykset riippumatta rakennusmateriaalista. Tavallista hissiä ei saa käyttää palotilanteessa poistumistienä.

Uloskäytävät ovat osastoituja tai niiden tulee johtaa turvalliselle paikalle, joka käytännössä tarkoittaa ulos rakennuksesta Kuva 11. Poikkeuksena ovat asunnot ja alle 300 m²:n työpaikkatilassa, joissa riittää yksi poistumistie ja yksi varapoistumistie. Porrashuone muodostaa aina oman palo-osaston. Kerrososastointi ei vaadi porrashuoneen, käytävätason, porrastason tai portaiden osastointia kerroksittain. (Puuinfo 2021, 59.)

Asunnoissa tulee olla yksi poistumistie ja yksi turvallinen varapoistumistie. Varatieksi voidaan suunnitella parveke, ranskalainen parveke, ikkuna tai muu aukko, jonka kautta pelastautuminen tai pelastaminen on turvallista. Yli kaksikerroksisessa P2-paloluokan puurunkoisessa rakennuksessa parvekkeet pitää sprinklata, kun parvekkeet on suunniteltu varapoistumistieksi. Asuinrakennuksessa parveke suunnitellaan lähes poikkeuksetta varauloskäytäväksi. Sprinklausvaatimus ei koske P2-paloluokan asuinrakennusta, joissa kerrokset kuuluvat samaan huoneistoon ja rakennus on enintään neljäkerroksinen asuinrakennus. Enintään kaksikerroksisessa P2- tai P3-paloluokan rakennuksissa, joissa varatieltä pudottautumiskorkeus maahan tai muulle turvalliselle alustalle on yli 3,5 metriä, varatie varustetaan kiinteillä tikkailla. (Puuinfo 2021, 59.)

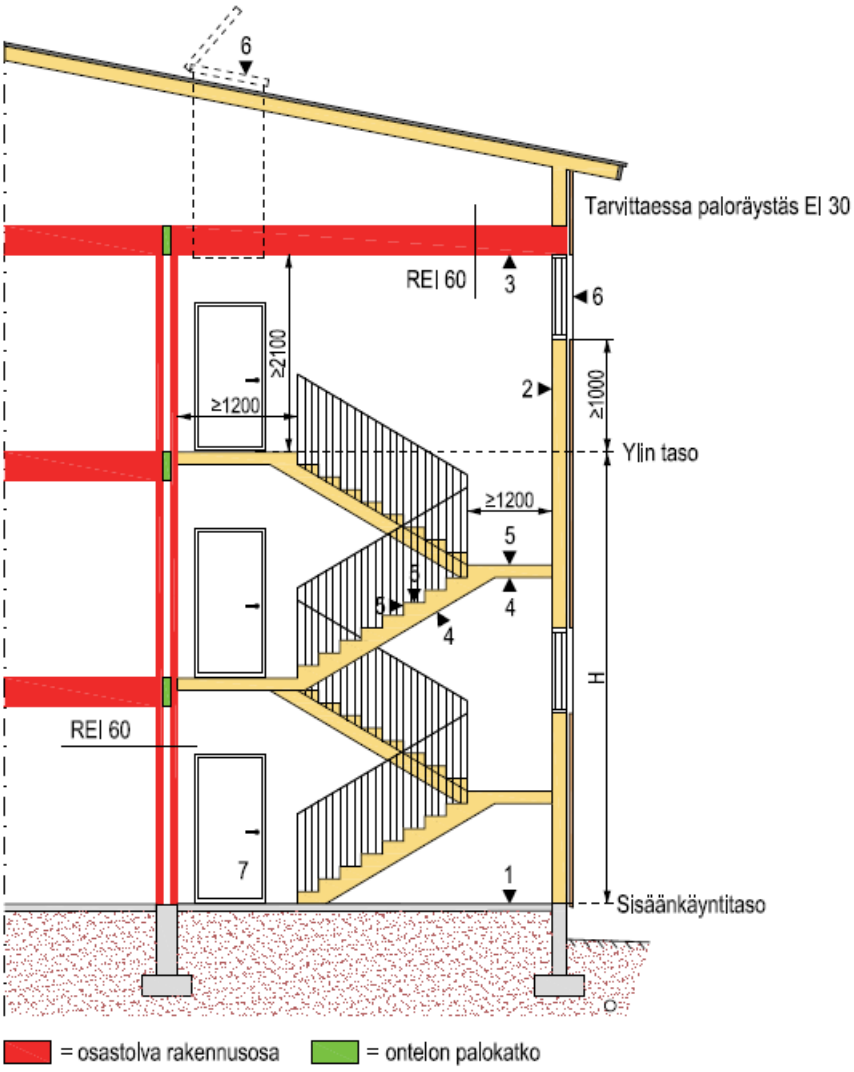



Kuva 11. Uloskäytävien palotekninen suunnittelu (puuinfo 2021)

Kuvasta 12 selviää uloskäytävän palotekniset vaatimukset yli 2-kerrosisessa P2-paloluokan kerrostalossa. Kantaville ja osastoitaville rakennusosille on määritetty 60 minuutin palonkestoaika REI 60 ja rakennustarvikkeiden tulee olla vähintään hyväksyttyjä D-s2, d2-luokkaa (Puuinfo 2021, 64.) Luokituksessa D rakennusmateriaali osallistuu paloon ja savun tuotto s2 on vähäistä. Palavien pisaroiden ja osien tuotto d2 on muu, kuin niitä ei esiinny tai ne ovat nopeasti sammuvia. Taulukosta 9 todetaan rakennustarvikkeiden paloluokkamerkinnät paloon osallistumisesta, savun tuotosta ja palavien pisaroiden, sekä osien tuotosta.

| Osallistuminen paloon | | Savun tuotto | | Palavien pisaroiden ja osien tuotto | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kuvaus | Merkintä | Kuvaus | Merkintä | Kuvaus | Merkintä |
| Ei osallistu paloon | A1 | Erittäin vähäinen<br>Vähäinen<br>Muu kuin s1 tai s2 | s1<br>s2<br>s3 | Ei esiinny<br>Nopeasti sammuvia esiintyy<br>Muu kuin d0 tai d1 | d0<br>d1<br>d2 |
| Osallistuu erittäin rajoitetusti | A2 | | | | |
| Osallistuu hyvin rajoitetusti | B | | | | |
| Osallistuu rajoitetusti | C | | | | |
| Osallistuminen hyväksyttävää | D | | | | |
| Käyttäytyminen hyväksyttävää | E | | | | |
| Käyttäytymistä ei ole määritetty | F | | | | |

Taulukko 9. Rakennustarvikkeen luokkamerkinnän muodostuminen yleisesti (Puuinfo 2021)




Kuva 12. Uloskäytävän palotekniset vaatimukset yli 2-kerroksisessa P2-paloluokan rakennuksessa (Puuinfo 2021)

# 14 Yhteenveto

Jos kaikki Euroopan talot rakennettaisiin betonin sijaan puusta, niin rakentamisen hiilidioksidipäästöt tippuisivat 60 prosenttia. Uusiutumattomien luonnonvarojen käyttö vähenisi jopa 70 prosenttia. Nämä ovat valtavia lukuja, jotka vaikuttavat merkittävästi hiilidioksidipäästöihin. Puupohjaisien rakennusmateriaalien käytöllä tuetaan metsien kestävää käyttöä sekä vähennetään rakentamisesta syntyvää hiilijalanjälkeä, kun tarkastellaan rakennuksen koko elinkaaren aikaisia hiilidioksidipäästöjä.

Puukerrostalojen rakentaminen Suomessa on helpottunut, kun pitkään rakentamista rajoittanut palomääräykset ovat lieventyneet ja selkeyttäneet määräysten tulkintaa. Uusi 1.1.2021 voimaan tullut palomääräys edistää materiaalineutraalisuutta ja alentaa rakentamiskustannuksia. Asetusmuutos mahdollistaa myös jättää enemmän sisäpinnoille hirsi- ja massiivipuupintaa P2-paloluokassa. Puukerrostalo on yhtä paloturvallinen rakennustapa kuin betonista rakennettu asuinkerrostalo. Tämä kuitenkin edellyttää, että rakennus on suunniteltu ja rakentaminen toteutettu palo- ja rakentamismääräyksiä noudattaen.

Kokonaisuudessaan julkisen puurakentamisen markkinaosuus on kasvanut tasaisesti vuodesta 2015, mutta valtiovallan asettamiin tavoitteisiin ei ole päästy, vaikka puurakentamista on tuettu jo vuosien ajan erinäisillä tukikeinoin.

Puurakentamisen haasteena on saada asiakkaat ja rakennusliikkeet mukaan kiertotalousajatteluun. Vallitsevana ajatus malli on, että helpompi toimia, kun aina ennenkin on toimittu näin, eikä uskalleta lähteä ottamaan taloudellisia riskejä. Rakentajilla epäluuloja puukerrostaloja kohtaan. Rakennuttajat, rakentajat ja suunnittelijat pitävät puukerrostalohankkeen toteutuksen keskeisinä esteinä aikaisemman kokemuksen puutetta, hankeosapuolten osaamista ja tiedonpuutetta puurakentamisen ratkaisuista ja ominaisuuksista.

Kiertotalouden ja puurakentamisen sektorilla on liiketoimintapotentiaalia, jotta potentiaali saataisiin realisoitumaan, niin rakentamista tulisi ohjata ja helpottaa lainsäädännöllä. Lainsäädännön lisäksi tulisi panostaa markkinointiin ja sosiaaliseen mediaan ja ympäristöasioihin.

Puurakentamisesta pitäisikin saada lisää myönteisiä kokemuksia sekä lisätä tietoutta puutalorakentamisesta ja purkujätteen kierrätyksestä. Rakennus- ja purkujätteille pitäisi löytää samanlaiset markkinat kuin muillekin kierrätysmateriaaleille. Kysytä ja tarjonta eivät kohtaa sekä hyödyntäjien ryhmä pitäisi löytää, sillä Suomessa osataan kyllä kierrättää. Rakennusjätteen kierrättämistä voisi kehittää erilaisilla markkinapaikoilla, kuten purkutori tai Facebookin rakennustarvike kierrätysryhmissä. Ympäristöministeriön internet sivulla on linkki, josta pääsee tietopankkiin, jossa kierrätetään purkumateriaalia.

## Lähteet

A-Insinöörit. 2021. Puurakentamisen tasavertaiseksi vaihtoehdoksi kaupungin suunnitteluprosessia kehittämällä. Viitattu 20.3.2022. Saatavissa https://www.jarvenpaa.fi/files/3f9ee7fd8b9b578bec37984e42f311f252eaa6f9/puurakentaminen-tasavertaiseksi-vaihtoehdoksi-kaupungin-suunnitteluprosessia-kehittamalla.pdf

Haapio, A. 2013. Puurakentamisen tulevaisuuden näkymät. VTT. Viitattu 4.11.2021. Saatavissa https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2013/T141.pdf

Heino, P. 2019a. Ympäristöministeriö. Puurakentamisen tilanne Suomessa. Viitattu 4.11.2021. Saatavissa https://smy.fi/wp-content/uploads/2019/05/PMA46_Petri-Heino_Puurakentamisen-tulevaisuus-ja-haasteet.pdf

Heino, P. 2019b. Ympäristöministeriö. Tausta-aineisto puurakentamisen keskusteluun. Viitattu 23.3.2022. Saatavissa https://smy.fi/wp-content/uploads/2019/05/PMA46_Tausta-aineistoa-puurakentamiskeskusteluun.pdf

Hurmekoski, E & Korhonen, J. 2017. Pitkän aikavälin katsaus puurakentamisen markkinoihin. Viitattu 24.11.2021 Saatavissa: https://metsatieteenaikakauskirja.fi/pdf/article7757.pdf

Jävälä, P. & Lehtoviita, T. 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Helsinki: Rakennustieto.

Kivirock, 2017. Kierrätysmateriaalien hyödyntäminen rakentamisessa kiinnostaa alan toimijoita. Viitattu 14.12.2021. Saatavissa https://www.kivirock.fi/uutiset.html?a200=115155

Korkia. 2021. Puurakentamisen ohjelman kehittävä väliarviointi 2020-2021. Viitattu 18.3.2022. Saatavissa https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/c6a6a9dc-0592-494e-82cd-00ec8d20065e/522a90ec-68f9-4cb0-b178-25f6c95b6e70/JULKAISU_20210209090147.pdf

Kärkkäinen, M. 2007. Puun rakenne ja ominaisuudet. Hämeenlinna: Metsäkustannus.

Luke 2021. Puun laatu, käyttö ja puutuoteala. Viitattu 4.11.2021. Saatavissa https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/metsa/puun-laatu-kaytto-ja-puutuoteala/

Mikkola, E. 2019.Toiminnallisen palomitoituksen hyödyntäminen puurakennuksissa. Viitattu 24.3.2022. Saatavissa https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/06/35_Toiminnallisen-palomitoituksen-hy%C3%B6dynt%C3%A4minen-puurakennuksissa.pdf

Paavola H. 2019. Ympäristöministeriö. Puurakentamisen ohjelman kehittävä arviointi Witmill Oy. Viitattu 15.1.2022. Saatavissa https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/c6a6a9dc-0592-494e-82cd-00ec8d20065e/07314c15-a869-4c2f-b7bd-32fc0535e4dc/JULKAISU_20200925062453.pdf

Paljakka, P. 2020 Rakentamisen näkymät. Forecon Oy. Viitattu 3.10.2021. Saatavissa https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/11/Rakentamisen-ja-puurakentamisen-nakymat-Pekka-Pajakkala-5.11.2020-Puupaiva-webinaari.pdf

Puuinfo, 2020. Puutieto puun ominaisuudet. Viitattu 4.12.2021. Saatavissa https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/manty-ja-kuusi/

Puuinfo, 2021. Paloturvallinen puutalo. Viitattu 15.3.2022. Saatavissa https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2021/05/Palokirja_netti_kokonainen.pdf

Puuteollisuus 2020. Palomääräysten muutos vapauttaa puun käyttöä. Viitattu 19.10.2021. Saatavissa https://puutuoteteollisuus.fi/ajankohtaista/tiedotteet/palomaaraysten-muutos-vapauttaa-puun-kayttoa-puutuoteteollisuuden-uutiskirje-1420

Puuproffa, 2020. Puun kerrokset. Viitattu 2.9.2021. Saatavissa https://puuproffa.fi/puutieto/puun-kerrokset/

Puuteollisuus, 2022. Puurakentamisen markkinaosuus on kasvanut. Viitattu 20.3.2022. Saatavissa https://puutuoteteollisuus.fi/ajankohtaista/tiedotteet/puurakentamisen-markkinaosuus-on-kasvanut

Rakennuslehti, 2018. Puurakentamisen kasvu alkaa näkyä markkinaosuuksissa. Viitattu 4.11.2021. Saatavissa https://www.rakennuslehti.fi/2018/11/puurakentamisen-kasvu-alkaa-nakya-markkinaosuuksissa/

Rakennusteollisuus 2020. Rakennettu ympäristö ja ilmastomuutos. Viitattu 14.12.2021. Saatavissa https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Materiaalitehokkuus

Siikanen, U. 2016. Puurakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Siparila, 2020. Puurakentaminen on tulevaisuuden rakentamisen tärkeimpiä teemoja. Viitattu 4.11.2021. Saatavissa https://www.siparila.fi/puurakentaminen/

Stora Enso, 2016. Puu- maailman vanhin ja myös modernein rakennusmateriaali. Viitattu 12.9.2021. Saatavissa https://www.storaenso.com/-/media/Documents/Download-center/Documents/Product-brochures/Wood-products/CLT-Imagebroschure_final-2016-04-25_FI-WEB.pdf

Työ- ja elinkeinoministeriö, 2020. Katsaus teolliseen puurakentamiseen – puuelementit. Viitattu 14.12.2021. Saatavissa https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162338/TEM_2020_16.pdf?sequence=1

Yle, 2020a. Betonisen kerrostalon hiilijälki on jopa 75 prosenttia isompi kuin puisen. Viitattu 4.11.2021. Saatavissa https://yle.fi/uutiset/3-11179130

Yle, 2020b. Hallitus panee puurakentamiseen vauhtia tarjoamalla rahaa. Viitattu 4.11.2021. Saatavissa https://yle.fi/uutiset/3-11164756

Yle, 2017. Puusta tuli yllättävä ongelma purkujätteen kierrätyksessä – "Tuhottoman kallista". Viitattu 4.11.2021. Saatavissa https://yle.fi/uutiset/3-9523833

Ympäristöministeriö, 2020. Julkisen puurakentamisen kansalliset tavoitteet. Viitattu 4.11.2021. Saatavissa https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Julkisen-puurakentamisen-kansalliset-tavoitteet-45F5028E_8436_408A_8CD7_510C6C1AD000-161609.pdf/1fc95a52-5c50-4c9b-1f5d-325395658d72/Julkisen-puurakentamisen-kansalliset-tavoitteet-45F5028E_8436_408A_8CD7_510C6C1AD000-161609.pdf?t=1603259868530

Ympäristöministeriö, 2022. Suomen rakennusmääräyskokoelma. Viitattu 20.3.2022. Saatavissa https://ym.fi/rakentamismaaraykset

Ympäristöministeriö, 2020. Vähähiilinen rakentaminen. Viitattu 14.12.2021. Saatavissa https://ym.fi/vahahiilinen-rakentaminen