

Anna Hepolammi

**LÄHIÖIDEN UUDISTUS
LISÄKERROSRAKENTAMISELLA**
Puisten lisäkerrosten rakentaminen
1960–1970-luvun kerrostaloihin

Kandidaatintyö
Rakennetun ympäristön tiedekunta
Teemu Hirvilammi
Markku Karjalainen
Huhtikuu 2024

TIIVISTELMÄ

Anna Hepolammi: Lähiöiden uudistus lisäkerrosrakentamisella: Puisten lisäkerrosten rakentaminen 1960–1970- luvun kerrostaloihin (Renewal of suburbs by building additional floors: Building wooden additional floors on top of 1960s and 1970s apartment buildings)
Tampereen yliopisto
Arkkitehtuurin TkK-tutkinto-ohjelma
Kandidaatintyö
Huhtikuu 2024

Tässä tutkielmassa tarkastellaan puun käyttöä lähiöiden lisäkerrosrakentamisessa. Lisäkerrosrakentaminen on yksi täydennysrakentamisen muodoista. Lisäkerrosrakentamisella voidaan vastata kaupunkien lisääntyvään asuntotarpeeseen viemättä tilaa maanpinnan tasolta. Lisäkerrosrakentamista käsitellään erityisesti ympäristönäkökulmasta ja lähiöiden kehittämisen kannalta. Puuta käsitellään kestäväenä rakennusmateriaalina ja työssä tarkastellaan sen ominaisuuksia rakennusmateriaalina ja siihen liittyviä palomääräyksiä. Tutkielmassa tutustutaan myös esimerkki-kohteeseen, johon on rakennettu puinen lisäkerros.

Tutkielmaa varten on kerätty tietoa lisäkerrosrakentamista ja puurakentamista niitä käsittelevistä julkaisuista ja tutkimuksista. Tutkielman alussa aihetta pohjustetaan tutustumalla Suomalaisen lähiöiden historiaan ja korjaustarpeeseen.

Tutkielmassa todetaan lisäkerrosrakentamisen olevan varteenotettava vaihtoehto lähiöiden energiatehokkuuden parantamisessa. Puun todetaan sopivan hyvin lisäkerrosten materiaaliksi. Lisäämällä puun käyttöä rakentamisessa voidaan vähentää uusiutumattomien rakennusmateriaalien käyttöä. Puun käyttö rakentamisessa on järkevää hiilidioksidipäästöjen pienentämisen kannalta, koska puun itseensä sitoma hiilidioksidi säilyy puutuotteissa pitkään.

Kandidaatintutkielman aihe on ajankohtainen, sillä Suomen kaupunkiseudut kasvavat jatkuvasti. Lisäkerrosrakentaminen lisää asuntoja valmiiden palveluiden ja infraverkoston lähelle. Myös ilmastonmuutoksen torjumiseksi, on kiinnitettävä huomiota vähähiiliseen rakentamiseen ja olemassa olevan rakennuskannan energiankulutuksen vähentämiseen.

Avainsanat: lähiökerrostalot, lisäkerrosrakentaminen, puurakentaminen

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. LISÄKERROSRAKENTAMISEN MAHDOLLISUUDET	2
2.1 Lähökerrostalojen historia Suomessa	2
2.2 Lähöiden täydennysrakentaminen	4
2.3 Lisäkerrosrakentaminen.....	5
2.3.1 Haasteet.....	6
2.3.2 Ympäristön ja rahan säästäminen	7
3. PUU MATERIAALINA.....	10
3.1 Rakennejärjestelmät	10
3.1.1 Tilaelementit.....	11
3.1.2 Suurelementit.....	12
3.1.3 Pilari-palkkijärjestelmä	12
3.2 Ekologisuus.....	13
3.3 Paloturvallisuus.....	14
4. ESIMERKKIKOHDE HAKAPAAVO	16
5. YHTEENVETO	18
LÄHTEET	19
KUVALÄHTEET	21

1. JOHDANTO

Suomessa on suuri määrä 1960–1970-luvun kerrostaloja, jotka ovat peruskorjauksen tarpeessa. Lähiöiden kerrostalot muodostavat merkittävän osan suomalaisesta rakennuskannasta. Niiden suurimmat ongelmat liittyvät energiatehottomuuteen ja vanhentuneeseen tekniikkaan. Myös julkisivut, vesikatot sekä ikkunat ja ovet ovat usein korjauksen tarpeessa. Energiatehokkuuden parantaminen olisi tärkeää ympäristön kannalta, sillä 40 % kaikesta energiankulutuksesta ja 30 % hiilidioksidipäästöistä johtuu rakennusten käytöstä (Ympäristöministeriö; Viljakainen 2011, 13).

Peruskorjaushankkeet ovat taloyhtiöille monesti taloudellisesti hankalia. Lisäkerrosrakentaminen voi olla vaihtoehto peruskorjauksien rahoittamiseen. Lisäkerrosrakentaminen on yksi tonttikohtaisen täydennysrakentamisen muodoista. Lisäkerrosten uusista asuinneliöistä saatavat tulot voidaan käyttää rakennuksen korjaamiseen ja energiatehokkuuden parantamiseen.

Rakentamisen hiilijalanjälki on suuri ja sen takia rakentamisen valinnat ovat tärkeitä ilmastomuutosten hillitsemisen kannalta. Puun käyttö vähentää hiilidioksidipäästöjä, sillä puu pystyy sitomaan itseensä hiilidioksidia.

Tässä työssä käsitellään lähiöiden täydennysrakentamista ja keskitytään erityisesti lisäkerrosrakentamiseen. Työssä esitetään lisäkerrosrakentamisen hyötyjä lähiöiden kehittämisen ja ekologisuuden kannalta. Lisäksi perehdytään puuhun rakennusmateriaalina. Seuraavassa luvussa perehdytään suomalaisten lähiökerrostalojen historiaan ja korjaustarpeeseen, sekä lisäkerrosrakentamisen mahdollisuuksiin. Kolmannessa luvussa keskitytään puun ominaisuuksiin rakennusmateriaalina ja soveltumiseen lisäkerrosten materiaaliksi. Neljännessä luvussa esitellään esimerkkikohde, jossa on rakennettu puinen lisäkerros. Viidennessä luvussa esitellään yhteenveto ja päätelmät.

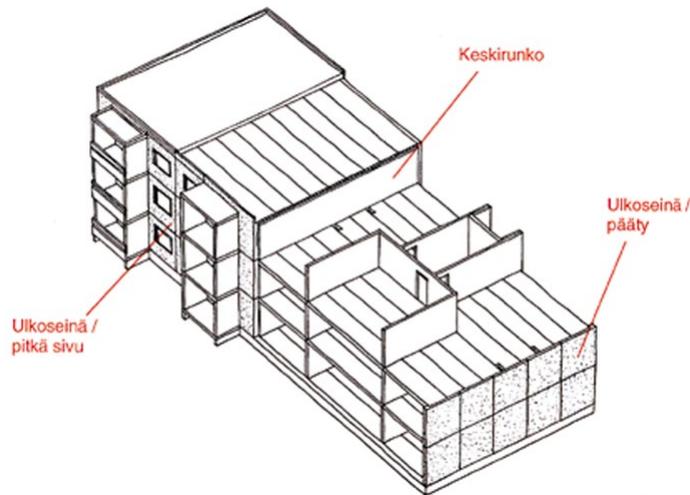
2. LISÄKERROSRAKENTAMISEN MAHDOLLISUUDET

2.1 Lähiökerrostalojen historia Suomessa

Toisen maailmansodan jälkeisinä jälleenrakennuksen vuosikymmeninä Suomeen rakentui suuri määrä lähiöitä. Ensimmäiset lähiöt rakentuivat Suomeen 1950-luvulla. Myöhemmin metsäkaupungeiksi nimetyt asuinalueet rakennettiin yleensä kallioiseen metsämaastoon. Talot ja kadut sijoiteltiin luonnon muotoja seuraten. Metsäkaupungit rakennettiin väljästi ja niissä korostui luonnonläheisyys, yhteisöllisyys ja jaetut tilat. Talot olivat tyypillisesti matalia lamellitaloja. Lähiöt rakennettiin keskustojen ulkopuolelle, mikä hajotti kaupunkien yhdyskuntarakennetta. (Pakkala 2023, 2–5)

1960-luvulla muuttoliikenne maalta kaupunkiin kiihtyi ja lähiörakentaminen nähtiin ratkaisuna kasvavaan asuntopulaan. Metsälähiöt joutuivat kuitenkin kritiikin kohteeksi. Yhteiskuntatieteilijät ja nuoret arkkitehdit eivät arvostaneet metsäkaupunkien epäkaupunkimaista rakentamista. Lähiöiden ongelmat kuten pitkät välimatkat, huono palvelutaso ja toisinaan esiintyvät sosiaaliset ongelmat nähtiin sekavasta asemakaavasuunnittelusta johtuviksi. Väljien metsäkaupunkien sijaan alettiin suunnittelemaan tiiviimpiä ruutukaava-alueita. Rakennusteollisuudessa panostettiin rakennusosien standardointiin ja elementtirakentamiseen. (Pakkala 2023, 5–6)

1970-luvulle tultaessa puolet Suomen väestöstä asui kaupungeissa (Pakkala 2023, 8). Rakentamisen huippuvuonna 1974–1975 uusia asuntoja rakentui jopa 70 000 kappaletta (Soikkeli 2011a, 35). Nopea asuntotuotanto ei olisi ollut mahdollista ilman BES-järjestelmän (betonielementtistandardin) luomista. Vuosien 1968–1970 välillä kehitetyn BES-järjestelmän tarkoitus oli standardoida betonielementit ja niiden liitosdetaljit, jotta eri valmistajat pystyivät tuottamaan samanlaisia valmisosia. Järjestelmän periaate on kantavat pääty- ja väliseinät, ontelolaattavälipohjat ja ei-kantavat sandwich-elementtiulkoseinät (kuva 1). (Hytönen & Seppänen 2009, 97–106)



Kuva 1. BES-järjestelmän perusrakenne (Hytönen & Seppänen, 2009)

Nykyään Suomessa on noin 570 000 betonirunkoista 1960–1970-luvun kerrostaloasuntoa, jotka ovat koti noin viidesosalle suomalaisista (Puuinfo 2020a). Lähiökerrostalot ovat peruskorjasiässä sillä asuinkerrostalot peruskorjataan yleensä 40–50 vuoden välein (Lukkarinen ym. 2011, 7). Lähiökerrostalojen suuren määrän takia niissä odottaa mittava korjausurakka sillä niihin aikaisemmin kohdistuneet korjaukset ovat olleet yleensä osittaisia tai koskeneet vain pientä osaa rakennuskannasta (Koiso-Kanttila 2011, 6)

Lähiökerrostalojen suuri ongelma on niiden energiatehottomuus. Sandwich-elementeissä on lämmöneristettä vain 80–120 mm ja eristeet ovat ajan saatossa voineet kastua tai painua kasaan. Myös ulkoseinät ja yläpohjat ovat usein huonossa kunnossa ja ikkunoiden ja ovien energiatehokkuus on heikko. (Soikkeli 2011b, 6–9) 1960–1970-luvun kerrostalot muodostavat merkittävän osan suomalaisesta rakennuskannasta, minkä takia niiden energiatehokkuuden parantaminen olisi tärkeää Suomen energiankulutuksen kannalta. (Soikkeli 2011b, 10)

Lähiökerrostalot kärsivät myös muista ongelmista. Tekniset järjestelmät ovat vanhentuneita ja asuntojen ilmanlaatu voi olla huono. Julkisivut tarvitsisivat kunnostusta, sillä kerrostalojen betonipinnat ovat monesti huonossa kunnossa ja niissä voi olla kosteusvaurioita. Monesti myös parvekkeet, vesikatot ja saumaukset kaipaavat kunnostusta tai vaihtamista. Lähiöt kärsivät myös huonosta maineesta ja niihin liitetään negatiivisia mielikuvia. (Soikkeli 2011b, 10)

Vaikka lähiökerrostalot kärsivät nykyisin arvostuksen puutteesta, on niissä monia hyviä piirteitä, jotka kannattaa säilyttää. Asunnot ovat usein avarampia ja valoisampia kuin uudemman rakennustuotannon asunnot (Somelar 2020, 13). Lisäksi talojen runko on ehjä ja tukeva ja talot sijaitsevat hyvillä paikoilla valmiiden yhteyksien ja palveluiden keskellä. (Puuinfo 2020) Lähiökerrostalot ovat merkittävä osa Suomen rakennettua ympäristöä ja edustavat oman aikansa rakennustuotannon arvoja ja periaatteita. Aikakauden talojen säilyttäminen siirtää tärkeää tietoa rakentamisen kehittämisestä tuleville sukupolville. (Somelar 2020, 13)

2.2 Lähiöiden täydennysrakentaminen

Kaupungistuminen on tällä hetkellä maailmanlaajuinen megatrendi ja Suomessakin yhä useampi muuttaa maaseudulta kaupunkiin. Asukkaiden määrän lisääntyessä kaupungit voivat laajentua ja rakentaa uusia asuinalueita tai täydennysrakentaa olemassa olevan kaupunkirakenteen sisään. Täydennysrakentamista voidaan toteuttaa monin eri tavoin. Tonttia voidaan täydentää uudisrakentamisella tai olemassa olevaa rakennusta voidaan laajentaa tai korottaa lisäkerroksilla. Olemassa olevan rakennuksen sisällä olevia tiloja voidaan myös ottaa asuinkäyttöön.

Lisärakentaminen voi olla ratkaisu lähiöiden korjaustarpeeseen. Taloyhtiö voi myydä tai vuokrata uudet kerrosneliöt ja käyttää tulot peruskorjauksen kulujen kattamiseen. Lisäkerrosrakentaminen voi tehdä taloyhtiölle jopa voittoa, mutta tämä on mahdollista lähinnä kaupunkien keskustoissa, joissa asuntojen neliöhinnat ovat kalliimmat. (Soikkeli ym. 2015, 7)

Lisärakentamisella voidaan myös kehittää lähiöitä. Lähiöiden asuntokanta on monesti yksipuolinen ja lisärakentamisella voitaisiin monipuolistaa asuntojen tarjontaa. Lisäkerrokseen voidaan rakentaa juuri sellaisia asuntoja, joille on eniten kysyntää. Uudet asunnot lisäävät lähiöiden asukasmäärää. Asukasmäärän lisääminen parantaa alueen palveluiden kannattavuutta ja voi houkuttaa alueelle uusia palveluntarjoajia. Tästä on hyötyä myös alueen alkuperäisille asukkaille.

Olemassa olevien infraverkostojen lomaan rakentaminen on kannattavaa myös kaupungin näkökulmasta. Asukkaiden lisääminen valmiin joukkoliikenteen, terveystaluiden ja kunnallistekniikan alueelle edistää niiden ylläpitämistä ja kehittämistä. (Somelar 2021, 13) On myös ympäristöystävällisempää ylläpitää valmiita verkostoja kuin rakentaa kokonaan uusia.

2.3 Lisäkerrosrakentaminen

Lisäkerrosrakentaminen tarkoittaa olemassa olevan rakennuksen korottamista yhdellä tai useammalla kerroksella. Rakennuksia korottamalla voidaan rakentaa lisää asuntoja, viemättä tonttitilaa maasta. Lähiökerrostalot sopivat lisäkerrosrakentamiseen hyvin, sillä niiden kantavat rungot ovat hyväkuntoisia ja kestävät yleensä vähintään yhden kevytrakenteisen lisäkerroksen. 1960–1970-luvun kerrostaloissa on harvoin ullakkoa ja lisäkerrosten rakentaminen on helpompaa, kun rakennus on tasakattoinen. (Soikkeli ym. 2015, 17).

Lisäkerrosrakentamisen hyötyjä ja mahdollisuuksia on tutkittu varsinkin 2010-luvulta eteenpäin. Julkaisuista voidaan mainita esimerkiksi *Lisärakentaminen osana korjausrakentamishanketta* (Lukkarinen ym. 2011), *Purkaa vai korjata?* (Huuhka ym. 2021), ja 2020 *Lisäkerrosrakentamisen opas asunto- ja kiinteistöosakeyhtiöille* (Somelar 2021). Lisäksi vuosina 2012–2014 toteutettiin KLIKK-tutkimushanke (*lähiöiden käyttäjä- ja liiketoimintalähtöinen korjauskonsepti*), jossa tarkasteltiin lähiöiden täydennysrakentamisen mahdollisuuksia. Keskeisenä tavoitteena oli kehittää lähiökerrostalojen korjaukseen ja korottamiseen asukaslähtöinen, tehokas ja teollinen korjauskonsepti. (Soikkeli ym. 2015)

Lisäkerrosrakentaminen tuo yleensä parannusta talon esteettömyyteen. Useista lähiökerrostaloista puuttuu hissi ja lisäkerrosrakentamisen yhteydessä sellainen on yleensä asennettava. Hissin asentaminen parantaa asumismukavuutta ja esteettömyyttä ja mahdollistaa esimerkiksi ikäihmisten asumisen kotonaan pidempään. Hissi voidaan sijoittaa joko porraskäytävään oheen tai rakennuksen ulkopuolelle uuteen hissitorniin. Rakennuksen ulkopuolelle tuleva hissitorni muuttaa rakennuksen arkkitehtuurin ilmettä. Asumisen rahoittamis- ja kehittämiskeskus (ARA) tukee hissihankkeita myöntämällä avustuksia, jotka voivat olla jopa 45 % hissien tai hissien kokonaisrakennuskuluista (ARA 2021). Myös kunnat ja valtio myöntävät hissiavustuksia.

Lisäkerrosrakentamisella voidaan muuttaa rakennuksen ulkonäköä. Lähiökerrostalojen ulkonäkö koetaan melko yksitoikkoiseksi ja lisäkerrokset voivat tuoda uutta ilmettä arkkitehtuuriin. Lisäkerrokset voivat joko mukaila vanhaa tai edustaa modernimpaa suunnittelua. Lisäkerrosrakentamisen yhteydessä voidaan myös muuttaa rakennuksen katto- muotoa ja tuoda aivan uutta ilmettä. Rakennuksen ulkonäön muuttaminen voi parantaa koko alueen imagoa ja viihtyisyyttä.

2.3.1 Haasteet

Lisäkerrosrakentaminen on riskialtis projekti, johon liittyy useita haasteita. Haasteet voivat olla teknisiä, taloudellisia, lainsäädännöllisiä ja sosiaalisia. Teknisiä haasteita voivat olla esimerkiksi sijainnin aiheuttamat vaikeudet rakentamiselle. (Lukkarinen ym. 2011, 18)

Lisäkerrosrakentaminen on riskialtis projekti, joka voi olla vaarassa kaatua monessa suunnittelun vaiheessa. Taloyhtiölle koituu isot kustannukset, jos projekti on edennyt jo pitkälle, mutta lisärakentamista ei lopulta toteutetakaan. (Lukkarinen ym. 2011, 19) Lähiöissä haasteena on myös se, että lisärakentamisella ei saada yhtä hyvää tuottoa kuin kaupunkien keskustoissa.

Jotta lisärakentaminen on mahdollista, yhtiöllä tulee olla käyttämätöntä rakennusoikeutta. Rakennusoikeus on määritelty asemakaavassa. Jos rakennusoikeuden ylitys on vähäistä, voidaan hakea kunnalta lupaa kaavasta poikkeamiseen. Poikkeaman ollessa suurempi, lupaa haetaan ympäristökeskuskelta. Rakennusoikeudesta poikkeaminen edellyttää kaavan muuttamista. (Lukkarinen ym. 2011, 18)

Lisäkerrosrakentaminen voi aiheuttaa haasteita autopaikkojen ja väestönsuojan riittävyydessä. Väestönsuojan pinta-alan on oltava vähintään 2 % rakennuksen koko kerrosalasta. Rakennusta korottaessa kerrosala kasvaa ja väestönsuojatarve voi muuttua. (Lukkarinen ym. 2011, 20) Liian pienen väestönsuojan laajentaminen tai uuden rakentaminen ovat kalliita projekteja, jotka nostaisivat koko projektin kustannuksia. Jos väestönsuoja on riittämätön, koitetaan yleensä neuvotella pelastuslaitoksen viranomaisen kanssa siitä, onko mahdollista rakentaa lisäkerrokset ilman väestönsuojan pinta-alan lisäämistä. (Somelar 2021, 54)

Myös autopaikoituksen järjestäminen voi osoittautua korotussuunnitelmia rajoittavaksi tekijäksi (Soikkeli ym. 2015, 9). Asukkaille pitää pystyä järjestämään asemakaavassa määrätyt autopaikat. Lisäkerrosrakentamisen yhteydessä tulee huolehtia myös rakennuksen yhteistilojen riittävydestä. Uusille asukkaille on pystyttävä osoittamaan tarpeeksi tilaa polkupyörien, lastenvaunujen ja muun irtaimiston säilyttämiselle. (Somelar 2021, 52–54)

Lisäkerrosrakentaminen on pitkä projekti, josta aiheutuvasta melusta, pölystä ja muista haitoista asukkaat kärsivät. Asukkaat eivät välttämättä näe suurta korjausprojektia investointina, vaan pelkästään suurena kulueränä. Puhutaan myös NIMBY-ilmiöstä (not in

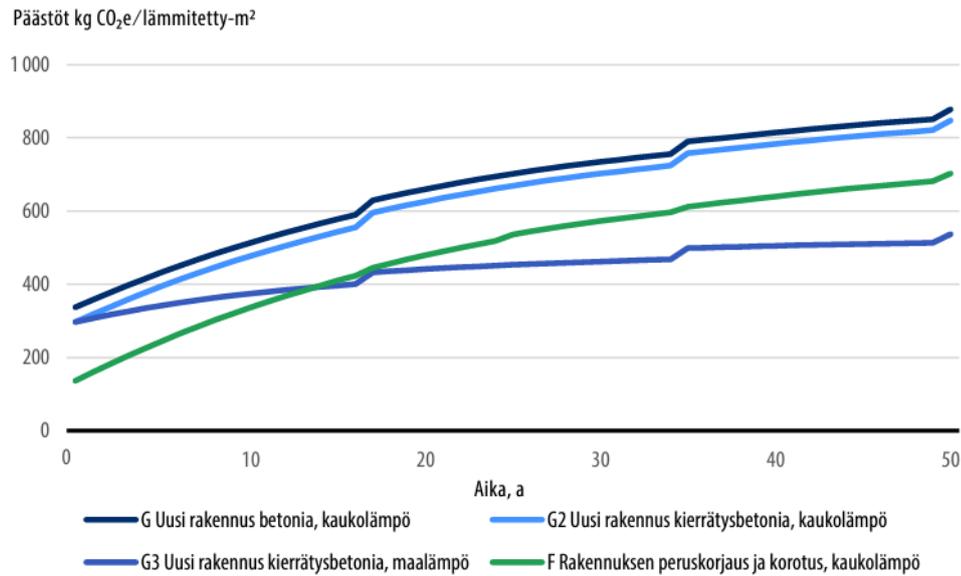
my backyard) eli asukkaat eivät suoranaisesti vastusta lisärakentamista, mutta eivät kuitenkaan halua sitä omaan lähiympäristöönsä. (Lukkarinen ym. 2011, 19).

2.3.2 Ympäristön ja rahan säästäminen

Lähiötalojen korjaamista ei monesti nähdä taloudellisesti kannattavana ratkaisuna (Puuinfo 2020a). Kun vanha rakennus puretaan uudisrakentamisen takia, menevät siihen käytetty työ, energia ja materiaali hukkaan (Hilli-Lukkarinen 2019, 16). Tässä luvussa esitellään lähiökerrostalojen peruskorjaamista ja korottamista puoltavia seikkoja. Korjaaminen ja lisäkerrosrakentaminen voivat olla ympäristön kannalta parempi vaihtoehto kuin purkaminen ja uudisrakentaminen

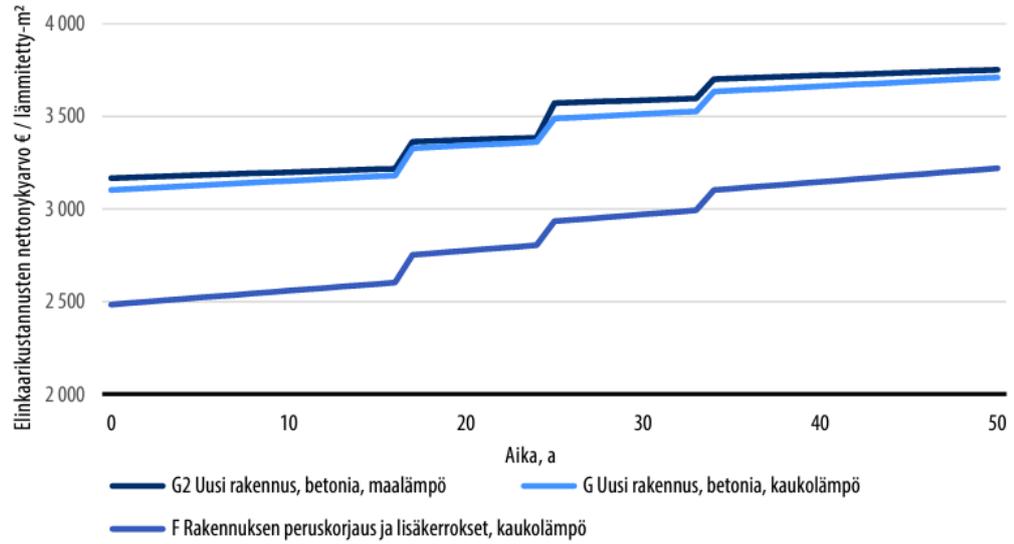
Ympäristöministeriö (2021) on julkaissut raportin, jossa verrattiin korjausrakentamisen ja purkavan uudisrakentamisen hiilijalanjälki- ja elinkaarikustannusvaikutuksia. Raportissa oli esimerkkitapahtumana Helsingissä sijaitseva vuonna 1977 valmistunut nelikerroksinen betonikerrostalo. Vuokrakerrostalo lämmitettiin kaukolämmöllä, eikä siellä ollut hissiä. Rakennukselle teetetyn kehittämissuunnitelmien mukaan se korjattaisiin perusteellisesti ja sitä korotettaisiin kahdella kerroksella (Helsingin kaupunki 2019; Huuhka ym. 2021). Toinen vaihtoehto olisi rakennuksen purkaminen ja uuden kuusikerroksisen talon rakentaminen sen tilalle. Uusi rakennus olisi joko tavanomainen betonikerrostalo tai kierrätysbetonitalo, joka lämmitetään joko kaukolämmöllä tai maalämmöllä.

Vaihtoehtojen hiilijalanjälkien laskemisessa käytettiin ympäristöministeriön arviointimenetelmää. Rakennuksen peruskorjauksen ja korottamisen hiilijalanjälki muodostui peruskorjaukseen ja myöhempiin korjauksiin käytetyistä materiaaleista ja korjaustöistä sekä energiankulutuksesta ja purkamisesta. Uuden rakennuksen hiilijalanjäljen laskemisessa huomioitiin vanhan rakennuksen purkaminen, rakennustuotteiden valmistus, korjaustyö sekä energiankulutus. (Huuhka ym. 2021, 66) Suurin hiilijalanjälki on uusilla betoni- ja kierrätysbetonitaloilla, jotka käyttävät kaukolämpöä (Kuva 2). Ensimmäisen 15 vuoden aikana peruskorjattu ja korotettu kerrostalo on vähähiilisin vaihtoehto. Sen jälkeen kierrätysbetonista valmistettu maalämmöllä lämmitetty uudisrakennus kirii ohi. Olemassa oleva rakennuskin voi kuitenkin siirtyä maalämpöön. Maalämmöllä lämmitettäviä taloja vertaillen, peruskorjatun ja korotetun rakennuksen hiilijalanjälki olisi pienempi kuin kierrätysbetonista valmistetun. (Huuhka ym. 2021, 68)



Kuva 2. Asuinkerrostalon kehittämisvaihtoehtojen kumulatiivinen hiilijalanjälki 50 vuoden aikana (Huuhka ym. 2021, 67)

Elinkaarikustannuksiin laskettiin peruskorjauksen ja lisäkerrosrakentamisen tai purkamisen ja uudisrakentamisen kustannukset. Kustannuksiin laskettiin myös rakennusosien uusimisen sekä rakennuksen energiankulutuksen, huollon ja kunnossapidon kustannukset 50 vuoden ajalta. Peruskorjatun ja korotetun rakennuksen elinkaarikustannukset olivat pienemmät uudisrakennuksiin verrattuna (Kuva 3). Uudisrakennusten energiakustannukset voivat olla pienemmät, mutta kokonaisuudessaan ne olivat kalliimpia vaihtoehtoja. (Huuhka ym. 2021, 69)



Kuva 3. Asuinkerrostalon peruskorjauksen ja lisäkerroksen sekä uuden rakennuksen elinkaarikustannusten kertyminen 50 vuoden aikana

3. PUU MATERIAALINA

Puu on yksi maailman vanhimmista ja käytetyimmistä rakennusmateriaaleista. Se on monipuolinen materiaali ja sopii hyvin myös lisäkerrosrakentamiseen. Lisäkerrosten rakentaminen puusta tuli mahdolliseksi vuonna 2011 muuttuneiden palomääräysten myötä. Puurakenteisen lisäkerroksen saa rakentaa enintään seitsemänkerroksiseen taioon. (Soikkeli ym. 2015, 17)

Puu on hyvin kevyt materiaali, ja sopii sen takia hyvin lisäkerrosrakentamiseen. 1960–1970-luvun kerrostalojen rakenteet kestävät yleensä yhden tai kahden puurakenteisen korotuskerroksen kuorman. Puun lujuusominaisuudet ovat painoon verrattuna erinomaiset. Lisäksi puu on helposti muokattavissa oleva materiaali. Puu myös koetaan miellyttäväksi materiaaliksi. Puupinnat ovat monen mielestä kauniita ja lisäävät viihtyisyyttä. (Siikanen 2008, 8)

Puun käyttöön rakennusmateriaalina liittyy kuitenkin omat haasteensa, jotka on otettava huomioon suunnittelussa ja rakentamisessa. Puu pystyy sitomaan ja luovuttamaan kosteutta ilman suhteellisen kosteuspitoisuuden mukaan. Kosteuden vaihtelun mukaan puu joko turpoaa tai kutistuu. Muodonmuutokset on otettava huomioon puuta käytettäessä. Puu on palava materiaali ja myöhemmin tässä luvussa keskitytään lisäkerrosten rakentamiseen liittyviin palomääräyksiin. (Puuinfo 2020)

3.1 Rakennejärjestelmät

Puisten lisäkerrosten rakentamiseen voidaan käyttää samoja menetelmiä, kuin uudis-kerrostalojen rakentamiseen. Lisäkerrosten rakentamisessa voidaan käyttää teollisen puurakentamisen menetelmiä. Tällaisia ovat esimerkiksi tilaelementit, suurelementit ja pilari-palkki-järjestelmät. Teollisen puurakentamisen etu on korkea esivalmistusaste. Korkean esivalmistusasteen ansiosta työmaavaihe jää lyhyeksi ja lisäkerrosrakentamisessa asukkaille aiheutuva haitta pienenee. (Somelar 2021, 31)

3.1.1 Tilaelementit

Tilaelementit ovat hyvä vaihtoehto lisäkerrosten toteuttamiseen. Tilaelementit ovat rakennuselementtejä, joissa on valmiina seinä-, katto- ja lattiarakenteet (kuva 4). Puiset tilaelementit ovat joko ranka- tai CLT-runkoisia (cross laminated timber). (Soikkeli ym. 2015, 22) Tilaelementtien etu on niiden korkea esivalmistusaste. Tilaelementit valmistetaan tehtaalla ja niihin on valmiina asennettu ikkunat, LVIS-asennukset ja kiintokalusteet. Tilaelementtejä käytettäessä saavutetaan myös hyvä ääneneristävyys seinien kaksoisrakenteen ansiosta. (Puuinfo 2020d)



Kuva 4. Tilaelementti muodostuu seinä- katto- ja lattiarakenteista. (Puuinfo 2020)

Lisäkerrosrakentamisessa vanhan yläpohjan päälle asennetaan usein teräksinen vaihtopalkisto, joka johtaa tilaelementtien kuorman vanhoille rakenteille. Teräspalkiston välissä on tilaa LVI-tekniikalle ja alapuolisista kerroksista nousevien kanavistojen ja viemäreiden paikkojen siirtämiselle.

Tilaelementtien haasteet liittyvät niiden suunnittelulle asettamiin rajoitteisiin. Yhdessä tilaelementissä voi olla vain yhteen huoneistoon kuuluvia tiloja palo- ja ääneneristysteknisten asioiden vuoksi. Myös märkätilojen on sijaittava vain yhden tilaelementin sisällä, sillä vedeneristyksen jatkaminen elementistä toiseen ei ole mahdollista. (Soikkeli ym. 2015, 21) Tilaelementtien tyypilliset mitat ovat 12 x 4,2 x 3,2 metriä. Enimmäismittoja rajoittavat tuotantotekniset seikat sekä kuljetus. (Puuinfo 2020d) Ylisuurten tilaelementtien kuljetuksessa joudutaan käyttämään erityiskuljetusta, joka nostaa kustannuksia. Ti-

laelementtien koon kasvaessa kantavien rakenteiden ja työmaalla tarvittavan nostokaluksen on oltava järeämpiä. Myös nämä seikat nostavat toteutuksen hintaa. (Soikkeli ym. 2015, 21)

3.1.2 Suurelementit

Suurelementit ovat tehtaalla valmiiksi koottuja rakennuselementtejä. Rankarakenteiset suurelementit ovat hyvin yleinen tapa rakentaa puukerrostaloja. Suurelementtien tapaisia elementtejä voidaan toteuttaa myös käyttämällä kantaviin rakenteisiin massiivipuulevyjä. (Somelar 2021, 33) Suurelementtirakentamisessa kantavat ja ei-kantavat ovat rakennusperiaatteeltaan samanlaisia. Elementeissä on monesti valmiiksi asennettu ikkunat, ovet sekä ulkoverhoukset. (Tolppanen ym. 2013, 40–41)

Lisäkerrosrakentamisessa kantavat seinät tulee sijoittaa samoille kohdille kuin alapuolisen betonirungon kantavat seinät. Suurelementeistä rakennettaessa saavutetaan hyvä ääneneristävyys, sillä seinät rakennetaan yleensä kaksoisrunkoisina. (Tolppanen ym. 2013, 42)

3.1.3 Pilari-palkkijärjestelmä

Pilari-palkkijärjestelmässä eli ole kantavia seiiniä, vaan runko perustuu kantaviin pilareihin ja palkkeihin. Pilarit ja palkit voivat olla esimerkiksi liimapuuta tai CLT:tä Pilarien ja palkkien tulee sijaita samoille kohdilla kaikissa kerroksissa. Väli- ja yläpohjalaatat sekä ulkoseinät tukeutuvat palkkeihin. Ne voidaan tehdä esimerkiksi suurelementeistä. (Tolppanen ym. 2013, 46)

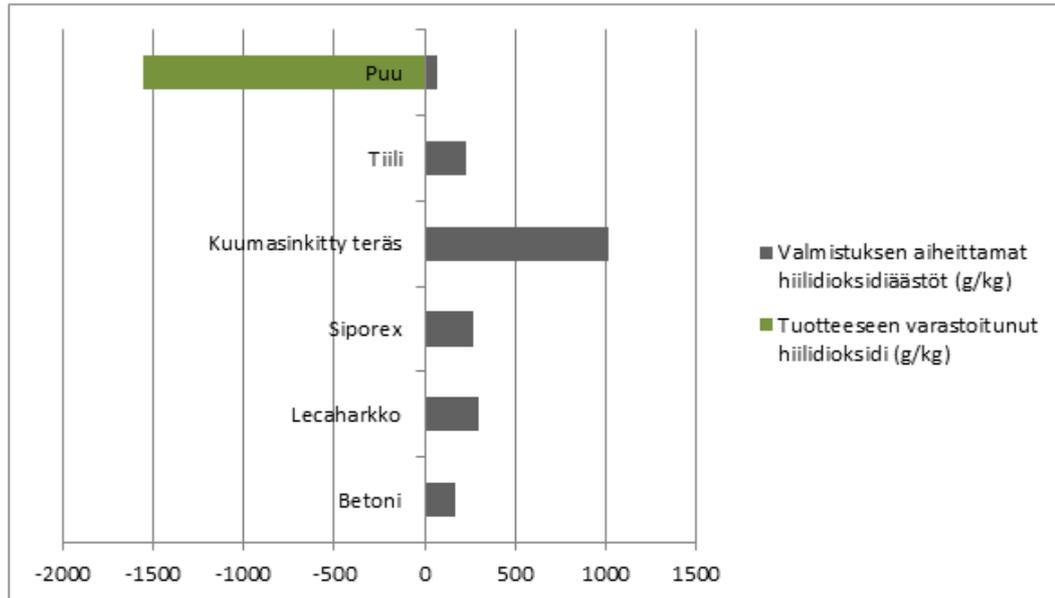
Muuntojoustavuuden kannalta pilari-palkkijärjestelmä on erinomainen vaihtoehto. Koska seinät eivät ole kantavia, niitä voidaan siirtää ja aukottaa tarpeen mukaan rakennuksen elinkaaren aikana. Täysin vapaasti seinien siirtely ei kuitenkaan onnistu. On otettava huomioon, että välipohjalaatat tulee katkaista huoneistojen välisten seinien kohdalla aäni- ja värähtelyteknisten syiden takia. (Tolppanen ym. 2013, 48) Muuntojoustavuus on hyvä kestävän kehityksen kannalta. Kun asunnot ovat muuntojoustavia, ne voivat vastata asukkaiden muuttuviin tarpeisiin.

3.2 Ekologisuus

Rakentamisella on suuri ekologinen jalanjälki ja tulevaisuudessa rakentaminen tulee vain lisääntymään. Teollisuuden aloista rakentaminen kuluttaa eniten raaka-aineita. (Viljakainen 2011, 13) Rakentaminen ja asuminen tuottavat yli kolmanneksen Suomen hiilidioksidipäästöistä, joten rakennusalan valinnoilla on suuri vaikutus hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen (Ympäristöministeriö).

Rakennusmateriaalien valinnalla voidaan pienentää rakentamisen hiilidioksidipäästöjä. Ympäristön kannalta puun käytön lisääminen rakentamisessa on kannattavaa. Muihin rakennusmateriaaleihin verrattuna puu on uusiutuva materiaali. Puu ei siis lopu, kunhan sitä käytetään kestävästi. Puu on myös karttuva materiaali, eli sen määrä lisääntyy, vaikka sitä käytetään. Esimerkiksi viimeisen 70 vuoden aikana puun määrä on lisääntynyt Suomen metsissä 60 prosentilla metsänhoitotoimenpiteiden ansiosta. (Puuinfo 2020b) Puun käytön lisääminen rakentamisessa vähentäisi uusiutumattomien materiaalien käyttöä (Viljakainen 2011, 14).

Muihin materiaaleihin, kuten betoniin, tiileen ja teräkseen verrattuna puutuotteiden valmistuksen ympäristöhaitat ja energiankulutus ovat todella pienet (Viljakainen 2011, 14). Puun ympäristövaikutuksiin vaikuttaa esimerkiksi sen paikallisuus. Suomessa on paljon puuta saatavilla, joten sitä ei tarvitse kuljettaa kaukaa. Puu sitoo ja varastoi kasvaessaan ilmakehän hiilidioksidia ja noin puolet puun kuivamassasta on hiiltä (Soimakallio ym. 2021, 18). Puun itseensä sitoman hiilidioksidin määrä on moninkertainen verrattuna päästöihin, jotka syntyvät puutuotteita valmistaessa (kuva 5). Fotosynteesissä kasvisolut tuottavat hiilidioksidista ja vedestä happea ja glukoosia auringonvalon energialla. Puutuotteita valmistaessa puuhun sitoutunut hiilidioksidi säilyy puutuotteissa. Mitä pidempi elinkaari puutuotteella on, sitä kauemmin siihen sitoutunut hiilidioksidi pysyy poissa ilmakehästä. Rakentamisessa käytettävät puutuotteet ovat yleensä pitkäikäisiä ja voivat varastoida hiiltä useita vuosikymmeniä. Puun käytössä on otettava huomioon sen käyttöolosuhteet ja oikeanlainen suojaus, jotta se kestäisi mahdollisimman pitkään. Puurakenteiden kestävyys kannalta on tärkeä suojata ne kosteudelta, sekä biologisilta tekijöiltä kuten homeelta ja lahoamiselta. (Soimakallio ym. 2021)

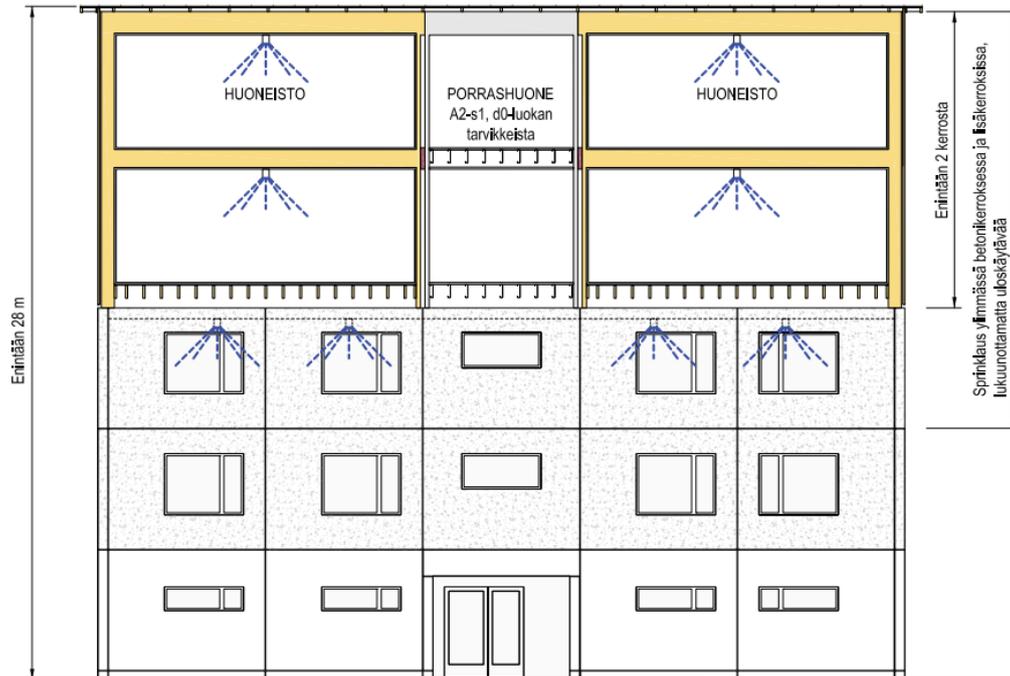


Kuva 5. Eri rakennusmateriaalien valmistuksen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt (Puuinfo 2020b)

3.3 Paloturvallisuus

Puuta käytettäessä herää kysymyksiä paloturvallisuudesta. Puun käyttäytyminen palotilanteissa tunnetaan hyvin ja sitä on turvallista käyttää lisäkerrosten materiaalina, kun noudatetaan palomääräyksiä.

Nykyisten palomääräysten mukaan korotettavan rakennuksen korkeus saa olla korkeintaan 28 m lisäkerrokset mukaan lukien. Yksi puurakenteinen lisäkerros on sallittua toteuttaa ilman sprinklausta eli automaattista palonsammutusjärjestelmää. Jos lisäkerroksia on kaksi, sprinklaus on oltava sekä lisäkerroksissa, että niiden alapuolisessa betonirakenteisessa kerroksessa (kuva 6). (Paloturvallinen puutalo 2021, 74)



Kuva 6. Kun puisia lisäkerroksia on kaksi sprinklaus tulee myös ylipään betonirakenteiseen kerrokseen (Puuinfo Oy 2021)

Suomessa rakennusmateriaalit luokitellaan yleiseurooppalaisen paloluokituksen mukaan. Paloluokitus riippuu materiaalin syttymisherkyydestä, palon leviämiseen liittyvistä ominaisuuksista ja palavien pisaroiden tuottamisesta. Luokat A1, A2, B, C, D, E ja F kuvaavat materiaalin osallistumista paloon. Esimerkiksi betoni on luokan A1 materiaali, eli se ei osallistu paloon ollenkaan. Käsittelemätön puu kuuluu luokkaan D, mutta palosuojakäsittelyllä se voi nousta luokkaan B-s1, d0 saakka. (Karjalainen 2011, 25)

Lisäkerrosten julkisivuverhous tulee toteuttaa vähintään D-s2, d2-luokan tarvikkeista, eli siihen sopii esimerkiksi palosuojakäsittelemätön puu. Tällöin tarvitaan kuitenkin paloräystäitä. Paloräystäiden tulee kuulua luokkaan EI-30, eli niiden tiivyyden ja eristävyys on palotilanteessa säilyttävä 30 minuuttia. Paloräystäitä ei tarvita, jos verhouksen paloluokka on vähintään B-s2, d0. (Puuinfo 2020a)

Palomääräysten mukaan lisäkerroksen porrashuoneen rakenteiden ja portaiden on oltava A2-s1, d0-luokan rakennustarvikkeista rakennettuja. Ne ovat siis tyypillisesti betonirakenteisia, muurattuja tai teräsrakenteisia. (Paloturvallinen puutalo 2021, 74)

4. ESIMERKKIKOHDE HAKAPAAVO

Hyvinkään Paavolassa toteutettiin vuonna 2016 lisäkerroshanke vuonna 1972 rakennettuun Hyvinkään Vuokra-asunnot Oy:n omistamaan vuokrakerrostaloon. Arkkitehtisuunnittelusta vastasi Tengbom Eriksson Arkkitehdit Oy ja rakennesuunnittelusta Teeman Oy sekä Koskinen Oy. Projektin pääurakoitsija oli Consti Julkisivut Oy. (Puuinfo 2020c)

Hakapaavo on tyypillinen 1970-luvun lamellikerrostalo (kuva 7). Se on rakennettu betonisandwich elementeistä. Taloon rakennettiin yksi uusi lisäkerros puuelementeistä ja samassa yhteydessä tehtiin peruskorjaus. Peruskorjauksessa uusittiin talotekniikka, hissit ja julkisivut. Kaikki muut paitsi alin kerros lisäeristettiin levyrappauksella. Myös asuntojen pinnat ja märkätilat uusittiin. Korjauksilla saatiin parannettua talon energiatehokkuutta. Korjausten tavoitteena oli nostaa rakennus energialuokkaan B, mikä myös onnistui. (Puuinfo 2020c) Näin suuri energiatehokkuuden parantaminen on korjausrakentamisessa melko poikkeuksellista (Oiva Wood Solutions).



Kuva 7. Hakapaavo ennen uudistusta (Naukkarinen 2016)

Lisäkerroksen rakentamista varten haettiin kaavamuutosta, joka mahdollisti rakennuksen korottamisen yhdellä kerroksella. Lisäkerros on rakennettu puisista suurelementeistä. Suunnittelua ohjasi alapuolisen kerroksen seinälinjojen sijainti. Lisäkerroksen huoneistojenväliset seinät sovitettiin samoihin linjoihin alapuolisten kantavien seinien

kanssa ja ulkoseinät ovat samoilla kohdilla kuin alempien kerrosten lisäeristetyt seinät. Uuteen kerrokseen rakennettiin yhteensä 14 asuntoa. (Puuinfo 2020c)

Lisäkerrosrakentamisella voidaan vastata erityyppisten asuntojen kysyntään. Hakapaavossa lisäkerroksessa on pieniä yksiöitä ja kaksioita, jollaisia rakennuksessa ei aikaisemmin ollut. Myös vanhojen kerrosten huoneistojakoa muutettiin ja niihin lisättiin pieniä asuntoja. (Puuinfo 2020c) Rakennukseen tuli yhteensä 24 uutta asuntoa (Oiva Wood Solutions).

Projektilla haluttiin parantaa alueen imagoa ja parantaa rakennuksen arkkitehtonista ilmettä. Uusi korotuskerros erottuu muusta rakennuksesta punertavalla värillään. Uutta väriä saaneet julkisivut ja talon päätyihin asennetut uudet parveketornit muuttavat rakennuksen ulkonäköä paljon (kuva 8). 1970-luvun ilmeestä on jäljellä lähinnä rakennuksen muoto. (Puuinfo 2020c)



Kuva 8. Hakapaavo uudistusten jälkeen (Naukkarinen 2016)

5. YHTEENVETO

Kun kaupunkeihin muuttavan väestön määrä lisääntyy ja asuntojen tarve kasvaa, tulee rakentaminen lisääntymään. Rakentamisen suurien ympäristöpäästöjen takia tulisi keskittyä ympäristöystävällisiin vaihtoehtoihin. Lisärakentamalla olemassa olevien alueiden loimaan säästetään ympäristöä. Lisärakentaminen parantaa myös alueiden elinvoimaisuutta.

Myös olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuuden parantaminen on tärkeää ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Suuren määränsä vuoksi lähiökerrostalot aiheuttavat haasteen. Niiden korjaustarve on ilmeinen ja siihen tulisi löytää ratkaisuja. Kalliit korjaushankkeet eivät välttämättä houkuta taloyhtiöitä. Lähiökerrostalot saatetaan nähdä myös menetettynä rakennuskantana niiden useiden puutteiden vuoksi ja purkaminen nähdään parempana vaihtoehtona. Ekologisia ja taloudellisia seikkoja tarkastellessa lähiökerrostalojen korjaaminen ja korottaminen voi kuitenkin olla parempi vaihtoehto purkamiselle ja uudisrakentamiselle.

Lisäkerrosrakentaminen tarjoaa hyvän vaihtoehdon korjauskulujen rahoittamiseen. Lisärakentaminen voi olla ratkaiseva tekijä siinä, että taloyhtiöt ryhtyvät korjausprojekteihin. Lisärakentamisella voidaan saada lähiöissä aikaan monia muutoksia niin alueen kuin yksittäisen talon tasolla. Uudet asunnot lisäävät alueen vetovoimaisuutta ja lisäävät asukaskuntaa. Korottamalla rakennuksia ylöspäin säilytetään tilaa maantasossa ja rakennusten ympäristöt säilyvät yhtä väljinä kuin ennenkin. Lisäkerrokset kohentavat rakennusten ulkonäköä ja parantavat alueen ilmettä. Puisessa korotusrakentamisessa on monia hyötyjä. Uusiutuvana ja karttuvana materiaalina puu on ekologinen valinta myös lisäkerrosrakentamisessa. Sen käyttöä kannatta rakentamisessa lisätä, jotta uusiutumattomien materiaalien käyttäminen vähenisi.

Toisaalta lisäkerrosrakentamisessa on myös omat haasteensa. Lisäkerrosrakentamisen toteuttaminen vaatii suunnittelua ja selvitystä lainsäädännöllisiin asioihin liittyen. Toisaalta hankkeet voivat myös kohdata vastustusta rakennusten asukkaiden suunnalta. Lisäkerrosrakentamiseen ei kannata lähteä, ellei sille ole kysyntää. Puun käyttö aiheuttaa omat erityiskysymyksensä.

Kaiken kaikkiaan puinen lisäkerrosrakentaminen olisi hyvä vaihtoehto lähiöiden lisärakentamiseen. Korotusrakentaminen toisi positiivisia muutoksia väheksytyihin lähiöihin ja mahdollistaisi niiden kehittymisen.

LÄHTEET

Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus (ARA), 2021. *Hissien jälkiasennus- ratkaisuosopas taloyhtiöille*. Saatavissa: [https://www.ara.fi/fi-FI/Ohjelmat/Hissilla_kotiin/Tuustu_hissien_jalkiasennuksen_ratkaisu\(61020\)](https://www.ara.fi/fi-FI/Ohjelmat/Hissilla_kotiin/Tuustu_hissien_jalkiasennuksen_ratkaisu(61020)) [noudettu 11.4.2024].

Hilli-Lukkarinen, M., 2019. *Korotusrakentamisen suunnitteluun vaikuttavat tekijät: Tampereella toteutettujen kohteiden tarkastelu*. Tampereen Yliopisto. Diplomityö. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tyy-201904161397> [noudettu 11.4.2024].

Huuhka, S., Vainio, T., Moisio, M., Lampinen, E., Knuutinen, M., Bashmakov, S., Köliö, J., Ala-Kotila, P & Lahdenperä, P., 2021. *Purkaa vai korjata? Hiilijalanjälkivaikutukset, elinkaarikustannukset ja ohjauskeinot*. Ympäristöministeriö. Ympäristöministeriön julkaisu 2021: 9. Saatavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/162862> [noudettu 13.4.2024].

Hytönen, Y. & Seppänen, M., 2009. *Tehdään elementeistä. Suomalaisen betonielementtirakentamisen historia*. Jyväskylä: SBK-säätiö.

Karjalainen, M., 2011. Puujulkisivujen paloturvallisuus. Teoksessa: A, Soikkeli, toim. 2011. *Puun mahdollisuudet lähiöiden korjauksessa*. Oulu: Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto. Saatavissa: https://www oulu.fi/ark/tiedostot/puun_mahdollisuudet_lahioiden_korjauksissa_web.pdf [noudettu 13.4.2024].

Koiso-Kanttila, J., 2011. Puun mahdollisuudet lähiösaneerauksessa Teoksessa: A, Soikkeli, toim. 2011. *Puun mahdollisuudet lähiöiden korjauksessa*. Oulu: Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto. Saatavissa: https://www oulu.fi/ark/tiedostot/puun_mahdollisuudet_lahioiden_korjauksissa_web.pdf [noudettu 13.4.2024].

Lukkarinen, S., Kärki, A., Saari, A. & Junnonen, J., 2011. *Lisärakentaminen osana korjausrakentamishanketta*. Ympäristöministeriö, Ympäristöministeriön raportteja 27/2011. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-3931-4> [noudettu 14.3.2024].

Oiva Wood Solutions. Hakapaavon lisäkerros. Saatavissa: <https://oivawood.com/referenssi/hakapaavon-lisakerros/> [noudettu 13.4.2024].

Pakkala, P. 2023. *Asumalähiörakentaminen 1900-luvun jälkipuolella*. Museovirasto. Saatavissa: https://www.museovirasto.fi/uploads/Kulttuuriymparisto/Kaupungistuminen_kasvun_kaavoitus_ ja_ asumisen_ alueet/ Asumalahiorakentaminen_1900-luvun_jal_kipuolella.pdf [noudettu 20.1.2024].

Puuinfo, 2020a. Lähiötalon korjaus ja lisäkerrosrakentaminen. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/rakenteet/lahiotalon-korjaus-ja-taydennysrakentaminen/> [noudettu 16.1.2024].

Puuinfo 2020b, 2020. *Puun käytön ympäristövaikutukset*. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/puutieto/ymparistovaikutukset/> [noudettu 14.4.2024].

Puuinfo, 2020c. Yleisemmät rakennejärjestelmät. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/puutieto/kayttokohteet/yleisimmat-rakennejarjestelmat/> [noudettu 14.4.2024].

Puuinfo, 2020d. *Hakapaavon lisäkerros*. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/arkkitehtuuri/korjaus-ja-taydennysrakentaminen/hakapaavon-lisakerros/> [noudettu 14.4.2024].

Puuinfo Oy, 2021. *Paloturvallinen puutalo: asuin- ja toimitilarakentaminen*. Helsinki: Puuinfo Oy. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/suunnittelu/ohjeet/paloturvallinen-puutalo-asuin-ja-toimitilarakentaminen/> [noudettu 12.4.2024].

Siikanen, U., 2008. *Puurakentaminen*, Helsinki: Rakennustieto Oy

Soikkeli, A., 2011a. Kuusi esimerkkilähiötä. Teoksessa: A, Soikkeli, toim. 2011. *Puun mahdollisuudet lähiöiden korjauksessa*. Oulu: Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto. Saatavissa: https://www.oulu.fi/ark/tiedostot/puun_mahdollisuudet_lahioiden_korjauksissa_web.pdf [noudettu 12.4.2024].

Soikkeli, A., 2011b. Lähiöistä muodostuu korjaamisen ja täydennysrakentamisen painopiste. Teoksessa: A, Soikkeli, toim. 2011. *Puun mahdollisuudet lähiöiden korjauksessa*. Oulu: Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto. Saatavissa: https://www.oulu.fi/ark/tiedostot/puun_mahdollisuudet_lahioiden_korjauksissa_web.pdf [noudettu 12.4.2024].

Soikkeli, A., Koiso-Kanttila, J. & Heikkinen., 2015. *Korjaa ja korota – Malleja ja ideoita kerrostalojen korjaamiseen ja lisäkerrosten rakentamiseen*. Oulun yliopisto. Saatavissa: <http://jultika.oulu.fi/files/isbn9789526208565.pdf> [noudettu 20.1.2024].

Soimakallio, S. Häkkinen, T. & Seppälä, J. 2021. *Puutuotteet hiilivarastona ja uusiutumattomien materiaalien korvaajina*. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/items/0a3dad04-c613-4fd6-9b1c-7a0120501f42> [noudettu 14.4.2024].

Somelar, D. 2020 *Lisäkerrosrakentamisen opas asunto- ja kiinteistöosakeyhtiöille-Lisäkerrosrakentamishankkeen vaiheet ja osapuolet*. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-1972-4> [noudettu 14.3.2024].

Tolppanen, J., Karjalainen, M., Lahtela, T. & Viljakainen, M., 2013. *Suomalainen puu-kerrostalo: rakenteet, suunnittelu ja rakentaminen*. Tampere: Opetushallitus.

Viljakainen, M., 2011. Puun kilpailukyky lähiötalojen korjauksessa. Teoksessa: A, Soikkeli, toim. 2011. *Puun mahdollisuudet lähiöiden korjauksessa*. Oulu: Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto. Saatavissa: https://www.oulu.fi/ark/tiedostot/puun_mahdollisuudet_lahioiden_korjauksissa_web.pdf [noudettu 12.4.2024].

KUVALÄHTEET

Kuva 1: Hytönen, Y. & Seppänen, M., 2009. *Tehdään elementeistä*. [piirros] Teoksessa: *Suomalaisen betonielementtirakentamisen historia*. Helsinki: SBK-säätiö, s. 97

Kuva 2: Huuhka ym., 2021. [viivadiagrammi] Saatavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/162862> [noudettu 13.4.2024].

Kuva 3: Huuhka ym., 2021. [viivadiagrammi] Saatavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/162862> [noudettu 13.4.2024].

Kuva 4: Puuinfo, 2020c. [valokuva] Saatavissa: <https://puuinfo.fi/puutieto/kayttokohteet/yleisimmat-rakennejarjestelmat/> [noudettu 12.4.2024].

Kuva 5: Puuinfo, 2020b. *Puun käytön ympäristövaikutukset*. [pylväsdiagrammi] Saatavissa: <https://puuinfo.fi/puutieto/ymparistovaikutukset/puurakenteissa-hiili-sailyy-pitkaan/> [noudettu 12.4.2024].

Kuva 6: Puuinfo Oy, 2021. [piirros] Saatavissa: <https://puuinfo.fi/suunnittelu/ohjeet/paloturvallinen-puutalo-asuin-ja-toimitilarakentaminen/> [noudettu 12.4.2024].

Kuva 7: Naukkarinen, M., 2016. *Hakapaavo ennen uudistusta*. [valokuva] Saatavissa: <https://proofer.faktor.fi/epaper/Puu116/#19/z> [noudettu 14.4.2024].

Kuva 8: Naukkarinen, M., 2016. *Hakapaavo uudistusten jälkeen*. [valokuva] Saatavissa: <https://proofer.faktor.fi/epaper/Puu116/#19/z> [noudettu 14.4.2024].