

Markus Lehtonen

# KANNATTAAKO PUUSTA RAKENTAA SUOMESSA?

Kandidaatin tutkielma  
Rakennetun ympäristön tiedekunta  
Tarkastaja: Markku Karjalainen  
Tarkastaja: Teemu Hirvilammi  
Huhtikuu 2022

# TIIVISTELMÄ

Markus Lehtonen: Kannattaako puusta rakentaa Suomessa? (Is timber building worthwhile in Finland?)

Tampereen yliopisto

Arkkitehtuurin TkK-tutkinto-ohjelma

Kandidaatintyö

Huhtikuu 2022

---

Tässä tutkielmassa selvitetään kannattaako puusta rakentaa Suomessa. Kysymystä tarkastellaan erityisesti Suomen metsävarojen kestävästä käytöstä, rakentamisen tuotesidonnaisten päästöjen vähentämisen ja hiilidioksidipäästötavoitteiden näkökulmasta.

Tutkielmassa ongelmaa kartoitetaan avaamalla tieteellisiä artikkeleita, ministeriöiden tukemia hankkeita, rakennusalan julkaisuja sekä metsä- ja rakennusalojen asiantuntijoiden näkemyksiä.

Tutkielmassa todetaan Suomen metsien kasvuvauhdin ylittävän merkittävästi nyt rakennusteollisuuden käyttämän puumäärän. Rakentamalla puurunkoisia taloja, ei saada puuta Suomesta loppumaan ja rakennusteollisuus voisi käyttää nykyistä merkittävästi enemmän puuta.

Tutkielmassa todetaan, että puurakentamisella on suuri muutospotentiaali rakentamisen kokonaishiilipäästöissä. Erityinen merkitys sillä on pitkäaikaisten hiilivarastojen muodostumisen kannalta ja korvausvaikutuksen kannalta. Rakennettaessa puusta muodostuu kymmenien, jopa satojen, vuosien ikäisiä hiilivarastoja, jotka auttavat pitämään hiilidioksidin poissa ilmakehästä. Puurakentamisen korvausvaikutus muodostuu siitä, että käyttämällä puista rakennustuotteita voidaan korvata muista rakennusaineista valmistettuja tuotteita ja näin laskea rakentamisen kokonaishiilijalanjälkeä merkittävästi.

Tutkielmassa todetaan puurakentamisen tukevan hyvin Suomen kunnianhimoisia hiilineutraaliustavoitteita tulevina vuosikymmeninä. Puurakentamisella todetaan olevan suurin kasvumahdollisuus asuinrakentamisessa tulevina vuosikymmeninä. Puurakentamisen etuna nähdään olevan erityisesti mahdollisuus perinteisiä menetelmiä nopeampaan rakentamiseen.

Puurakentamisen kasvua jarruttaviksi tekijöiksi tutkimuksessa todetaan rakennusalan tiedon ja kokemuksen puute korkean puurakentamisen osalta, puutteellinen puurakennustuotteiden standardointi sekä puurakennushankkeiden kokeminen taloudellisena riskinä.

Avainsanat: Puurakentaminen, hiilijalanjälki, hiilikädenjälki, hiilivarasto

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

## Sisällysluettelo

1. Johdanto .....	3
1.1 Tavoitteet .....	3
1.2 Menetelmät .....	3
2. Suomen hiilitalous.....	5
2.1 Metsävarat Suomessa .....	5
2.2 Puun käyttö .....	6
2.3 Puuteollisuus.....	8
2.4 Metsän ja puutuotteiden hiilensidonta .....	8
2.5 Suomen hiilinielut .....	9
2.6 Hiilivarastot ja korvausvaikutus .....	9
3. Rakentamisen hiilipäästöt.....	11
3.1 Koko rakentamistalouden hiilipäästöt .....	11
3.2 Puurakentamisen hiilipäästöt .....	12
3.3 Hiilineutraaliustavoite 2035 .....	13
4. Puun käytön mahdollisuus rakentamisessa.....	15
4.1 Puun ominaisuudet .....	15
4.2 Rakentamisen suuri tarve tulevaisuudessa.....	17
4.2.1 Puurakentamisen mahdollisuudet.....	18
4.2.2Puurakentamisen tulevaisuus.....	20
5 Pohdinta .....	24

# 1. Johdanto

Tässä tutkielmassa käsitellään puurakentamista ja erityisesti puukerrostalorakentamista sen osana Suomessa. Aihe on ajankohtainen. Puurakentamisessa tapahtuu paljon ja käynnissä on monia tutkimus- ja kehityshankkeita alaan liittyen. Lisäksi puurakentaminen liittyy vahvasti Suomen keskipitkän ja pitkän aikavälin ympäristötavoitteisiin pääsyyn toisaalta hiilidioksidipäästöjen ehkäisemisen kautta ja toisaalta hiilinielujen ja hiilivarastojen kasvattamisen kautta.

Hiilidioksidipäästöt, -nielut ja -varastot ovat luonnon monimuotoisuuden katoamisen, metsien tehokäytön ja yleensä maailman varantojen ylikuluttamisen ohella ajankohtaisia puheenaiheita. Puurakentamisella voidaan lähestyä näitä aiheita metsätalouden ja kestäväen kehityksen näkökulmista. Puurakentamisella on paljon hyödyntämätöntä potentiaalia Suomessa varsinkin korkean rakentamisen osalta.

Puulla on erinomaisia pienen ja suuren mittakaavan rakentamiselle otollisia ominaisuuksia. Erityisen hyvin rakentamiseen sopivien ominaisuuksiensa sekä uusiutuvana materiaalina Suomessa lähes rajattoman saatavuutensa ansiosta puu soveltuu hyvin rakennusmateriaaliksi. Suomessa on myös vahva puurakentamisperinne ja materiaalina puu on suomalaisille tuttu. Toisaalta puulla on rakennusmateriaalina myös heikkoja ominaisuuksia eikä korkealla puurakentamisella ole pitkiä perinteitä Suomessa.

## 1.1 Tavoitteet

Tutkielman tavoitteena on kartoittaa puurakentamisen mahdollisuuksia Suomessa. Osa mahdollisuuksista on käytetty ja osaa mahdollisuuksista on vielä suurelta osin käyttämättä. Tavoitteena on yrittää löytää metsätalouden ja kansantalouden kannalta järkeviä mahdollisuuksia hyödyntää käyttämätöntä puurakentamisen potentiaalia.

Tavoitteena on kartoittaa, kuinka paljon Suomessa on metsää, kuinka paljon metsät uusiutuvat ja kuinka paljon niitä voidaan käyttää kestävästi pitkällä ja lyhyellä aikavälillä. Metsien käyttö sekä puutuotteiden ja massatuotteiden valmistus ja hiililaskenta osana edellisiä ovat melko monimutkainen on monitulkintainenkin aihe, johon yritetään löytää vastaus.

Tavoitteena on kartoittaa mitä tuotteita suomalaisesta puusta ja tuontipuusta valmistetaan ja onko mielekäästä lisätä rakentamisen puutuotteiden osuutta nykyisestäään.

Tavoitteena on löytää todennäköinen ennuste suomalaiselle puurakentamiselle keskipitkällä aikavälillä sekä perustella mistä syistä puurakentamisen osuutta rakentamisesta pitäisi kasvattaa tai pienentää.

## 1.2 Menetelmät

Puurakentamisen mahdollisuuksia tutkitaan tutkimalla tieteellisiä artikkeleita ja rakennusalan julkaisuja sekä kartoittamalla metsä- ja rakennusaloilla toimivien asiantuntijoiden näkemyksiä

aiheesta. Samaten kartoitetaan Työ- ja elinkeinoministeriön sekä ympäristöministeriön rakentamista koskevia linjauksia ja määräyksiä sekä hallitusohjelman hiilineutraaliustavoitteita.

Tavoitteeseen kartoittaa kuinka paljon Suomessa on metsää, kuinka paljon metsät uusiutuvat ja kuinka paljon niitä voidaan jatkossa käyttää, tutkitaan Puuinfon, Metsäkeskuksen, Luonnonvarakeskuksen ja ympäristöministeriön dokumentteja.

Tavoitteeseen kartoittaa mitä tuotteita suomalaisesta puusta ja tuontipuusta valmistetaan, vastataan kartoittamalla puutavaran viennin ja tuonnin tilastoja ja tarkastelemalla käytettyjä puun kuutiometrimääriä ja tuotteiden alakohtaisia euromääriä. Kysymystä siitä, onko mielekästä lisätä rakentamisen puutuotteiden osuutta nykyisestäään, verrataan siihen kuinka paljon kysyntää ja tarjontaa puutuotteissa on ja mitä muutoksia puutuotteisiin ja niiden järjestelmiin pitäisi tehdä, jotta järjestelmät palvelisivat rakennusteollisuutta nykyistä paremmin.

Tavoitteeseen löytää ennuste suomalaiselle puurakentamiselle keskipitkällä aikavälillä vastataan ensisijassa sen kautta, kuinka paljon Suomeen tarvitaan tulevana vuosina asuntoja. Kartoitetaan tähän asti valmistuneiden asuntojen määriä ja maahanmuuton ennusteiden ja väestönkasvun ennusteiden pohjalta yritetään ennakoida, kuinka paljon asuntoja lähitulevaisuudessa tarvitaan. Kartoitetaan kuinka suuri osuus asuinrakentamisesta ja vapaa-ajan rakentamisesta on puurakentamista ja ennakoidaan mihin osuus todennäköisimmin kääntyy.

## 2. Suomen hiilitalous

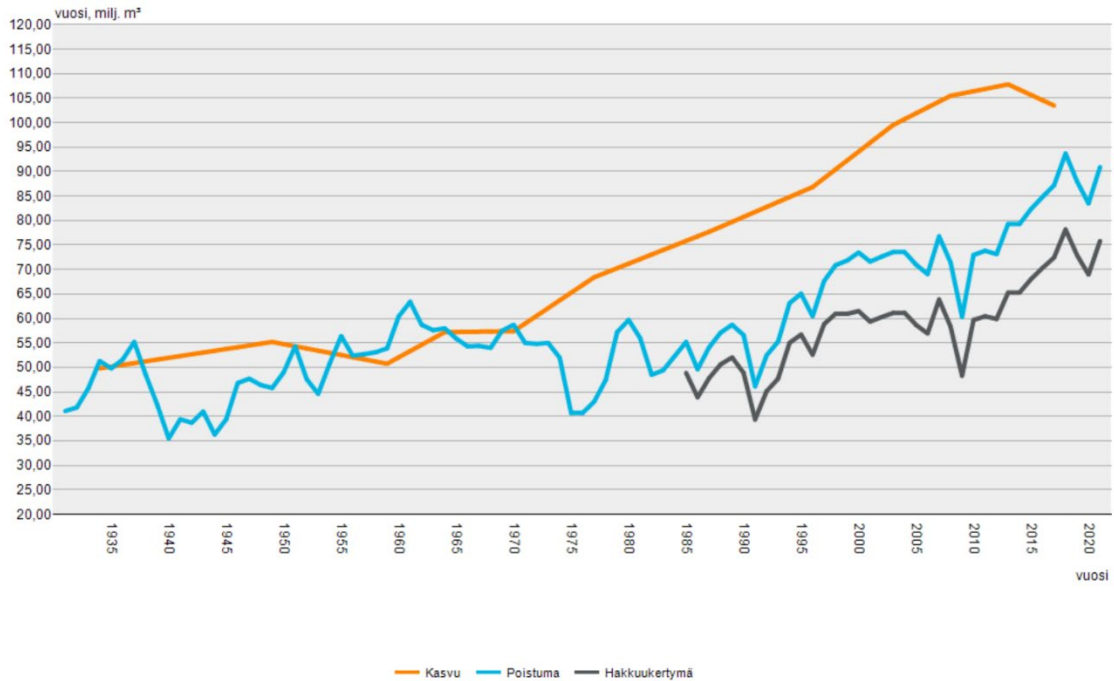
*Tässä luvussa tarkastellaan seuraavia kysymyksiä: Kuinka paljon Suomessa on metsävaroja? Missä yhteydessä hiilinielut, hiilensidonta ja hiilipäästöt ovat toisiinsa? Mitä suomalaisesta puusta ja tuontipuusta valmistetaan? Pitäisikö metsiä käyttää nykyistä enemmän vai vähemmän? Voidaanko puurakennuksia käyttää hiilivarastoina?*

Puun käytöllä on olennainen merkitys ilmastonmuutoksen torjunnassa. Metsätalouden kestävä harjoittaminen ja metsien monimuotoisuuden säilyttäminen voidaan molemmat nimetä kuluvan vuosikymmenen eräiksi tärkeimmistä puheenaiheista. Se kuinka puu kasvatetaan suomalaisessa metsässä, kuinka se hakataan pois, sekä se mihin puu kuljetetaan jatkojalostettavaksi ovat tärkeitä tekijöitä hiilitaloudessa. Samoin tärkeää on se, mitä puusta tehdään ja mihin jatkojaloste kuljetetaan edelleen käyttöä tai jatkojalostusta varten. Nämä tekijät sanelevat osaltaan sitä, minkälaiseksi metsien nettohiilitalous muodostuu.

### 2.1 Metsävarat Suomessa

Suomessa on pinta-alaan suhteutettuna suuret määrät metsää ja puun määrä myös kasvaa. Mittaustapojen moninaisuudesta huolimatta Suomi on Euroopan metsäisin maa. Korhosen mukaan metsätalousmaiden osuus suomen maapinta-alasta on 86 % eli 26,2 miljoonaa hehtaaria (Korhonen ym. 2016). Puuinfo ilmoittaa metsien osuudeksi 71,6 % Suomen pinta-alasta (Puuinfo, 2019).

Puun määrä on tilavuudella mitattuna kasvanut noin 70 prosenttia viimeisen 50 vuoden aikaan (Henttonen, ym. 2017). Erityisesti männyn määrä on Suomen metsissä kasvanut viimeisen sadan vuoden aikana, mutta myös lehtipuustoa on enemmän kuin verrattaessa tilanteeseen 1920-luvulla (Korhonen ym. 2016). Kasvuun ovat vaikuttaneet eniten soiden ohitus, metsänhoito ja vajaatuottoisten metsien uudistaminen paremmin tuottaviksi metsiksi. Myös lämpenevällä ilmastolla on ollut oma osansa puun kasvun lisäyksessä. Henttosen ym. (2017) mukaan noin kolmannes kasvun lisäyksestä tällä aikavälillä selittyy ympäristötekijöillä eli ravinteiden ja ilmaston muutoksilla. Kaksi kolmannesta puolestaan selittyy puuston vanhenemisella ja metsänhoidon muutoksilla. Verrattain suomalainen metsä on edelleen harvaa ja nuorta. Luonnonvarakeskuksen mukaan kuutiometreinä mitattuna Suomen metsät ovat yhteensä noin 2500 miljoonan kuutiometrin kokoiset ja tilavuuden kasvua on 1920-luvun vertailuajankohtaan tullut 70 prosenttia (Korhonen, ym. 2021). Painona ilmaistuna suomalaisten metsien sisältämä puun määrä on noin 1700 miljoonaa tonnia.



Kuvio 1. Puun kasvun poistuman sekä hakkuukertymän kehitys vuosina 1935-2020 (Luonnonvarakeskus, 2020)

Puuston kokonaistilavuus on 2,4 miljardia kuutiometriä (Korhonen ym. 2016). Metsän tiheydellä mitattuna puuta on suomalaisissa metsissä keskimäärin 120m<sup>3</sup>/ha kun luku 1970-luvulla oli 75m<sup>3</sup>/ha. Metsien sisältämä puumäärä siis kasvaa merkittävää vauhtia. Etelä-Suomen metsät ovat massalla mitattuna merkittävästi tiheämpiä kuin Pohjois-Suomen metsät. Etelä-Suomen metsissä puuta on keskimäärin 144m<sup>3</sup>/ha kun Pohjois-Suomessa luku on 88m<sup>3</sup>/ha (Henttonen ym. 2017).

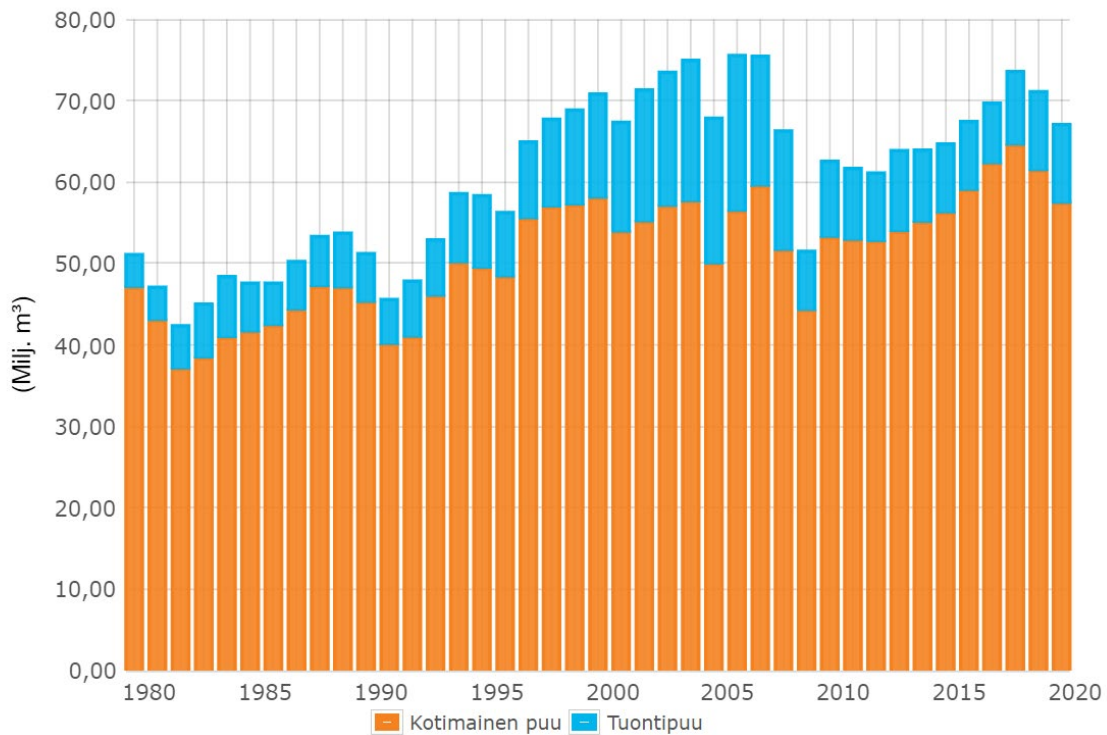
Vuotuinen kasvun ja hakkuun välinen erotus on pysynyt melko tasaisena 1970-luvulta alkaen (Henttonen, ym. 2017). Puusto kasvaa vuodessa on 110 miljoonaa kuutiometriä ja sitä poistuu luonnollisesti ja hakkuissa noin 86 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (Korhonen, ym. 2021), jolloin lisäystä metsiin tapahtuu noin reilun 20 miljoonan kuutiometrin verran vuodessa.

Kokonaistilavuuden kasvun lisäksi myös järeiden (yli 30 cm läpimittaisten) puiden määrä on koko Suomen tasolla 3,5-kertaistunut 1920-luvun noin 130 miljoonasta kuutiometristä 2010-luvun 470 miljoonaan kuutiometriin. (Korhonen, 2016, 6) Karkeasti tarkasteltaessa Suomen metsiä tilavuudella mitattuna puustosta noin 50 % on mäntyä, 30 % kuusia ja loput 20 % lehtipuita. (Korhonen, ym. 2021)

## 2.2 Puun käyttö

Luonnollisen poistuman ja metsähukkapuun jälkeen hakkuukertymäksi jäi metsähakkuun ennätysvuonna 2018 noin 78 miljoonaa kuutiometriä. Tästä noin 2 miljoonaa kuutiometriä laitettiin vientiin. Käytettävissä oli esimerkkivuonna yhteensä noin 84 miljoonaa kuutiometriä raakapuuta kun mukaan lasketaan myös tuontipuun osuus. Tästä osuudesta noin 13 % käytettiin lämpö- ja voimalaitosten sekä pientalojen lämmityksen polttoaineena. Lämmityskäytön

jälkeen jäljelle jäävä raakapuu jakaantuu karkeasti kahteen osaan; puutuoteteollisuuteen ja massateollisuuteen. Massateollisuudella tarkoitetaan selluteollisuutta, mekaanista massateollisuutta ja puolikemiallista massateollisuutta yhdessä. Vuonna 2018 Suomessa kaadetusta ja tuodusta raakapuusta 30,6 miljoonaa kuutiometriä (36 %) käytettiin puutuoteteollisuuteen ja 43,0 miljoonaa kuutiometriä (51 %) käytettiin massateollisuuteen. (Korhonen, ym. 2021)



Kuvio 2. Metsäteollisuuden kotimaisen ja tuontiraakapuun käyttö (Luonnonvarakeskus)

Huippuvuosista on tultu vähän alaspäin. Raakapuuä käytettiin vuonna 2020 yhteensä 67 miljoonaa kuutiometriä, mikä oli 6 % edellisvuotta vähemmän. Tuonnin osuus on viime vuodet pysynyt samoissa lukemissa, mutta kotimaisen puun käyttö on pienentynyt tasaisesti huippuvuodesta 2018. Kuvioista 2 nähdään, että kotimaisen puun kulutus on viime vuodet ollut laskussa.

Sahattaessa tukkipuuta saadaan sahatavaraa tuotettua noin puolet tukkien tilavuudesta (Puuinfo, 2020). Teollisuuden alat mukaan luettuna sahateollisuus ja hakkuut synnyttävät merkittävän sivutuotevirran jättepuuta (hake, puru ja kuori), jota voidaan käyttää lämmittämiseen ja massateollisuuteen. Näistä virroista massateollisuus käytti esimerkivuonna 2018 noin 9 miljoonaa kuutiometriä ja energiantuotannossa käytettiin noin 16 miljoonaa kuutiometriä. Sivutuote- ja jättepuuvarastoista voidaan käyttää osa myös lastulevyjen, kuitulevyjen ja pallettien valmistamiseen. Näiden osuus jättevirroista oli noin miljoona kuutiometriä. Puuainesten sivuvirrat huomioiden oli massateollisuuden osuus lämmöntuotannon jälkeen jäävästä osuudesta siis yhteensä 43,0 miljoonaa kuutiometriä, mikä vastaa noin 58 % osuutta. Vastaavasti puutuoteteollisuuden lämmöntuotannon jälkeen käyttämästä osuudesta oli 30,6 miljoonaa kuutiometriä, mikä vastaa noin 42 % osuutta. (Korhonen, ym. 2021)



Voidaan siis sanoa, että suomalaisien metsien vuosittaisesta käytöstä tuotteiksi jalostuvasta osasta karkeasti 40 % jalostuu puutuotteiksi ja 60 % massatuotteiksi.

### 2.3 Puuteollisuus

Puulla on suuri ja edelleen kasvava rooli lyhyen elinkaaren tuotteissa Suomessa. Suomessa valmistetaan vuosittain paperia ja kartonkia noin 10,6 miljoonaa tonnia, josta vientiin lähtee 10,0 miljoonaa tonnia. Tuonnin vastaava osuus paperissa ja kartongissa on vain 0,3 miljoonaa tonnia vuosittain. Puumassatuotteita tuotetaan vuosittain 11,7 miljoonaa tonnia, josta viennin osuus on 4,0 miljoonaa tonnia. Tuonnin vastaava osuus on vain 0,5 miljoonaa tonnia. (Korhonen, ym. 2021)

Sahatavaran osalta viennin luvut ovat samansuuntaisia. Kotimaista sahatavaran tuotantoa on vuosittain 11,8 miljoonaa kuutiometriä, josta vientiin lähtee 8,7 miljoonaa kuutiometriä ja kotimaan käyttöön jää vain 3,8 miljoonaa kuutiometriä. Tuonnin osuus sahatavarasta on 0,6 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Samoin vanerista suurin osa tehdään vientimarkkinoille. Kotimaista tuotantoa on 1,2 miljoonaa kuutiometriä, josta vientiin lähtee 1,0 miljoonaa kuutiometriä vaneria ja kotimaiseen kulutukseen jää 0,3 miljoonaa kuutiometriä. Tuontia on vain 0,1 miljoonan kuutiometrin verran vuosittain. (Korhonen, ym. 2021)

Sekä massatuotteista että puutuoteteollisuuden tuotteista valtaosa siis myydään Suomesta ulkomaan markkinoille. Puutuoteteollisuus on Suomessa vahva ja se on yksi merkityksellisimmistä ja vanhimmista toimialoista Suomessa. Biopohjaisten tuotteiden kehittyessä ja liiketoiminnan kasvaessa tulee puutuotteiden merkitys yhä Suomessa kasvamaan. Rahassa mitattuna puutuote- ja huonekaluteollisuuden tuotannon bruttoarvo on noin 8 miljardia euroa (7,7 mrd e vuonna 2020) vuosittain (verohallinnon tilastotietokanta).

Puuta on siis Suomen metsissä paljon ja se myös uusiutuu enemmän kuin sitä tällä hetkellä kaadetaan. Puusto kasvaa yli 100 000 000 kuutiometriä vuodessa. Voitaisiin siis karkeasti laskea, että rakennettaessa kaikki vuotuiset noin 13 000 kerrostaloasuntoa CLT-runkoisina rakennuksina, kasvavat suomalaiset metsät tätä vastaavan 573 000 kuutiometrin verran kahdessa vuorokaudessa (Karjalainen, 2016). Suomen koko rakennusteollisuuden käyttämä vuotuinen puumäärä kasvaa Suomen metsissä noin päivässä (Puuinfo, 2020). Puu ei siis metsistämme lopu puusta rakentamalla.

### 2.4 Metsän ja puutuotteiden hiilensidonta

Yksi kuutiometri runkopuuta sitoo kasvaessa ilman hiilidioksidista noin 800 kg itseensä (Korhonen, ym. 2021). Tiheämpi puu on raskaampaa ja sitoo itseensä enemmän hiiltä per tilavuusyksikkö verrattuna kevyempään ja nopeammin kasvaneeseen epätiheään puuhun. Ilmaston muuttuessa on tullut erittäin tärkeäksi tarkastella metsien lisäksi myös puun käyttöä osana hiilitaloutta ja hiilen sitomista pois ilmakehästä. Puutuotteille voidaan laskea elinkaarensa mittainen hiilivarasto, johon hiilimolekyylit sitoutuu ilmasta osaksi kiinteää ainetta. Esimerkiksi pienehkön talon sisältäessä 30 kuutiometriä puurakenteita, voidaan talon ajatella sitovat noin 20 tonnin verran hiilidioksidia käyttöaikansa ajaksi.

*Hiilivarastolla* tarkoitetaan siis tiettyä paikkaa tai tuotetta, johon hiilimolekyylit on varastoituna ennen kuin se lopulta vapautuu takaisin ilmakehään. *Hiilinieluksi* voidaan kutsua hiilivarastoa, jonka koko kasvaa ajan suhteen eli varasto sitoo enemmän hiiltä kuin päästää ilmaan. Esimerkiksi vanha metsä voi olla suuri hiilivarasto, mutta pieni hiilinielu, koska vanha metsä voi tuottaa

ilmaan lähes sen saman hiilimäärän, jonka se ajan yksikössä tallettaa itseensä. *Hiilen lähteeksi* kutsutaan sellaista hiilivarastoa, joka päästää enemmän hiiltä ilmaan kuin pystyy tallettamaan ajan suhteen.

Kemiallisesti hiilen siirtyminen tapahtuu Auringon valon sisältämän energian muuttumisessa hiilihydraateiksi. Kasvien viherhiukkaset tuottavat auringon energiaa hyväksikäyttäen *fotosynteesissä* vedestä ja ilmakehän hiilidioksidista hiilihydraatteja. Nämä ovat sokeria ja tärkkelystä. Kasvit tarvitsevat hiilihydraatteja monimutkaisempien yhdisteiden rakentamisessa. Esimerkiksi puu tarvitsee kasvaakseen selluloosaa, hemiselluloosaa ja ligniiniä.

Ilmastonmuutoksen myötä on nopeasti havahduttu tarkastelemaan myös kokonaisten valtioiden tai maapallon hiilitaloutta ja pyrkimykseksi on pitkällä aikavälillä usein asetettu *hiilineutraalius*. Hiilineutraalius tarkoittaa sitä tilaa, jossa hiilidioksidipäästöt ovat samalla tasolla kuin hiilen sitoutuminen hiilivarastoihin.

Suuremmassa mittakaavassa suurimpia ja merkittävimpiä hiilinieluita ovat maaperä, metsät ja valtameret. Ne sitovat yhteensä noin 9,5–11 Gt hiilidioksidia vuosittain. Vertailun vuoksi maailman hiilidioksidipäästöt olivat noin 38 Gt. (Korhonen, ym. 2021)

Hiilineutraaliuden saavuttamiseksi on siis vähennettävä päästöjä. Huomionarvoista on myös se, että luontoon varastoitunut hiilidioksidi vapautuu ilmakehään lopulta jotakin kautta. Metsäpalot, maankäytön muutokset ja hakkuut vähentävät hiilivarastoja ja tähän voidaan ihmisen toimin vaikuttaa.

## 2.5 Suomen hiilinielut

Vuonna 2019 Suomen kokonaishiilipäästöt olivat noin 53 miljoonaa tonnia hiilidioksidiekvivalenttina ja vastaavasti Suomen metsien nettohiilinielu oli noin 26 miljoonaa tonnia hiilidioksidiekvivalenttina (Korhonen, ym. 2021). Metsät ovatkin Suomen ainoa merkittävä hiilinielu, joten niitä pitää kasvattaa ja hoitaa vastuullisesti niin lyhyellä kuin pitkällä aikavälillä. Edelliseen lukuun lasketaan myös puuston ohella metsien ja maaperän muutokset, jotka ihminen aiheuttaa. Suomessa on suhteessa muuhun EU-alueeseen paljon metsiä. EU:ssa hiilinielut ovatkin vertailun vuoksi noin 10 % luokkaa muiden sektoreiden päästöistä. Suomi siis päästää näiden lukujen nettona vuosittain noin 27 miljoonaa tonnia hiilidioksidia kun otetaan huomioon Suomen suurten metsien tuomat hiilinielut.

Hakkuut ovat Suomessa lisääntyneet 1930-luvulta alkaen. Yleisesti katsotaan kuitenkin, että hakatusta puusta tuotetuilla tuotteilla ja energialla on vältetty paljon fossiilisia päästöjä, joten metsien vastuullisen käytön voidaan katsoa aiheuttaneen ilmastohyötyjä.

Suomi on hallitusohjelmassaan (2019) nimennyt tavoitteeksi Suomen hiilineutraaliuden vuoteen 2035 mennessä. Näin Suomesta tulisi ensimmäinen fossiilivapaa hyvinvointivaltio. Muutos kuitenkin tarkoittaa nopeita päästövähennyksiä kaikilla mahdollisilla sektoreilla, jotka hiilidioksidipäästöjä aiheuttavat ja vastaavasti Suomen hiilinielujen vahvistamista. Mahdollisiksi keinoiksi nähdään hiilidioksidipäästöjen pienentämiselle uudet ilmastopoliittiset päätökset: lähes päästötön sähkön ja lämmöntuotanto 2030-luvun loppuun mennessä sekä rakentamisen hiilijalanjäljen pienentäminen (Korhonen, ym. 2021). Myös kiertotalous ja ilmastoystävällisempi ruokapolitiikka sekä verotuksen painopisteiden siirtäminen ympäristöhaittojen verottamiseen nopeuttaisivat näihin nimettyihin kunnianhimoisiin tavoitteisiin pääsyä.

## 2.6 Hiilivarastot ja korvausvaikutus

Hiilivarastot metsässä kasvavat melko nopeasti ensimmäiset 100 vuotta metsän kasvaessa. Jos metsien hiilivarastot haluttaisiin maksimoida nopeasti, onnistuisi se nopeimmin lopettamalla hakkuut kokonaan. (Kilpeläinen ym., 2014). Tämä ei kuitenkaan ole tarkoituksenmukaista, koska hakkuilla pidetään metsien hiilinielu ja talouden rattaat käynnissä.

Puun hakkuiden lopettaminen johtaisi myös esimerkiksi puutuotteiden käytön loppumiseen rakentamisessa, mikä taas johtaisi muiden rakennusaineiden lisääntyvään käyttöön, mikä lisäisi niiden päästöjä ja näin lisäisi myös hiilidioksidin nettopäästöjä isossa mittakaavassa. Tällaisessa tapauksessa puhutaan puun *korvausvaikutuksesta*. Korvausvaikutuksella tarkoitetaan sitä, kuinka paljon puun käytöllä vältetään kasvihuonekaasupäästöjä verrattuna tilanteeseen, jossa käytetään vastaavaa vaihtoehtomateriaalia. Korvausvaikutuksen laskeminen ja vertailu on mielekästä vain, jos tuotteilla voidaan rakentaa vastaava tuote tai rakenne. Eli esimerkiksi tonnilla puutuotetta voidaan jättää x kg terästuotetta käyttämättä.

Rakentamisessa puhutaan lisäksi puutuotteiden *korvauskertoimesta*. Korvauskertoimella tarkoitetaan sitä kuinka paljon puutuotteessa oleva hiilimäärä vähentää muista materiaaleista valmistetuissa tuotteissa olevan hiilen käyttöä. Rakentamisen puutuotteiden korvauskerroin on noin 1,2–2 (Hurmekoski ym., 2020). Rakentamisen puutuotteiden korvausvaikutukseen vaikuttavat valmistusteknologia, rakenneratkaisu, vaihtoehtomateriaali ja kierrätys. Huomionarvoista on se, että korvauskerroin ei ota huomioon sitä, kuinka paljon puun käyttö jo lähtötilanteessa vähentää fossiilisia kasvihuonekaasupäästöjä.

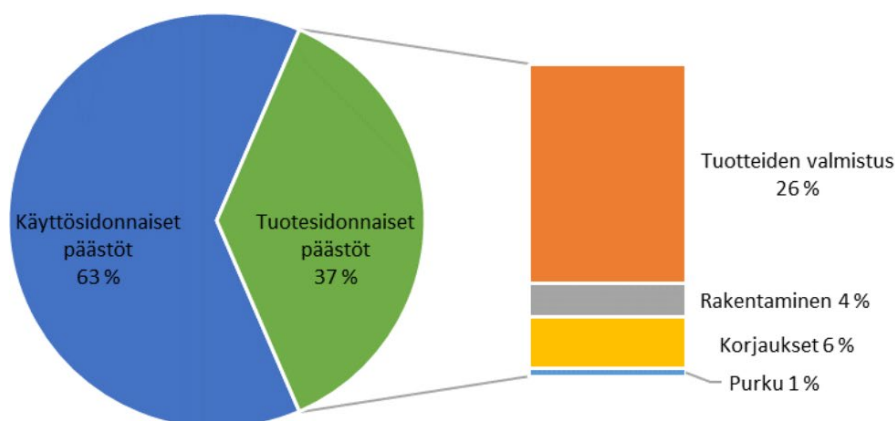
Tärkeää pohdittaessa ilmastonmuutosta, kasvihuonekaasupäästöjä ja puun käytön merkitystä edellisille on huomioida, että ilmastonmuutosta ei voi estää vielä puutuotteita käyttämällä. Ihmiskunnan tuottaessa noin 35 miljardia tonnia hiilidioksidipäästöjä vuosittain voidaan koko maailman käyttämällä 500 miljoonalla puukuutiometrillä vuodessa (noin 400 miljoonaa hiilidioksiditonnia) vaikuttaa vain noin yhteen prosenttiin ihmiskunnan hiilidioksidipäästöistä. Samaten suomalaisessa tarkastelussa Suomen rakennuskantaan vuosittain sitoutuva pitkäikäinen puuvarasto on alle prosentin Suomen tuottamista vuotuisista kasvihuonepäästöistä. On siis tärkeää huomata, että käytettyjä puukuutiometriä tärkeämpää on keskittyä *korvausvaikutuksiin*, joilla saadaan muiden ilmastolle haitallisten rakennushyödykkeiden määrää laskettua samalla kun käytetään puuta osana rakennusta.

### 3. Rakentamisen hiilipäästöt

*Tässä luvussa tarkastellaan rakentamisen hiilipäästöjä seuraavien kysymysten kautta: Kuinka paljon puuta käytetään rakennustuotteisiin? Pitäisikö puuta käyttää enemmän rakentamisessa ja vähemmän matalajalosteisissa tuotteissa? Onko suomalaisessa metsässä tarpeeksi hyvää puuta rakennusmateriaaliksi. Kuinka paljon puisia kerrostaloja on Suomessa rakennettu ja mihin tilanteen voi ennakoida kehittyvän tulevina vuosina?*

#### 3.1 Koko rakentamistalouden hiilipäästöt

Rakentaminen muodostaa valtavan osan kasvihuonekaasupäästöjä. Globaalisti rakennusmateriaalien valmistus, rakentaminen ja käytönaikaiset päästöt muodostavat karkeasti 40 % maailman kaikista kasvihuonekaasupäästöistä. Samaten energian käytön ja jätteen tuottamisen osalta rakennustuotteiden valmistus, rakentaminen ja rakennusten käyttö muodostavat karkeasti 40 % osuuden koko maailman energiankulutuksesta ja jätteen tuottamisesta. (MSO, 2012). Suomessa luvut ovat samansuuntaiset. Kaikesta Suomessa kuluttavasta energiasta rakennuksissa käytetään noin 40 % ja kaikista Suomen hiilidioksidipäästöistä kiinteistö- ja rakennusala aiheuttavaa noin 30 % (Rakennuslehti, 2021). Rakennusalaan kohdistuu suuria paineita saada hiilidioksidipäästöt laskuun. Green Building Council Finland on julkaissut hiilineutraalin rakennetun ympäristön toimintaohjelman luonnoksen, jossa rakennusalan hiilidioksidipäästöjen välitavoitteeksi on nimetty 25 % pienentyminen vuoteen 2025 mennessä ja 90 % pienentyminen vuoteen 2035 mennessä.



*Kuvio 3. Suomalaisen uudisrakennuksen hiilijalanjäljen muodostuminen käyttösidonnaisiin ja tuotesidonnaisiin päästöihin jaoteltuna. (Häkkinen & Kuittinen 2020, s. 25)*

Kuviossa 3 on esitetty kuinka keskimäärin jakautuvat rakennuksen päästöt käyttösidonnaisiin ja tuotesidonnaisiin päästöihin. Molempia pyritään ilmastoteoilla hillitsemään. Käyttösidonnaisilla päästöillä tarkoitetaan päästöjä, jotka aiheutuvat rakennuksen käytöstä mm. käytetyn energian muodossa. Tuotesidonnaisilla päästöillä tarkoitetaan materiaalien valmistuksessa

kuljetuksessa ja rakentamisessa syntyviä päästöjä. Tuotesidonnaisia päästöjä syntyy rakentamisen lisäksi korjaus- ja ylläpitotoimissa ja purkamisessa. Rakennuksen energiatehokkuusvaatimukset sekä lämmitys ja jäähdytys uusiutuvilla energiamuodoilla johtavat pienempiin käyttösidonnaisiin päästöihin. Uusiutuvan energian ja uusiutuvien materiaali-lähteiden käyttö rakennustuotteita valmistettaessa johtavat tuotesidonnaisten päästöjen pienemiseen.

Suurin aiheuttaja niin käyttösidonnaisten päästöjen kuin tuotesidonnaisten päästöjenkin puolella on fossiilisten energianlähteiden käyttö (Kuittinen & Häkkinen, 2020). Pelkästään fossiilisista energiamuodoista luopuminen pienentäisi merkittävästi rakennusteollisuuden, kuljetusten, työmaiden ja rakennusten lämmityksen aiheuttamia päästöjä ilman rakennuskohteelle aiheutuvia muutoksia. Kehityksen johtaessa vääjäämättä pois fossiilisten polttoaineiden käytämisestä on rakentamisen päästöjä pienennettäessä seuraava tarkasteltava alue raaka-aineiden valmistuksen päästöt.

### 3.2 Puurakentamisen hiilipäästöt

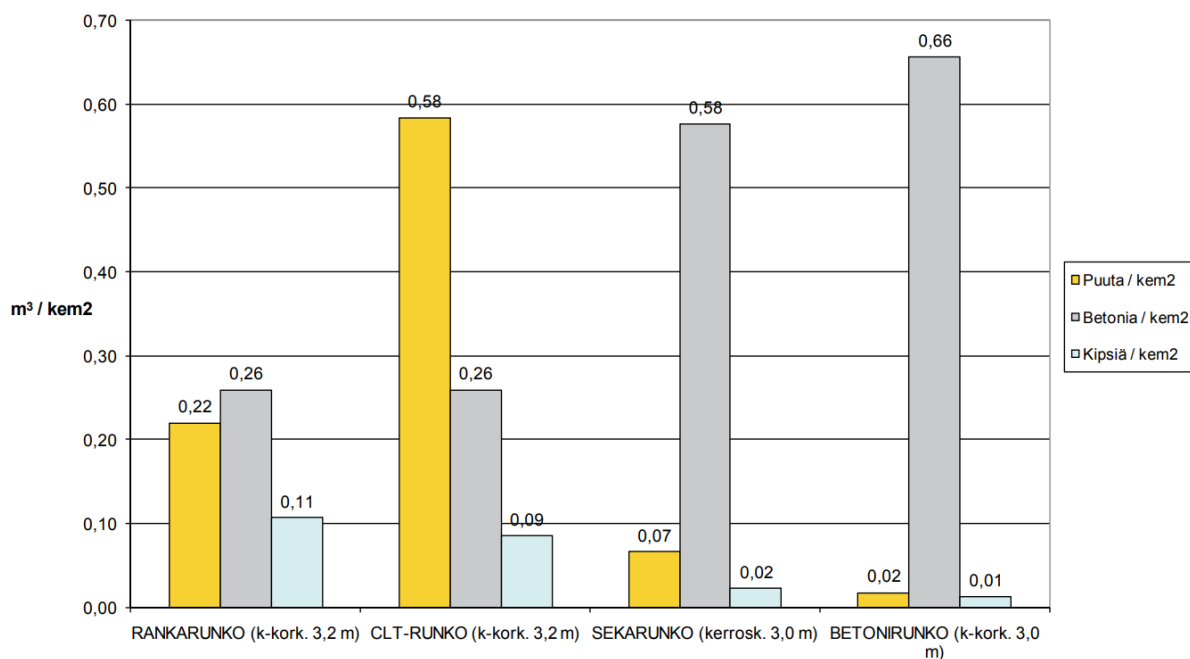
Rakentamisen kontekstissa päästöjen vähentäminen on koko rakennussektoria koskettava tavoite. Päästöjä syntyy rakentamisessa paljon ja niitä syntyy kaikissa vaiheissa tuotteiden valmistuksessa, kuljetuksessa, varastoinnissa ja käytössä. Päästöjä syntyy sekä valmistettaessa rakennustuotteita tai rakennettaessa rakennusta alusta asti paikan päällä. Jotain uutta olisi siis keksittävä, jos rakentamisen päästöjä halutaan radikaalisti leikata ja samalla jatkaa uuden rakentamista ja vanhan korjaamista.

Rakentamiseen käytettävistä materiaaleista puu on kuitenkin muihin materiaaleihin nähden erilaisessa viitekehyksessä. Puun käytöllä rakentamisessa on sekä päästö- että nieluvaikutuksia.

Puun hiilidioksidiekvivalenttipäästöt ovat rakentamisen kontekstissa verraten pienet. Raudan, teräksen ja sementin osalta teollisuuden päästöistä lähes puolet syntyy materiaalinkäsittelystä. Puutuotteet valmistetaan huomattavasti pienemmällä energialla ja vähäisemmällä päästöillä kuin mikään muu rakennusmateriaali (Pingoud & Perälä, 2000). Puulla voidaan siis katsoa olevan suuri korvauspotentiaali rakennussektorilla. Vareksen ym. (2017) mukaan 4-kerroksisen asuinkerrostalon rakentamisella puusta voidaan vähentää kasvihuonekaasupäästöjä noin 40 % verrattuna betonielementtirakentamiseen.

Käsiteltäessä sitä, kuinka paljon puukerrostalorakentaminen tuottaa hiilidioksidipäästöjä ja sitoo hiiltä verrattuna betonirakentamiseen, on sillä suuri merkitys onko kyse rankarunkoisesta puurakennuksesta vai esimerkiksi CLT-runkoisesta puurakennuksesta. Kuviossa 4 on esitetty vertailein puurankarunkoisen, CLT-runkoisen ja betonirunkoisen kerrostalon laskennallisia materiaalimenekkejä.

Verrattaessa betonirunkoiseen taloon käytettyä betonimäärää (noin 1000 m<sup>3</sup>) ja CLT-runkoiseen taloon käytettyä betonimäärää (noin 390 m<sup>3</sup>) huomataan, että käytetyn betonin määrää saadaan laskettua noin 610 kuutiometrillä. Yksi C40/50 lujuuden teräsbetonikilo vastaa 0,15 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenttia (SYKE, 2021) eli betonirakeisesta kerrostalosta CLT-runkoon siirryttäessä säästetään noin 220 tonnin CO<sub>2</sub>-ekvivalenttipäästöt. Vastaavasti CLT-taloon puuta on käytetty noin 875 kuutiometriä. Hiilivarastona talo on puun osalta merkittävä (875m<sup>3</sup> x 800 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>) 700 tonnin pitkäikäinen hiilivarasto.



Kuvio 4. Materiaalimenekki 6-kerroksisessa asuinrakennuksessa (1509 kem<sup>2</sup>) maanpäällisellä väestönsuojalla. (Puuinfo)

### 3.3 Hiilineutraaliustavoite 2035

Puusta rakentamalla voidaan siis välttää käyttämästä enemmän hiilidioksidipäästöjä aiheuttavia rakennusmateriaaleja. Samalla kuitenkin pienennetään metsien hiilinielua. Seppälän ym. (2019) mukaan rakentamisen puutuotteiden vaikutus voi näyttäytyä negatiivisena, jos puun käytön rakenne pysyy nykyisellään ja hakkuiden pysyvä taso on nykyistä (n. 58 miljoonaa kuutiometriä vuodessa) suurempi.

Seppälän ym. tutkimuksessa mallinnettiin metsien hiilitasetta 100 vuoden jaksolle korkeammilla hakkuumäärillä (67 ja 77 miljoonaa kuutiometriä vuodessa). Suomen ilmastopaneelin mukaan tällaisten simulointimallien perusteella kasvatetut hakkuumäärät vähentäisivät hiilinielua enemmän kuin mitä hakatun puun mukana siirtyy puutuotteisiin. Eli käytännössä nettohiilidioksidipäästöt kasvaisivat. Hakkuiden suuri lisääminen esimerkiksi noin 60 miljoonasta kuutiometristä 80 miljoonaan kuutiometriin aiheuttaisi 12 miljoonan tonnin vuotuiset hiilidioksidipäästöt vuosina 2015–2055 (Kalliokoski ym., 2015). Puutuoteteollisuuden pitkäikäiset tuotteet eivät ole hiilinieluongelma, mutta niiden muodostama hiilivarasto on vain alle 10 % hakatun puun hiilimäärästä. On siis tärkeää ajatella sitä, mitä tuotteita hakattavasta puusta tehdään ja kuinka pitkälle ajalle hiili saadaan puutuotteisiin varastoitua. (Seppälä ym., 2019). Erityisen hyvin kohdennetuilla lisähakuilla voidaan metsien hiilivarastoa kasvattaa, jos metsien kasvu saadaan paranemaan. Ilmakehän hiilidioksidipitoisuus kasvaisi silti, koska nettotase jää negatiiviseksi puun käytön painottuessa lyhyen elinkaaren tuotteisiin.

Vuoden 2035 hiilineutraaliustavoitteiden kanssa on siis haasteita ja mikäli hakkuita kasvatetaan tuntuvasti nykyisestä, ollaan käytännössä vielä suurempien haasteiden edessä.

Voidaanko puuta siis käyttää rakentamisessa niin että nettoilmastovaikutus jää positiiviseksi? Jos puutuotteen hiilinielu ja (rakentamisen) korvausvaikutus ovat yhteensä suuremmat kuin aiheutettu hiilinielun alenema on kokonaishiilitaseessa, on puun käyttö kannattavaa ilmaston kannalta.

Metsien hiilinielun hakkuista aiheutuvaa pienenemistä voidaan hillitä useilla keinoilla. Metsien kasvua voidaan lisätä paremmalla hakkuiden kohdentamisella ja lannoituksella. Samaten kasvua tulee väistämättä ilmaston lämmetessä myös Suomessa. Toiseksi erityisesti rakentamisessa voidaan puutuotteilla korvata korkean korvauskertoimen rakennustuotteita ja näin saada vältettyä syntyviä kasvihuonekaasupäästöjä. Kolmanneksi voidaan keskittyä enemmän puutuotteisiin, joiden hiilivarasto on pitkä eli tuote palvelee pitkään siinä käytössä, johon se valmistetaan ennen paluutaan kiertoon.

Onko hakkuiden pienentäminen vaihtoehto? Metsien pitkään jatkuvan kasvua alhaisemman hakkuutasoin pitäminen johtaa metsien keski-ikänsä nousuun. Tämä lisää hiilivarastoa tasaisesti. Toisaalta pitkällä aikavälillä puun kasvu alenee ja hiilinielu pienenee. Samoin vanhan metsän tuhoriskin sienten, hyönteisten, palojen ja kuivuuden osalta kasvavat. (Korhonen, ym. 2021).

Talouden näkökulmasta hakkuiden pienentäminen johtaisi kansantaloudellisesti merkittäviin tulojen menetyksiin ja negatiivisiin työllisyysvaikutuksiin (Luke, 2019).

Puun käyttöä kotimaisessa rakentamisessa voidaan lisätä huomattavasti ilman pelkoja lisähakkuiden aiheuttamasta metsien hiilinielutappioista. Rakentamisen lisääminen on mahdollista, vaikka hakkuumäärät alenisivat nykyisestä, koska vain pieni osa hakatusta metsästä päättyy kotimaiseen talotuotantoon tällä hetkellä.

Nyt Suomen hiilivarastot ja hiilinielut kasvavat melko tasaisella uralla. Mikäli sekä hiilinielut että hiilivarastot halutaan kuitenkin kasvavan maksimaalisesti yhtä aikaa, on se mahdotonta ilman hakkuiden merkittävää vähentämistä.

## 4. Puun käytön mahdollisuus rakentamisessa

*Tässä luvussa tarkastellaan puun käytön mahdollisuuksia suomalaisessa rakentamisessa seuraavien kysymysten kautta: Mitkä puun erityisominaisuudet on otettava huomioon rakentamisessa? Kuinka puurakentamisen, erityisesti asuinkerrostalojen rakentamisen tarve ohjaa myös puurakentamisen kehittymistä? Mitkä tekijät mahdollistavat puurakentamista ja mitkä asiat nähdään puurakentamisen esteinä?*

### 4.1 Puun ominaisuudet

Puulla on vankkumaton rooli suomalaisten arjessa. Vahvan luontoyhteyden, pienimittakaavaisen puurakentamisperinteen, käsityöperinteen sekä puun käyttämisen kotien sisustus- ja pintamateriaalina, kautta on suomalaisilla yhteys puuhun. Puu mielletään lämpimäksi, kodikkaaksi ja kauniiksi materiaaliksi, joka rauhoittaa ja antaa hyvänolon tunnetta (Karjalainen, 2002). Puun käyttö sisällä pinnoissa ja huonekaluissa sopivissa määrin aiheuttaa ihmisessä stressitason laskua (Kelz ym, 2010; Tsunetsugu ym, 2007) ja madaltaa sykettä (Grote, 2010). Puita sisältävän maiseman katsominen lisää keskittymistä (Tennessee & Cimprich, 1995) ja madaltaa verenpainetta (Hartig ym, 2003). Puiden katsomisella ja puumateriaaleja sisältävien tilojen kokemisella on todettu olevan monia positiivisia – jopa *terapeuttisia ja restoratiivisia* – hyvinvointivaikutuksia.

Puuta siis kannattaa ihmisen hyvinvoinnin lisäämiseksi käyttää asunnoissa, mutta myös jättää näkyviin pihalle hyvän luontoyhteyden luomiseksi. Puun subjektiivisesti koettavien, kokeellisesti todennettavien, ominaisuuksien sijaan tulee rakentamistalouden kontekstissa keskittyä kuitenkin ensisijaisesti puun *rakennusfysikaalisiin ominaisuuksiin*. Puu on orgaanisena, kevyenä ja anistrooppisena aineena erilainen verrattuna esimerkiksi betoniin ja teräkseen. Erilaiset rakennusfysikaaliset ominaisuudet antavat puun käytölle rakentamisessa tiettyjä rajoitteita, mutta myös erityisiä mahdollisuuksia.

Puun tilavuus vaihtelee kosteuden funktiona, joten myös puun *tiheys* vaihtelee. Yleensä puun tiheys määritelläänkin 15 % kosteustilassa (Siikanen, 2016). Tiheys voidaan ilmoittaa myös kuiva-tuoretiheytenä, jolloin massa on mitattu kuivana ja tilavuus kyllästymispistettä (noin 30 %) suuremmassa kosteudessa (Puuinfo, 2020). Puun tiheys vaihtelee suuresti. Esimerkiksi balsan tiheys on noin 150 kg/m<sup>3</sup> ja ebenholzin tiheys on noin 1230 kg/m<sup>3</sup> (Siikanen, 2016, 43). Samaten tiheys vaihtelee myös saman puulajin sisällä. Nopeammin kasvanut puu on kevyempää ja hitaammin kasvanut puu on pääsääntöisesti tiheämpää. Kasvunopeuteen, ja siten tiheyteen, vaikuttava maaperän laatu, metsän kasvutiheys, auringonvalon määrä, kasvupaikan korkeus merenpinnasta sekä sademäärä ja lämpötila. Lisäksi puun tiheys ja lujuus ovat männyllä ja kuusella suuremmat tyvessä kuin latvassa, joskin männyllä tämä muutos on kuusta suurempi (puuinfo, 2020). Suomalaisessa rakentamisessa käytetään pääasiassa kuusta ja mäntyä, jotka ovat tiheydeltään 450–500 kg/m<sup>3</sup>. Jonkin verran käytetään rakentamisessa myös koivua, pääasiassa vanereissa.

Puun tiheys on ominaisuutena rakennusmateriaaliksi otollinen, koska se on *kevyttä*. Keveys yhdistettynä hyviin lujuusominaisuuksiin mahdollistaa puulle moninaiset käyttömahdollisuudet rakentamisessa. Pienen tiheyden negatiivinen puoli on se, että puu on altis värähtelylle ja tuulikuormille.

Materiaalina puu sitoo kosteutta. Tarkemmin puussa on irrallaan soluonteloissa olevaa vettä ja soluseinämiin sitoutunutta vettä. Puun kuivuessa haihtuu ensin irrallaan oleva vesi ja sen jälkeen puun vielä kuivuessa alkaa soluseinämiin sitoutunut vesi haihtua (Siikanen, 2016, 43). Puun



kuivuessa siihen pisteeseen, jossa soluonteloiden vapaa vesi on kuivunut, mutta soluseiniin on sitoutunut suurin mahdollinen määrä vettä, kutsutaan *puunsyiden kyllästymispisteeksi*. Männyllä ja kuusella tämä tila saavutetaan kosteuden ollessa noin 30 painoprosentissa. Puun kuivuessa edelleen puunsyiden kyllästymispistettä kuivemmaksi puu kutistuu ja sen lujuusominaisuudet paranevat (Siikanen, 2016, 43).

*Anistrooppisena* materiaalina puun kosteuskäyttäytyminen on erilaista puun poikkileikkauksen eri suuntiin. Rakentamisessa tyypillisimmin käytettävät mänty ja kuusi kutistuvat syiden pituussuunnassa vain 0,2–0,3 %, rungon poikkileikkauksen tangentin suunnassa noin 8 % ja sateen suunnassa noin 4 %. Pitkittäisellä kutistumisella ei siis ole juuri vaikutusta rakenteelliseen suunnitteluun, mutta tangentin ja sateen suuntiin kutistuminen pitää ottaa rakentamisessa huomioon. (Siikanen, 2016) Rakentamisessa käytettävä puu kuivataan ennen käyttöä, jotta kosteuseläminen olisi mahdollisimman vähäistä myöhemmin. Puu asettuu ympäröivän ilman asettamaan *tasapainokosteuteen* ja reagoi sen muutoksiin. Puun kuivatuksella ja kuivana säilymisellä on erittäin suuri merkitys puun lujuudelle ja säilymiselle myös rakentamisen eri vaiheissa (Siikanen, 2016). Puun lämpölaajeneminen on kosteuden aiheuttamaan laajenemiseen nähden vähäistä.

Puun käyttö rakentamisessa perustuu helpon saatavuuden ohella pitkälti hyviin lämpöominaisuuksiin. Puu on huokoinen materiaali ja siksi johtaa huonosti lämpöä. Puun *lämmönjohtavuus* on noin kaksinkertainen syiden pituussuunnassa kuin kohtisuoraan niitä vastaan. Esimerkiksi männyllä lämmönjohtavuus syiden suunnassa on 0,22 W/mK ja syitä vastaan kohtisuorassa 0,14 W/mK. (Puuinfo.fi) Puun ollessa itsessään kohtalainen lämmöneriste voidaan sitä käyttää paksuna massiivisena materiaalina myös ilman erillisiä eristekerroksia. Puu ei myöskään muodosta teräksen tai betonin tavoin suuria kylmäsiltoja rakenteen läpi.

Puun kosteuden lisääntyminen lisää lämmönjohtavuutta eli heikentää eristävää ominaisuutta. Verrattuna hyvään rakentamisessa käytettävään eristeeseen, esimerkiksi lasivillaan (lämmönjohtavuus esimerkiksi 0,035 W/mK) on puun lämmönjohtavuus noin kolminkertainen. Verrattuna muihin rakennusmateriaaleihin kuten betoniin tai kevytbetoniin (lämmönjohtavuus esimerkiksi 1,7 W/mK) on puun lämmönjohtavuus vain noin 1/12 vastaavasta kivimateriaaleilla (RakMK C4, 2002; Siikanen, 2016).

Samoin kuin muut lämpöominaisuuksiin, myös puun *lämpökapasiteettiin* vaikuttavat puun yksilölliset ominaisuudet ja ympäröivät olosuhteet. Lämmönvarauskyky eli lämpökapasiteetti riippuu puun tiheydestä, kosteudesta, lämpötilasta ja syysuunnasta (Siikanen, 2016). Männyllä ja kuusella voidaan käyttää arvoa  $c = 2300 \text{ J/kgK}$  (Siikanen, 2016). Veden suuren ominaislämpökapasiteetin takia puun lämmönvarauskyky kasvaa puun sisältämän kosteuden lisääntyessä.

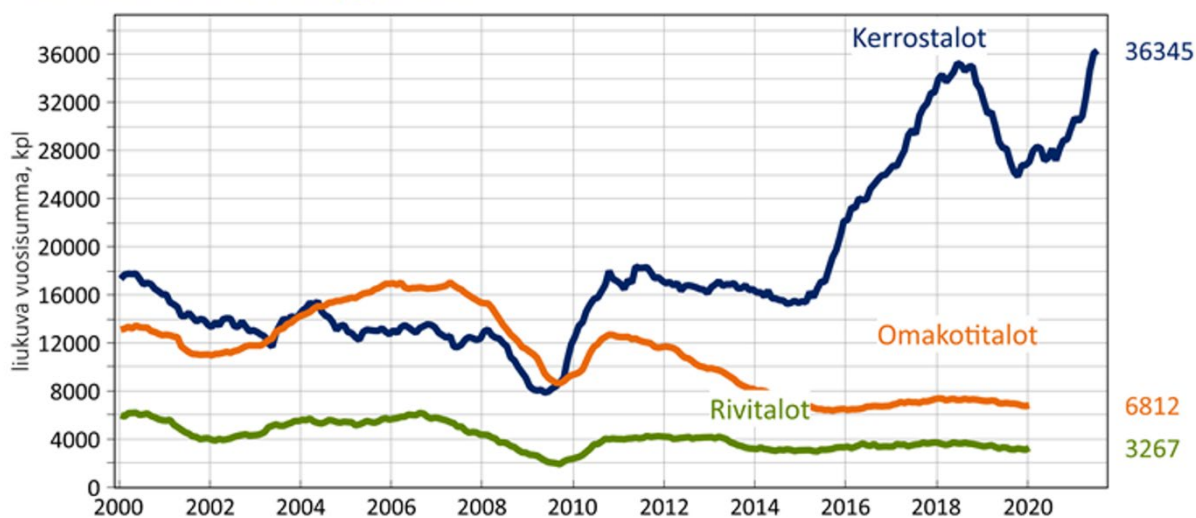
Rakentamisessa vaaditaan yleensä *ääneneristysominaisuuksia* ja *äänenvaimennusominaisuuksia*. Keveytensä vuoksi puun akustiset ominaisuudet ovat huonot. Yleensä ääntä eristettävää rakennetta suunniteltaessa joudutaan massiivipuutakin käytettäessä suunnittelemaan yhdistettyjä rakenteita, joissa vaihtoehtoisia rakennusmateriaalikerroksia lisätään puukerrokseen tai puukerrokseen. Samoin kuin lämpöä, johtaa puu myös ääntä paremmin syiden pituussuunnassa kuin syitä vastaan. Ääneneristävyyttä paremmat mahdollisuudet puun käytölle on äänenvaimennuksessa, jossa puulla on kohtalaiset ominaisuudet. Puu heijastaa noin 85 % siihen osuneesta äänitehosta. Puulla on kuitenkin hyvät resonointiominaisuudet ja siksi puuta on edullista käyttää akustisena materiaalina resonaattorirakenteissa. (Siikanen, 2016)

## 4.2 Rakentamisen suuri tarve tulevaisuudessa

Rakentamisen tarve ja uusien asuntojen tuotanto ei nimenomaisesti liity siihen, mistä materiaalista uudet asuinrakennukset rakennetaan. Kuitenkin se, että tarvitaanko uusia asuntoja Suomessa, kuinka paljon ja missä niitä tarvitaan ovat seikkoja, jotka yhtäläisesti ohjaavat rakentamista. Vuosina 1990–2020 asuntokanta Suomessa on kasvanut 931 000 asunnolla eli keskimäärin 31 000 asunnolla vuodessa (Tilastokeskus, 2020). Kuviosta 5 nähdään 2010-luvulta alkaen asuntojen uudistuotannon lisäyksen keskittyneen kerrosaloihin.

Pitkällä aikavälillä asuntotuotantotarpeen ennustaminen on hankalaa. Ennusteet perustuvat paljolti väestöennusteesta johdettuun asuntotarpeeseen, yhden aikuisen kotitalouksien yleistymisen jatkumiseen, jatkuvaan kaupungistumiseen ja kansainväliseen muuttoliikkeeseen (Vainio, 2020). Rakentamispaineet kohdistuvat hyvin eri tavoin eri alueisiin. Esimerkiksi Etelä-Suomen maakuntien liittouman (koko eteläinen Suomi) vision mukaan ”muutos perinteisestä kerrostalovaltaisesta asumismuodosta tiiviin ja matalan suuntaan on hidus, mutta jatkuva. – – Määrälliseksi tavoitteeksi on asetettu, että Etelä-Suomen rakennuskanta kasvaa vuoteen 2030 mennessä asuntojen osalta lähes 40 prosenttia.” (Iljäs, 2013, 30; Asumisen ja rakentamisen vision toteutuspolut, 2007). Lukuun on kuitenkin laskettu mukaan myös korjaus- ja täydennysrakentamisen osuus.

### Asuntoaloitukset talotyypeittäin



Kuvio 5. Asuntoaloitukset talotyypeittäin vuosina 2000–2020 (Rakennusteollisuus RT).

Väestöennusteisiin vaikuttaa syntyvyyden lisäksi Suomessa paljon myös maahanmuutto. Asuntotuotantotarpeen ennusteen mukaan nykyisen maahanmuuton mallilla 2020-luvulla uusien asuntojen tarve Suomessa on 25 000 asuntoa vuodessa. Mikäli Suomi pystyy houkuttelemaan maahanmuuttajia ja asuntojen poistuma jää pieneksi tarvitaan Suomessa 2020-luvulla 25 000 uutta asuntoa ja tarve nousee 2030-luvulla 30 000 uuteen asuntoon vuodessa. Huomionarvoista asuntotarpeessa on vahva alueellisuus. Asuntotuotantotarpeesta kaksi kolmasosaa keskittyy Helsingin, Tampereen, Turun, Lahden, Jyväskylän ja Oulun seuduille. (Vainio ym, 2012) 14

suurimman kaupunkiseudun osuus uusista asunnoista vuosina 2000–2020 on ollut 82 prosenttia ja sen ennakoitaan edelleen nousevan noin 90 prosenttiin vuosina 2020–2040 (Vainio, 2020).

Väestönkasvun ennusteita on vuosi vuodelta madallettu ja nyt näyttää siltä, että vuonna 2040 asukasluku palaa samalle tasolle, jossa se on 2020-luvun alussa, 5,5 miljoonaan asukkaaseen. Väestönkasvun pysähtymisestä huolimatta kaupungistumisesta, maahanmuutosta ja yksinelämisen kasvusta johtuen Suomen asuntotuotantotarpeen nähdään olevan vähintään 30 000 uutta asuntoa vuodessa. Tämä tarkoittaa vuoteen 2040 mennessä yhteensä 600 000–700 000 uutta asuntoa. (Vainio, 2020).

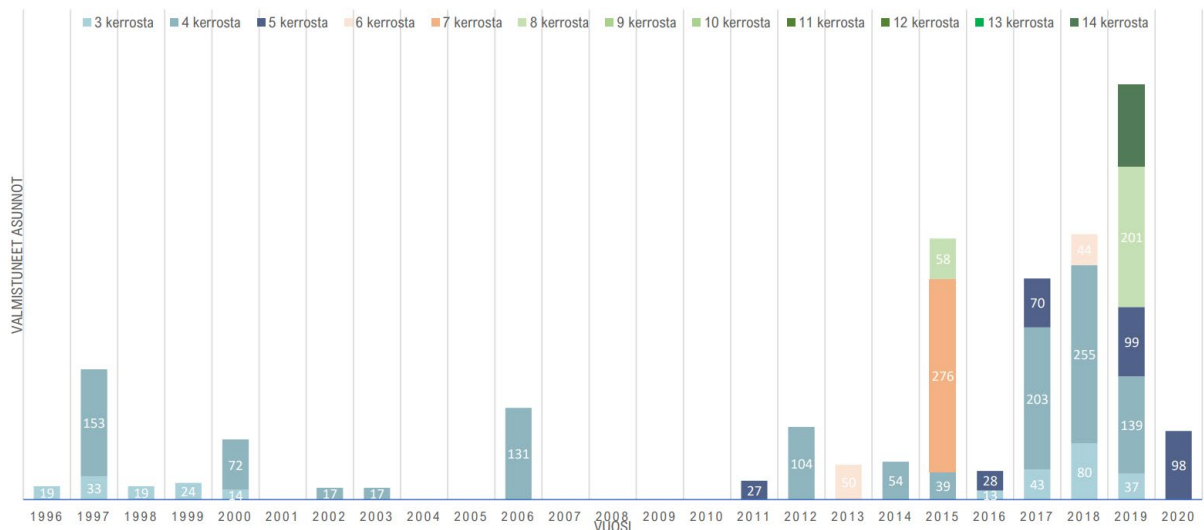
Suomen rakennuskanta oli vuoden 2020 alussa 415 miljoonaa neliometriä, joka koostuu 1,4 miljoonasta rakennuksesta, joista 1,2 miljoonaa on asuinrakennuksia. (Korjausrakentamisen strategia, 2020) Kiristyvät energiatehokkuusvaatimukset ja kasvava rakennusten korjausvelka ajavat joka tapauksessa uudistamaan uudisrakentamisella tai korjausrakentamisella suomalaista rakennuskantaa. Korjausrakentaminen ja puun käyttö siinä rajataan kuitenkin tämän tutkielman ulkopuolelle. Viime vuosina rakentaminen on ollut vilkasta. Vuonna 2020 valmistuneita asuntoja oli yhteensä 35 800 kpl, joista kerrostaloasuntoja oli 26 300 kpl.

#### 4.2.1 Puurakentamisen mahdollisuudet

Huoli ilmastonmuutoksesta, merenpinnan noususta, hiilidioksidipäästöistä ja ihmisen vaikutuksesta luonnon tasapainoon ovat kansainvälisiä megatrendejä. Uusiutuvien luonnonvarojen käyttö saa vähitellen tilaa uusiutumattomilta, tai ainakin fossiilisilta, polttoaineilta. Rakentamisella ja rakennusten käytöllä on valtava globaali potentiaali vähentää tuotettuja päästöjä. Ongelmaa on yhtäältä lähestyttävä energian tuottamisen näkökulmasta ja toisaalta rakennustuotteiden tuottamisen näkökulmasta. Ensimmäiseen voidaan vaikuttaa puun (ja muun uusiutuvan biomassan) käyttämisellä osana energiantuotantoa. Rakentamisen kontekstissa on kuitenkin ensisijassa keskityttävä toiseen kohtaan eli *puutuotteiden käyttämiseen rakentamisessa*. Kuten puurakentamisen hiilidioksidipäästöjä käsiteltäessä luvussa 3.2 esitettiin, on itse puurakentamisen tuomien hiilidioksidipäästöjen vähenemisen ajateltava tulevan ensisijassa korvausvaikutuksen kautta, eli siitä mikä määrä vaihtoehtoisia materiaaleja sisältäviä rakennustuotteita puutuotteilla voidaan rakentamisessa korvata.

#### **Potentiaali**

Euroopassa, varsinkin Pohjoismaissa, on valtava paikallinen potentiaali lisätä puun osuutta rakentamisessa ja pitkälle jalostettujen puuelementtien vientiä valtavien havumetsien ansiosta. Vertailun vuoksi puurunkoisten rakennusten osuus kaikista rakennuksista on Pohjois-Amerikassa 90 %, Skotlannissa 70 %, Pohjoismaissa 45 %, Japanissa 45% ja Euroopassa 8-10 % (MSO, 2012). Ruotsissa puukerrostalojen osuus on jo noin 20 % kun Suomessa ollaan karkeasti yhdessä prosentissa. Huomionarvoista on, että Ruotsissa puukerrostaloista 70–80 % rakennetaan moduulitekniikalla, jossa varustelu ja jopa sisustus on tehty jo tehtaalla (Haapio, 2013).



Kuvio 6. Suomessa valmistuneet puukerrostaloasunnot valmistumisvuoden ja kerrosluvun mukaan (Tulonen, 2020)

Kuviossa 6 on kuvattu puukerrostaloasuntojen valmistumista vuosittain. Kuvio leikkaantuu vuoteen 2019. Huomionarvoista on havaita, että ensimmäisten yli 8-kerroksisten puurunkoisten kerrostalojen rakentaminen on alkanut määräysten salliessa sen.

### Asuinrakennukset

Tutkittaessa puurakentamista on mielekästä keskittyä erityisesti asuinrakennuksiin. Asuinrakentaminen on puurakentamisenkin kannalta keskeisin rakentamisen segmentti, sillä Suomen rakennuskannasta 70 % (62 % kerrosalasta) on asuinrakennuksia. 2010-luvun 30 000 asunnon ja nykyisellä noin 35 000–45 000 asunnon vuosivauhdilla suomalainen asutokanta uusiutuu noin 1–1,5 % vuosivauhdilla. (MSO, 2012, 19, 64; Karjalainen, 2021) Suomessa voidaan siis nähdä valtava potentiaali puun käytölle pelkästään jo asuinrakentamisessa. Materiaali on meille tuttu ja sitä on saatavilla. Kehitys johtaa vähitellen puun käytön lisääntymiseen myös korkeammassa teollisen mittakaavan rakentamisessa.

Suomessa puurakentamisella on pitkät perinteet ja puurakentamista arvostetaan. Puulla on myös osansa suomalaisessa kansallidentiteetissä ja arkkitehtuurissa. Ainakin matalan rakentamisen kontekstissa kaikille suomalaisille rakentajille puu on tuttu materiaali. Vapaa-ajanrakennuksia Suomessa on yli puoli miljoonaa ja luku kasvaa noin 7000 kappaleella vuosittain. Pientaloja Suomessa on noin 1,1 miljoonaa. Vapaa-ajan rakennuksista 99 % on puurakenteisia ja pientaloistamme karkeasti 80 %. (MSO, 2012, 19)

Pelkästään asuntojen uudistuotantoa tarkastellessa huomataan, että pientalojen (omakotitalojen ja paritalojen) rakennusmäärä on pysynyt melko samana, mutta suhteellinen osuus on laskenut 2010-luvun 50 % 2020-luvun 30 %:iin. Syynä tähän on valtavaan asuntojen kysyntään vastannut kerrostalotuotanto, joka huipentui vuonna 2018 noin 35 000 kerrostaloasuntoon (kuvio 5).

### Lainsäädäntö

Lainsäädäntö mahdollistaa ison mittakaavan puurakentamisen. Rakentamista koskeva lainsäädäntö on muuttunut hiljalleen koerakentamisvaiheen jälkeen siten, että 1997 puun käytön mahdollisuudet enintään 4-kerroksisten asuinrakennusten runkomateriaalina kasvoivat ja vuonna 2011 myös puurunkoisten 5–8-kerroksisten asuinrakennusten ja työpaikkarakennusten

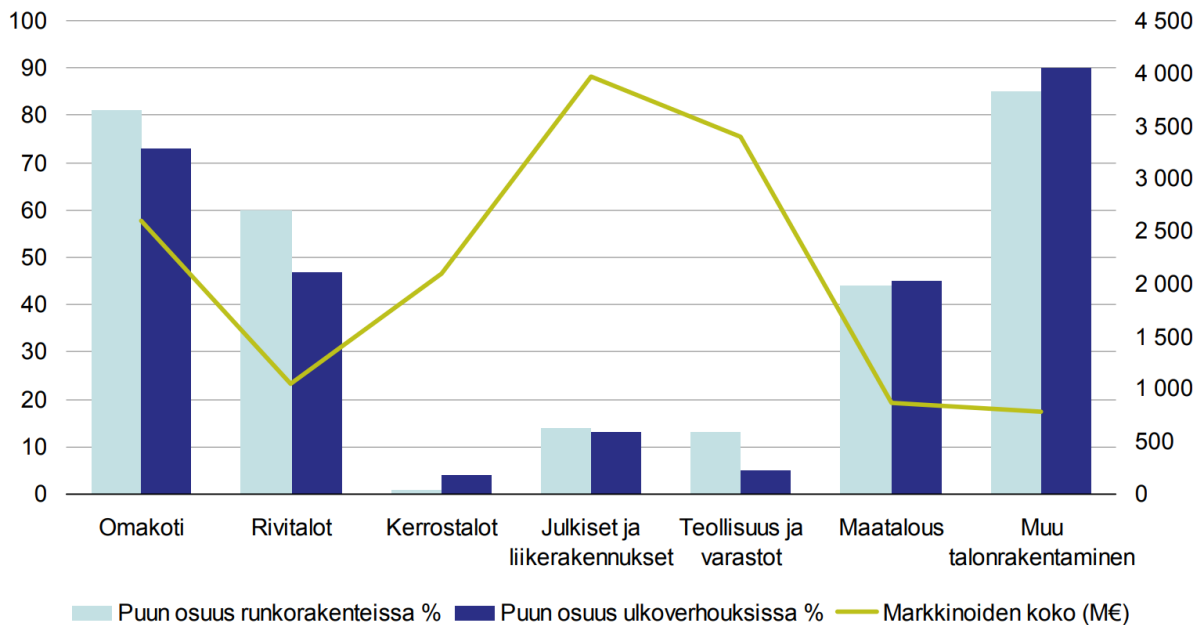
rakentaminen tuli mahdolliseksi (RakMk E1). Samaten betonilähiöiden korjausrakkaa on helpotettu mahdollistamalla lisäkerrosten ja laajennusten rakentaminen puisina. Nykyisten palomääräysten (ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017) mukaan on mahdollista taulukkomitoituksella rakentaa kahdeksankerroksisia puurunkoisia ja puujulkisivuisia asuin- ja työpaikkarakennuksia, majoitusrakennuksia ja hoitorakennuksia. Yli kahdeksankerroksiset rakennuksetkin ovat mahdollisia toiminnallisella paloturvallisuustarkastelulla suunniteltuna.

Uusien energiatehokkuusmääräysten (vuosina 2010, 2012 ja 2018) myötä arvioidaan rakennusten kokonaisenergian kulutusta ja ohjataan energiamuotokertoimilla käyttämään primäärienergianlähteenä yhäti enemmän uusiutuvia energianlähteitä. Puurakenteilla voidaan toteuttaa vaadittu energiatehokkuuden taso tai jopa nollaenergiataso. Uudessa energiatehokkuusvaatimuksessa massiivipuisille ulkoseinärakeinteille on annettu lievennyksiä verrattuna muihin rakennusmateriaaleihin. Massiivipuisten ulkoseinien lämmönläpäisykertoimeksi on asetettu  $0,40(W/m^2K)$  kun muun rakentamisen osalta se on  $0,17(W/m^2K)$ . Tämä lievennys koskee massiivirakenteita, joissa puuta on vähintään 180 mm.

Tehokkuusmääräyksissä pyritään ottamaan huomioon rakentamisenaikaisia ja käytönaikaisia päästöjä niin rakennusmateriaalien valmistamisen, rakennuksen lämmityksen että rakennuksen jäähdyttämisen osalta (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2018/844). Ympäristöministeriöllä on ollut pitkään valmistelussa rakennusmateriaalien ja rakennustuotteiden aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen tiekartta. Tavoitteena on ottaa hiilijalanjäljen lisäksi huomioon myös hiilikädenjälki rakentamisen säädöksissä 2020-luvun puoliväliin mennessä (Karjalainen, 2021).

#### 4.2.2 Puurakentamisen tulevaisuus

Pientalorakentamisessa ja vapaa-ajan asunnoissa puulla on vankka asema ja tähän ei odoteta suuria muutoksia. Suurin kasvumahdollisuus puurakentamisella onkin suurimittakaavaisessa rakentamisessa, julkisessa rakentamisessa, kerrostalorakentamisessa, hallimaisissa rakennuksissa sekä lähiöiden julkisivu- ja energiakorjauksessa, lisäkerros- ja täydennysrakentamisessa (MSO, 2012, 65) sekä silloissa, piha- ja ympäristörakentamisessa (Karjalainen, 2021). Kuvioista 7 nähdään, että kerrostalorakentamisen sekä julkisen- ja liikerakentamisen kohdalla puun käytön osuus rakennusmateriaalina on pieni, mutta markkinoiden koko on verraten suuri.



Kuvio 7. Puun käytön suurimmat kasvumahdollisuudet ovat kerrostalo- ja toimitilarakentamisessa. Puurunko: vapaa-ajan rakennuksista 99%, pientaloista 83%, kerrostaloista alle 1%. (metsäteollisuus, puuinfo)

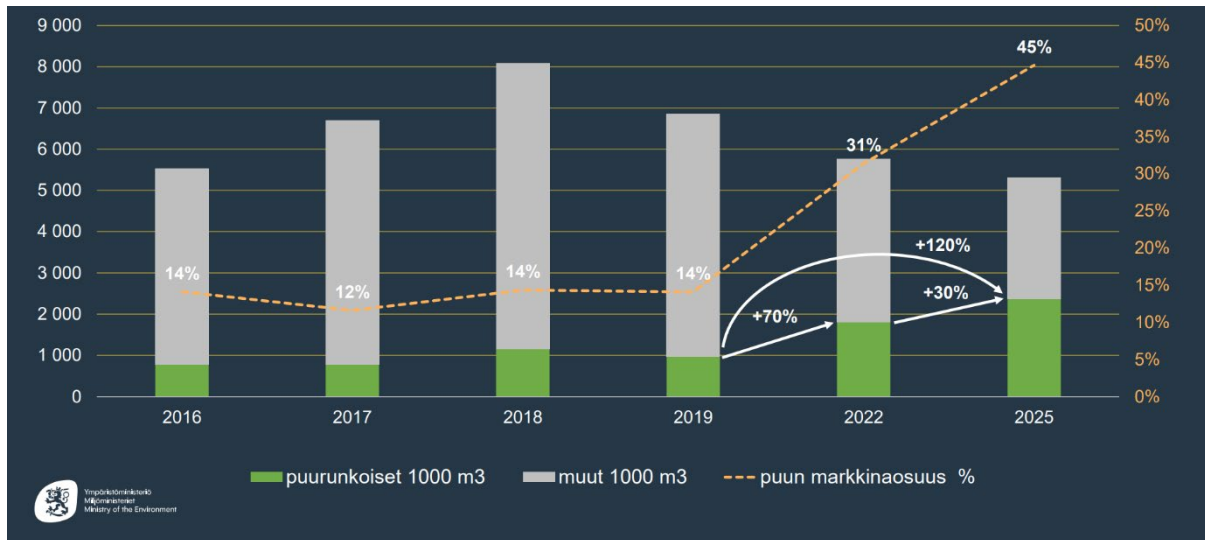
Puurakentaminen on nyt kiinnostavaa ja kysyttyä. Pientalojen ja vapaa-ajan asuntojen lisäksi kiinnostus ja vähitellen myös rakennusaloitukset ovat laajentuneet myös julkiseen rakentamiseen ja korkeaan puurakentamiseen. Poliittisesti puu on nyt arvostettua ja julkisuudessa se saa paljon myönteistä näkyvyyttä. Puurakentamisen toteutettujen kohteiden suunnittelun ja rakentamisen jälkeen alkaa olla myös vankkaa osaamista sekä tietoa menetelmistä ja kustannuksista.

Haave puurakennusteollisuuden synnyttämisestä on muuttumassa hitaasti todellisuudeksi. Myönteisestä kehityskulusta huolimatta ei puurakentaminen ole määrällä mitattuna kasvanut toiveiden mukaisesti. Julkisessa rakentamisessa ja kerrostalorakentamisessa puun käyttö on kasvanut, mutta pientalojen ja vapaa-ajan asuntojen osalta kehitys on kulkenut toiseen suuntaan.

Puurakentamista halutaan tukea Suomessa. Puurakentamisen lisääminen tukee osaltaan Kansallista energia- ja ilmastostrategiaa, jonka pitkän aikavälin tavoite on lanata Suomen kasvihuonekaasupäästöt hiilinielujen tasolle (TEM, 2017). Tämä tarkoittaa kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä 80–95 prosentilla (verrattuna päästöihin vuonna 1990) vuoteen 2050 mennessä. Poliittisella ohjauksella on osansa rakennusteollisuuden ohjaamisessa haluttuun suuntaan. Marinin hallituksen tavoitteena on kaksinkertaistaa puun käyttö rakentamisessa. Tavoitteisiin ohjataan toimenpiteillä, jotka ohjaavat yhtäältä tilaajien kiinnostuksen kasvuun ja toisaalta puurakentamisen osaamisen lisäämiseen.

Julkisen rakentamisen puun käytön lisääminen on yksi ympäristöministeriön Puurakentamisen ohjelman nuolenkärjistä (YM, 2020). Muita kärkiä hankkeessa ovat puun käytön lisääminen kaupunkirakentamisessa, suurten puurakenteiden rakentamisen lisääminen, osaamisen kasvattaminen ja viennin tukeminen. Puurakentamisen ohjelmalle on myönnetty myös lisärahoitusta ja sitä kohdistetaan erityisesti juuri julkiseen rakentamiseen ja puurakentamisen osaamisen kehittämiseen. Ympäristöministeriön asettamia maanlaajuisia tavoitteita julkisen puurakentamisen kasvulle 2020-luvulla on esitetty kuviossa 8.

Puukerrostalorakentaminen kehittyä Suomessa vasta hiljalleen. Kesään 2021 mennessä yli kaksikerroksisia puurunkoisia asuinkerrostaloja on Suomessa rakennettu 117kpl ja asuntoja näihin 3675kpl. Alle 4000 asunnon lukumäärä on vielä pieni verraten kaikkiin 1,47 miljoonaan kerrostaloasuntoon Suomessa (tilastokeskus, 2020). Ympäristöministeriön teettämän uusimman (2020) puukerrostalojen hankekartoituksen mukaan uusia puukerrostaloja on tulossa varmasti lähivuosina lisää 2750 asunnon verran. Lisäksi epävarmoja puurakentamiskohteita on noin 9000 asunnon verran. (Karjalainen, 2021) Myös koulujen ja päiväkotien rakentaminen puusta on nosteessa. Uusia puisia päiväkoteja on 2010-luvulta alkaen rakennettu 500 ja kouluja noin 300 (puuinfo).



Kuvio 8. Julkisen rakennuttajan puurakentamisen tavoitteet vuonna 2022 ja 2025 kaiken julkisen rakentamisen osalta Suomessa (YM, 2020)

Puukerrostalorakentamisen lisääntymiselle edullista olisi valmiimmat suuret puutuotteet ja tuoteratkaisut. VTT:n tutkimuksen mukaan suurta kasvupotentiaalia on esivalmistetuilla rakenneratkaisuilla sekä puun ja muiden materiaalien parhaita ominaisuuksia yhdistävillä hybridiratkaisuilla, sillä rakennusliikkeillä on oltava riittävästi valinnanvaraa valitessaan tuotteita ja järjestelmiä kohteisiinsa. (Haapio, 2013) Puurakentamisen eduksi verrattuna betonirakentamiseen on sen nopeus ja keveys. Osa puualan asiantuntijoista on sitä mieltä, että puurakentamisen ei edes tarvitse olla halvempaa muuhun rakentamiseen verrattuna, koska etu puurakentamisessa tulee nopeudesta ja keveydestä. Puurakentamisen nopeuden ja tehokkuuden voidaan katsoa edelleen kasvavan tiedon ja kokemuksen karttuessa.

Puulla pitäisi siis olla uusiutuvana, paikallisena ja ympäristöystävällisenä rakennusmateriaalina hyvä kilpailuasema verrattuna muihin rakennusmateriaaleihin. Ympäristöystävällisellä ja energiatehokkaalla puurakentamisella voisi siis nähdä olevan valtavaa potentiaalia nousta korkeatasoisen arkkitehtuurin ja designin tavoin suomalaisiksi vientituotteeksi.

### Puun käytön esteet rakentamisessa

Puun käytölle puukerrostalorakentamisessa voidaan nähdä useita haasteita. Puu on altis kosteusvaurioille ja tulipaloille (Karjalainen, 2002). Puurakenteet päästävät ääntä läpi. Nämä ovat kuitenkin teknisin keinoin ratkaistavia ongelmia. Puurakentamisen suurimmat esteet löytyvätkin kokemuksen ja tiedon puutteesta ja näiden tuottamista asenteista. "Puukerrostaloa pitää maalata

*usein, äänet kuuluvat naapureista, talo palaa tai ainakin homehtuu.*” Asenteet korkeaan puurakentamiseen muuttuvat hitaasti, mutta varmasti. Rakentajien tahto yhteistyöhön puutuotevalmistajien kanssa on kasvanut sitten puurakentamisen alkuaikojen ja syynä tähän voidaan nähdä olevan tiedon karttuminen.

Kartoitettaessa julkisen puurakentamisen kunnallista osaamista ja kuntien kaipaamaa tietoa puurakentamisesta, on todettu suurimmiksi puurakentamisen haasteiksi saatujen rakennustarjousten vähäinen määrä ja markkinoiden pieni kapasiteetti. Kunnissa koettiin myös, että puurakentamisen standardointi vaatii jatkokehittämistä ja parempaa tiedonjakoa, jotta ratkaisuja ei tarvitsisi kehittää uusissa projekteissa alusta asti uudelleen. (Puuinfo, 2022).

Iljäksen kartoittaessa puukerrostalojen rakentamisen suurimmaksi koettua estettä eräs rakennuttaja vastasi: *”Asuntokauppalaki. Urakoitsijoiden tietoisuuden puute riskeistä ja halu sekä kyky kokeilla uutta... – Urakoitsijan kate ja riskit ovat epäsuhtaiset verrattuna betonirakentamiseen. Vaikka puutaloille olisi kysyntää, niin niitä ei haluta tehdä suurempien riskien vuoksi verrattuna betonirakentamiseen.”* (Iljäs, 2013, 37) Lisäksi Iljäksen kyselyn tuloksista käy ilmi, että rakennusala kokee puurakentamisen esteiksi myös suuremmat riskit vesi- ja palovahinkojen osalta. Puurakentaminen koetaan siis taloudelliseksi riskiksi.

Iljäksen mukaan puukerrostalohankkeissa korostuvat pääsuunnittelun ja rakennesuunnittelun merkitykset ja rakennesuunnittelun määrä voi olla lähes 50 % suurempi kuin betonikohteessa. *”Puukerrostalo on teknisen toimivuuden ja rakennusfysikaalisten tekijöiden vuoksi erittäin vaativa suunnittelukohte, jonka vuoksi suunnittelu tulisi tehdä 3D-mallinnuksena.”* (Iljäs, 2013, 40) Puurakentamiskohde tiedetään siis nykyisillä määräyksillä ja tietotasolla haastavammaksi suunnittelukohteeksi verrattuna betonirakentamiseen.

Puurakentaminen nähdään perinteistä betonirakentamistapaa kalliimmaksi ja tämä hintaero jää nyt rakennuttajan maksettavaksi sillä asukkaille ei puurakentamisen korkeampaa hintaa voi siirtää. (Yle, 2021). Toisaalta on jo suomalaisia puurakennuskohteita, joissa kustannukset on saatu painettua betonirakentamisen kanssa samalle tasolle. Rakentamisen trendin muuttuessa aikaisilla omaksujilla on etulyöntiasema puurakentamiseen osaamisen ja tiedon nyt karttuessa.

Yleinen kiinnostus ei vielä ole johtanut puukerrostalojen rakentamisen suureen läpilyöntiin. Kiinteistöalan tulisi myös kiinnostua puukerrostalorakentamisesta, jotta rakentaminen pääsisi vauhtiin. Vaatimusten keventämisen, poliittisen ohjauksen ja pakottamisen kautta toivottu kehitys ei tapahdu. *”Rakennuttajat valittavat tarjonnan puutteesta ja valmistava teollisuus puolestaan kysynnän puutteesta. Tästä oravanpyörästä on päästävä.”* (Haapio, 2013). Rakennusala muuttuu hitaasti, mutta tiedon ja kokemuksen lisääntyessä ja puutuoteteollisuuden standardoinnin kehittyessä osa puurakentamisen esteistä vähitellen poistuu.



## 5 Pohdinta

Suomi on Euroopan metsäisin maa yli 70 % osuudella pinta-alasta. Suomen metsissä kasvu on tällä hetkellä suurempaa kuin hakkuumäärä, joten metsien kuutiometrimääräinen kasvu jatkuu edelleen. Metsät uusiutuvat ja tuottavat ehtymättömän määrän laadukasta rakentamisen raaka-ainetta.

Valtaosa Suomen metsistä on mäntyä ja kuusta. Jo usean vuoden ajan Suomen metsät ovat tilavuudella mitattuna kasvaneet yli 100 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Metsät ovat Suomen ainoat hiilinielut, joten kokonaishiilijalanjäljen kannalta niiden vastuullinen käyttäminen on keskeistä.

Puu sitoo kasvaessaan itseensä hiiltä ja vapauttaa ilmaan happea. Jätettäessä puu metsään tai käytettäessä puu energiantuotannossa vapautetaan ilmakehään puuhun varastoitunut hiili. Rakennettaessa rakennuksia tai valmistettaessa puisia rakennustuotteita muodostetaan samalla pitkäaikaisia hiilivarastoja. Hyvissä olosuhteissa puurakennus säilyttää hiilivarastonsa kymmeniä, jopa satoja, vuosia. Elinkaarensa päässä puurunkoisen rakennuksen puuosia voidaan kierrättää ja käyttää uudelleen. Jos niitä ei kierrätetä, voidaan puuosat käyttää energiantuotannossa, jolloin vältytään käyttämästä fossiilisia energianlähteitä.

Käyttämällä metsiä kestävästi ja kohdentamalla hakkuut oikein, voidaan kasvattaa hiilinieluja ja näin ottaa hiilidioksidia enemmän ilmasta.

Puu on ominaisuuksiltaan hyvin rakentamiseen sopiva helposti työstettävä materiaali. Sillä on hyvät lujuusominaisuudet käytettäessä sitä runkorakenteena ja se sopii terveystaivaikutustensa osalta hyvin myös asuinkerrostalon sisäpinnoille. Puu on täysin kierrätettävä ja uusiutuva materiaali, jonka tuotannossa käytetään vähiten energiaa muihin rakennusmateriaaleihin verrattuna. Massiivisena rakenteena puu toimii samalla myös lämmöneristeenä.

Puutuoteteollisuus käyttää Suomessa käytössä olevasta puusta alle 40 % ja massateollisuus noin puolet. Rakennettavien puurunkoisten asuinkerrostalojen määrää olisi varaa nostaa reilusti, sillä puuta käytetään nyt matalammin jalostettujen hyödykkeiden valmistamiseen erittäin paljon. Kaikki vuotuisesti Suomeen rakennettavat asuinkerrostalot olisi mahdollista rakentaa puurunkoisina kahden vuorokauden kasvua vastaavalla puumäärällä. Suomen metsien hiilivarannot kasvavat päivässä koko Suomen rakennustuotannon käyttämän puumäärän verran. Puu ei siis rakentamiseen käyttämällä lopu metsistämme.

Puun käytön suurimman mahdollisuuden rakentamisessa voidaan nähdä olevan korvausvaikutuksessa eli siinä, kuinka paljon muun rakennusmateriaalin hiilidioksidiekvivalenttipäästöjä voidaan poistaa korvaamalla tuote puutuotteella. Puutuotteisiin sitoutunut hiilidioksidimäärä on moninkertainen verrattuna puutuotteiden valmistuksesta aiheutuneisiin päästöihin nähden.

Puutuotteet soveltuvat hyvin sekä korjaus- että uudistuotantoon. Matalan ja perinteisesti puuvoittoisen matalan asuin- ja vapaa-ajan rakentamisen lisäksi puu soveltuu erinomaisesti myös korkeaan rakentamiseen. Isomittakaavaisen puurakentamisen ehkä merkittävin etu on nopeus, sillä puutalo voidaan rakentaa jopa puolella ajassa perinteiseen betonirakentamiseen verrattuna.

Hiilineutraaliustavoitteet sisältävät hiilijalanjälki- ja hiilikädenjälkitavoitteita, jotka yhdessä muodostavat mielekkään saavutettavan luvun, johon päättäväsillä ilmastotalkoilla on mahdollista päästä. Ihmisen toimien tai edes rakentamisen hiilijalanjälkeä on mahdotonta saada pienennettyä nollaan. Tärkeää hiilidioksidipäästötavoitteissa onkin saattaa hiilijalanjälki ja -kädenjälki tasapainoon siten että ilmaan päästetty hiilidioksidi poistuu sieltä vastaavalla nopeudella osana luonnon kiertokulkua.

Kiinteistö- ja rakennusalan tietoisuus omista päästöistään on viime vuosina lisääntynyt. Rakennusalan kontekstissa päästöjen pienentäminen koskee jokaista vaihetta ja toimijaa aina raaka-

ainehankinnasta tuoteteollisuuteen, logistiikkaan, rakentamiseen, rakennuksen käyttöön, sen purkamiseen ja raaka-aineiden kierrättämiseen asti. Alalla ei vielä ole yhteisiä hyväksytyjä hiilineutraaliustavoitteita, mutta yhä useammat toimijat tähtäävät jo osaltaan omien päästöjensä pienentämiseen.

Päästöjen vähentämistä edesauttaisivat toimialakohtaiset hiilineutraaliustavoitteet. Energiankäytöllä, työmailla ja rakennusmateriaalituotannolla kaikilla olisi hyvä olla omat selkeät aikataulutetut päästövähennystavoitteensa.

Rakennusala siirtyy verkkaisesti muun yhteiskunnan perässä kohti vähähiilisempää tulevaisuutta. Uusien ja korjattavien rakennusten energiatehokkuutta parannetaan ja tällä päästään tulevaisuudessa pienempiin päästöihin energiankäytön vähentyessä. Käytösidonnaisten päästöjen pienentäminen on tärkeää, mutta tuo pienemmät päästöt vasta ajan kuluessa. Tuotesidonnaisten päästöjen leikkaaminen heti rakennusprojektin alussa tuo puolestaan hyötyjä hiilidioksiditalouteen välittömästi. Tärkeää ilmastonmuutoksen hillitsemisessä on tavoitteiden ja suunnitelmien lisäksi tehdä konkreettisia toimia ja mahdollisimman nopeasti.

Rakennusalan kehityksessä voitaisiin myös rakennustapaa muuttaa enemmän siihen suuntaan, että halvimman ja käytetyimmän rakennustavan sijaan rakennettaisiin vähäpäästöisellä tavalla.

## Lähteet

Asumisen ja rakentamisen vision toteutuspolut. (2007). Kohti Etelä-Suomen aluerakenne 2030 -visiota. Etelä-Suomen maakuntien liittouma. Vantaa. 2007.

Grote, V., Avian, A., Frühwirth, M., Hillebrand, C., Köhldorfer, P., Messerschmidt, D. (2010). Gesundheitliche Auswirkungen einer Massivholzausstattung in der Hauptschule Haus Ennstal. Forschungsbericht des Human Research Institut für Gesundheitstechnologie und Präventionsforschung, Weiz, Österreich.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/844. 30.5.2018. Rakennusten energiatehokkuudesta annetun direktiivin 2010/31/EU ja energiatehokkuudesta annetun direktiivin 2012/27/EU muuttamisesta. Saatavissa:

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0844&from=FI>

Haapio, A. (2013) Puurakentamisen tulevaisuuden näkymät. VTT:n julkaisu 141. Espoo 2013.

Hartig, T., Evans, G. W., Jamner, L. D., Davis, D. S. & Gärling, T. (2003). Tracking restoration in natural and urban field settings. *Journal of Environmental Psychology* 23(2): 109–123.

Henttonen, H., Nöjd, P. & Mäkinen, H. 2017. Environment-induced growth changes in the Finnish forests during 1971-2010 – An analysis based on National Forest Inventory. *Forest Ecology and Management* 386: 22-36.

Hurmekoski E., Myllyviita T., Seppälä J., Heinonen T., Kilpeläinen A., Pukkala T., Mattila T., Hetemäki L., Asikainen A. & Peltola, H. 2020. Impact of structural changes in wood-using industries on net carbon emissions in Finland. *Journal of Industrial Ecology*.

Häkkinen, T. & Kuittinen, M. (2020). Kohti vähähiilistä rakentamista – Opas arviointiin ja suunnitteluun. Rakennustieto Oy 2020.

Iljäs, V. (2013). Puukerrostalojen rakentamisen esteet ja mahdollisuudet. Keskeisten suomalaisten rakentamis- ja kiinteistöalan sidosryhmien vertaileva asennemittaus. Tampere 2013.

Julkisen puurakentamisen kansalliset tavoitteet. Puurakentamisen toimenpideohjelma 2016-2020. (2020). Ympäristöministeriö. 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](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)

Kalliokoski T., Kanninen M., Korhonen R., Lintunen J., Repo A., Saikku L., Seppälä J. & Uusivuori J. (2015). Ilmastopaneeli. Metsien hyödyntämisen ilmastovaikutukset ja hiilinielujen kehittyminen. Ilmastopaneelin raportti 3/2015.

Karjalainen, M. (2002). Suomalainen puukerrostalo puurakentamisen kehittämisen etulinjassa. Oulun yliopisto. Oulu 2002.

Karjalainen, M. (29.1. 2016) Puurakentamisen asema ja mahdollisuudet Suomessa. Esitelmä Lapin 58. metsätalouspäivillä.

Karjalainen, M. (3.6. 2021). Mitä kuuluu Suomen puurakentaminen? <https://blogs.tuni.fi/arkkiblogi/teema2/mita-kuuluu-suomen-puurakentaminen/>

Kelz, C., Lackner, H., Avian, A. & Moser, M. (2007). Solid fir furniture reduces strain during and after concentration periods. In 7th biennial Conference on Environmental Psychology, Universität Bayreuth.

Kilpeläinen, A. & Strandman, H. & Kellomäki, S. & Seppälä, J. (2014), Assessing the Net Atmospheric Impacts of Wood Production and Utilization, Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 19, 955–968

[Korhonen K.T.](#), [Ahola A.](#), [Heikkinen J.](#), [Henttonen H.M.](#), [Hotanen J.-P.](#), [Ihalainen A.](#), [Melin M.](#), [Pitkänen J.](#), [Räty M.](#), [Sirviö M.](#), [Strandström M.](#) (2021). Forests of Finland 2014–2018 and their development 1921–2018. *Silva Fennica* vol. 55 no. 5 article id [10662](#).

Korhonen K.T., Auvinen A-P, Kuusela S., Punntila, P., Salminen O., Siironen J., Ahjroth P., Jäppinen, J-P & Kolström, T. (2016) Biotalouskenaarioiden mukaisten hakkuiden vaikutukset metsien monimuotoisuudelle tärkeisiin rakennepiirteisiin. Luonnonvarakeskus. Helsinki 2016.

Kuittinen, M. & Häkkinen, T. (2020). Kohti vähähiilistä rakentamista – Opas arviointiin ja suunnitteluun. Helsinki. 2020.

Luonnonvarakeskus. (2015). Tilastot. <http://www.metla.fi/metinfo/tilasto>

Luonnonvarakeskus. (2018). Hakuukertymä ja puuston poistuma. Tilastot.

MSO 2011-2015. (2012). Metsäalan strateginen ohjelma 2011-2015. Väliraportti ja toimenpideohjelma 1.10.2012. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Kilpailukyky. 43/2012. TEM

Pingoud K. & Perälä A-L. (2000). Skenaariotarkastelu potentiaalisesta puunkäytöstä ja sen kasvihuonevaikutuksesta vuosien 1990 ja 1994 uudisrakentamisessa.

Puuinfo. (2019). Puutavaraopas. Sahatavara ja puutuotteet. Saatavissa:

<https://proofer.faktor.fi/epaper/Puutavaraopas2019/index.html#1/z>

Puuinfo. Puu-lehti 2/2022.

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (2010/31/EU), muutettuna direktiivillä 2018/844/EU, artiklan 2a mukainen ilmoitus. Pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategia 2020-2050. Saatavissa: <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B242AE19E-F497-4A38-8DF2-95556530BA53%7D/156573>

Rakennuslehti. (20.9.2021). Rakennusmateriaalien ja työmaiden päästöt puoleen - kiinteistö- ja rakennusalan toimijat tähtäävät hiilineutraaliksi vuoteen 2035 mennessä. Saatavissa:

<https://www.rakennuslehti.fi/2021/09/rakennusmateriaalien-ja-tyomaiden-paastot-puoleen-kiinteisto-ja-rakennusala-tahtaa-hiilineutraaliksi-vuoteen-2035-menessa/>

Rakennustieto. (2021). Asuntomarkkinoiden tilastot. Saatavissa:

<https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Talous-tilastot-ja-suhdanteet/Kuviopankki/Asuntomarkkinat/>

RakMk C4. (2002). Ympäristöministeriön asetus lämmöneristyksestä. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/data/normit/1931-C4s.pdf>

RakMk E1. (2011). Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. Saatavissa: [https://www.finlex.fi/data/normit/37126-E1\\_2011-fi.pdf](https://www.finlex.fi/data/normit/37126-E1_2011-fi.pdf)

Seppälä J., Heinonen T., Pukkala T., Kilpeläinen A., Mattila T., Myllyviita T., Asikainen A. & Peltola H. 2019. Effect of increased wood harvesting and utilization on required greenhouse gas displacement factors of wood-based products and fuels. *Journal of Environmental Management* 247:580-587.

Siikanen, U. (2016). Puurakentaminen (2. painos). Viro 2016.

Soikkeli, A. (toim.) (2011). Puun mahdollisuudet lähiöiden korjauksissa. Oulu 2011.

Suomen ympäristökeskus SYKE (2021). Rakentamisen päästötietokanta. Saatavilla:

<https://co2data.fi/>

Tennessen, C. M. & Cimprich, B. (1995). Views to nature: Effects on attention. *Journal of Environmental Psychology* 15(1): 77.

Tilastokeskus. Asuntokanta 2020. Saatavissa:

[https://www.stat.fi/til/asas/2020/01/asas\\_2020\\_01\\_2021-10-14\\_kat\\_001\\_fi.html#:~:text=Vuoden%202020%20lopussa%20kerrostaloasuntoja%20oli,2020%20lopussa%20jo%20420%20000.](https://www.stat.fi/til/asas/2020/01/asas_2020_01_2021-10-14_kat_001_fi.html#:~:text=Vuoden%202020%20lopussa%20kerrostaloasuntoja%20oli,2020%20lopussa%20jo%20420%20000.)

Tolppanen, J., Karjalainen, J., Lahtela, T. & Viljakainen M., (2013). Suomalainen puukerrostalo – Rakenteet, suunnittelu ja rakentaminen. Tampere 2013.

Tsunetsugu, Y., Miyazaki, Y. & Sato, H. (2007). Physiological effects in humans induced by the visual stimulation of room interiors with different wood quantities. *Journal of Wood Science* 53(1): 11–16.

Tulonen, L. (2020). Korput. Korkeiden puukerrostalojen tutkimus. Diplomityö. Tampereen yliopisto.

Vainio T. (2020). Asuntotuotantarve 2020-2040. VTT. Espoo 2020.

Vainio T., Belloni K. & Jaakkonen K. (2012) Asuntotuotanto 2030. Asuntotuotantarpeeseen vaikuttavia tekijöitä. VTT. Espoo 2012.

Valsta, L., Ahtikoski, A., Horne, P., Karttunen, K., Kokko, K., Melkas, E., Mononen, J., Pingoud, K., Pohjola, J. & Uusivuori, J. (2006). Puu ilmastomuutoksen hillitsijänä. Loppuraportti. Metsäekonomian laitoksen tutkimusraportteja 39. Helsinki 2006. 57 s. Saatavissa: <http://www.mm.helsinki.fi/~valsta/carbon/hiililoppuraportti-final.pdf>

Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu. (2017). Saatavissa:

<https://valtioneuvosto.fi/documents/1410877/3506436/Valtioneuvoston+selonteko+kansallisesta+energia-+ja+ilmastostrategiasta+vuoteen+2030.pdf>

Vares S., Häkkinen T. & Vainio T. 2017. Rakentamisen hiilivarasto. VTT, Asiakasraportti VTT-CR-04958-17

Viitanen, J., Mutanen, A. & Karvinen, S. (toim.). (2019). Metsäsektorin suhdannekatsaus 2019-2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki 2019.

Yle. 26.3.2021. Puukerrostalojen rakentaminen ei ole ”lyönyt läpi” ministeriön kunnianhimoisista tavoitteista huolimatta – rakennuttajat ovat haluttomia tekemään muutoksia. Saatavissa:

<https://yle.fi/uutiset/3-11851677>

Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017. (2017). Saatavissa:

<https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B038F68B2-575B-430C-B014-5C0484B6E46C%7D/135496>