

Vähähiiliset julkiset hankinnat

Keinoja ja mahdollisuuksia
päästövähennyksiin

Sara-Tuuli Siiskonen, Katriina Alhola ja Ari Nissinen

Suomen ympäristökeskuksen raportteja 29 / 2022

Vähähiiliset julkiset hankinnat

Keinoja ja mahdollisuuksia päästövähennyksiin

Sara-Tuuli Siiskonen, Katriina Alhola ja Ari Nissinen



Suomen ympäristökeskuksen raportteja 29 | 2022

Suomen ympäristökeskus
Kulutuksen ja tuotannon keskus

Kirjoittajat: Sara-Tuuli Siiskonen, Katriina Alhola ja Ari Nissinen
Suomen ympäristökeskus

Vastaava erikoistoimittaja: Jari Lyytimäki

Rahoittaja: KEINO-osaamiskeskus (Työ- ja elinkeinoministeriö)
Julkaisija ja kustantaja: Suomen ympäristökeskus SYKE
Latokartanonkaari 11, 00790 Helsinki, puh. 0295 251 000, syke.fi

Taitto: Sara-Tuuli Siiskonen ja Pirkko Väänänen
Kannen kuva: Adobe Stock.

Julkaisu on saatavana veloituksetta internetistä: www.syke.fi/julkaisut | helda.helsinki.fi/syke
sekä
painettuna SYKE:n verkkokaupasta: syke.omapumu.com.

ISBN 978-952-11-5501-7 (PDF)
ISBN 978-952-11-5502-4 (nid.)
ISSN 1796-1726 (verkkoj.)
ISSN 1796-1718 (pain.)

Julkaisuvuosi: 2022

Tiivistelmä

Vähähiiliset julkiset hankinnat. Keinoja ja mahdollisuuksia päästövähennyksiin.

Kansallinen Hankinta Suomi -strategia asettaa kahdeksan tavoitetta julkisille hankinnoille. Ekologisuus on näistä yksi, ja sen tärkeinä osa-alueina on tunnistettu vähähiilisyys, kiertotalous sekä luonnon monimuotoisuus. Tämä raportti keskittyy hankintojen vähähiilisyyteen. Vähähiilisyys voidaan edelleen jakaa pienempiin kokonaisuuksiin, kuten energiatehokkuuteen, uusiutuvien energialähteiden käyttöön sekä materiaalien päästöihin. Vähähiilisyyden osatekijöiden tunnistaminen on tärkeää, jotta hankkija voi keskittyä vähähiilisyyden kannalta kaikkein merkittävimpiin näkökohtiin, sekä asettaa niitä koskevat tavoitteet ja konkreettiset hankintakriteerit kaikkein vaikuttavimmille toimenpiteille ja näkökohdille. Eri tuoteryhmät, joista julkisten hankintojen yhteydessä käytetään termiä hankintakategoriat, sisältävät tavaroita, palveluja ja urakoita, joiden aiheuttamat päästöt vaihtelevat huomattavasti ja joissa on erilaisia keinoja vähentää päästöjä. Siksi tarvitaan tietoa erityisesti niistä päästövähennystoimenpiteistä, joita hankkija voi tehdä, sekä näiden vaikuttavuudesta.

Tässä raportissa tarkasteltiin julkisten hankintojen tuoteryhmiä, joiden hiilijalanjälki on kansallisen laskennan mukaan suurin, ja joissa on olemassa keinoja vaikuttaa kyseisen tuoteryhmän hankintojen hiilijalanjälkeen. Työssä arvioitiin mahdollisten päästövähennysten suuruusluokkaa eli vähähiilisyyspotentiaalia. Hankintakategorioihin sisältyy hyvin erilaisia tuotteita ja palvelukokonaisuuksia eikä vähähiilisyyspotentiaalia voida arvioida tarkasti, joten sitä arvioitiin kolmiportaisella asteikolla.

Tutkimuksessa tarkasteltiin kaikkiaan 10 eri hankintakategoriaa. Hiilijalanjäljen näkökulmasta merkittävintä hankintakategoria on energian hankinta, eli sähkön, lämmön ja kaasun käyttö rakennetun ympäristön toimintoihin ja ylläpitoon. Päästövähennyspotentiaali tässä kategoriassa on erittäin merkittävä. Suuria päästövähennyksiä voidaan saada aikaan myös talonrakennus- ja infrarakentamisen toimialoilla. Rakentamisessa toimenpiteiden päästövähennyspotentiaali vaihtelee paljon riippuen lähtötasosta ja toimenpiteen laajuudesta. Esimerkiksi energiatehokkuusinvestointeihin ja rakennuksen lämmitysmuodon valintaan sisältyy suuri päästövähennyspotentiaali. Tämän raportin tarkastelussa elinkaarinäkökulma oli vähähiilisyyspotentiaalin arvioinnin lähtökohta. Esimerkiksi rakentamisen suunnitteluratkaisut näkyvät suoraan energiahankintojen päästöissä ja kuljetusten kalustohankintoja koskevat päätökset heijastuvat polttoaineiden hankintakategorian hiilijalanjälkeen. Energian, rakentamisen ja kuljetushankintojen lisäksi tarkasteltiin muun muassa elintarvike-, huonekalu-, tekstiili- ja tietotekniikkahankintoja.

On hyvä muistaa, että vähähiilisyys on vain yksi näkökulma hankintojen ekologisuuden tarkastelussa, joka puolestaan on yksi pilari kestävien hankintojen kokonaisuudessa. Vähähiilisyystavoitteita onkin käytännössä välttämätöntä toteuttaa osana hankintojen kokonaiskestävyyttä, taloudellista ja sosiaalista näkökulmaa unohtamatta.

Asiasanat: vähähiiliset hankinnat, vähähiilisyyspotentiaali, päästövähennykset, julkiset hankinnat, kestävät hankinnat, hiilijalanjälki, energia, rakennukset, rakentaminen, kuljetukset, koneet, laitteet, tietokoneet, palvelut, huonekalut, tekstiilit, vaatteet

Sammandrag

Offentlig upphandling med låga koldioxidutsläpp. Metoder och möjligheter för utsläppsminskning.

Åtgärdsprogrammet för offentlig upphandling-strategin ställer åtta mål för offentliga upphandlingar. Den ekologiska aspekten är en av dessa och koldioxidutsläpp, cirkulär ekonomi och naturens mångfald har identifierats som viktiga delområden. Denna rapport fokuserar på koldioxidutsläpp inom upphandlingar. Koldioxidutsläpp kan ytterligare delas upp i mindre helheter som energieffektivitet, användning av förnybara energikällor och materialutsläpp. Det är viktigt att identifiera koldioxidutsläppselement så att upphandlaren kan fokusera på de mest relevanta aspekterna av koldioxidutsläpp resultat och för att fastställa mål och konkreta upphandlingskriterier för de mest effektiva åtgärderna och aspekterna. Olika produktgrupper, som kallas upphandlingskategorier i samband med offentlig upphandling, omfattar varor, tjänster och entreprenader, vilka orsakar ett brett spektrum av utsläpp och där det finns olika metoder att minska utsläppen. Därför behövs det information särskilt om vilka utsläppsminskning åtgärder som upphandlaren kan vidta och hur effektiva de är.

Denna rapport undersökte de viktigaste produktgrupperna då det gäller koldioxidavtrycket från offentlig upphandling. Översynen inriktades på upphandlaren potentiella utsläppsminskning åtgärder inom varje upphandlingskategori samt bedömningen av omfattningen av utsläppsminskningarna för dessa åtgärder, dvs. koldioxidutsläppspotentialen. Upphandlingskategorierna omfattar ett brett spektrum av produkter och tjänster och koldioxidutsläppspotentialen kan inte bedömas exakt, så den bedömdes med en skala på tre steg.

Studien undersökte totalt 10 olika upphandlingskategorier. Med tanke på koldioxidavtrycket är den viktigaste upphandlingskategorin energiköp, dvs. användningen av el, värme och gas för funktioner och underhåll av den byggda miljön. Potentialen för utsläppsminskning i denna kategori är mycket betydande. Stora utsläppsminskningar kan även uppnås inom husbyggnads- och infrastrukturindustrin. Inom byggsektorn varierar åtgärdernas utsläppsminskningspotential kraftigt beroende på utgångsnivån och omfattningen av åtgärden. Exempelvis har investeringar i energieffektivitet och valet av uppvärmningssätt i en byggnad en hög utsläppsminskningspotential. Vid granskningen av denna rapport var livscykelperspektivet utgångspunkten för bedömningen av denna koldioxidutsläppspotential. Exempelvis är planeringslösningar inom byggande direkt synliga i utsläpp från energiupphandling, och beslut om upphandling av transportutrustning återspeglas i koldioxidavtrycket från bränsleupphandlingskategorin. Utöver energi, bygg- och transportupphandlingar granskades upphandlingar av bland annat livsmedel, möbler, textilier och informationsteknik.

Det är värt att komma ihåg att koldioxidutsläpp är bara en del inom granskningen av upphandlingarnas ekologiska aspekter, som i sin tur är en av delarna för hållbar upphandling som helhet. I praktiken är det nödvändigt att utföra de koldioxidutsläpp målen som en del av upphandlingarnas helhetshållbarhet, utan att förlora de ekonomiska och sociala aspekterna.

Nyckelord: koldioxidutsläpp upphandlingar, koldioxidutsläppspotential, utsläppsminskning, offentliga upphandlingar, hållbara upphandlingar, koldioxidavtryck, energi, byggnader, byggande, transport, maskiner, apparater, datorer, tjänster, möbler, textil, kläder

Abstract

Low-carbon public procurement. Means and potential of reducing emissions.

The National Procurement Finland strategy sets eight targets for public procurement. Sustainability is one of these targets, and low-carbon, circular economy and biodiversity have been identified as important areas. This report focuses on low-carbon procurement. Low-carbon can be further broken down into smaller entities, such as energy efficiency, the use of renewable energy sources and emissions of materials. The identification of low-carbon elements is important in order to allow the procurer to focus on the most important aspects in terms of low-carbon, and to set specific targets and procurement criteria for the most effective measures and aspects. Different product categories, referred to as 'procurement categories' in public procurement, include goods, services and contracts that cause a varying amount of emissions and offer different ways of emission reduction. Therefore, information is needed in particular on the emission reduction measures that the procurer can take and the effectiveness of these measures.

This report examined the most significant product categories in terms of the carbon footprint of public procurement. The review focused on the potential emission reduction measures of the procurer in each procurement category and the assessment of the order of magnitude of the emission reductions of these measures, i.e. the low-carbon potential. The procurement categories include a wide range of products and services, and the low-carbon potential cannot be accurately assessed, which is why it was assessed on a three-step scale.

The study examined a total of 10 different procurement categories. From the perspective of the carbon footprint, the most significant procurement category is energy procurement, i.e. the procurement of electricity, heat and gas for the operation and maintenance of the built environment. Emissions reduction potential in this category is very important. Large emission reductions can also be achieved in the building construction and infrastructure construction industries. In construction, the emission reduction potential of measures varies greatly depending on the baseline and the extent of the measure. For example, energy efficiency investments and the choice of the heating mode of a building have a high emission reduction potential. In the review of this report, the life cycle approach was the starting point for assessing the low-carbon potential. For example, construction design solutions are directly visible in the emissions of energy procurements, and decisions on transport equipment procurements are reflected in the carbon footprint of the fuel procurement category. In addition to energy, construction and transport procurement, procurement of food, furniture, textiles and information technology were also examined.

It is important to remember that low-carbon is only one of the aspects when reviewing the ecological sustainability of procurement, which in turn is one of the pillars of sustainable procurement. In practice, it is therefore necessary to implement the low-carbon objectives as part of the overall sustainability of procurement, not forgetting the economic and social aspects.

Keywords: low-carbon procurement, low-carbon potential, emission reduction, public procurement, sustainable procurement, carbon footprint, energy, buildings, construction, transport, machinery, devices, computers, services, furniture, textiles, clothing

Esipuhe

Vähähiilisyiden ja kiertotalouden edistäminen on välttämätöntä ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi ja luonnonvarojen käytön vähentämiseksi. Julkisella sektorilla on käytössään merkittävä muutosvoima, sillä julkinen sektori tekee vuosittain hankintoja ja investointeja lähes 50 miljardin euron arvosta ja ne aiheuttavat noin viidenneksen Suomen kulutusperusteisesti lasketuista kasvihuonekaasupäästöistä.

KEINO-osaamiskeskuksen tekemien selvitysten mukaan ympäristövastuu huomioidaan strategian tai hankintalinjausten tasolla noin puolessa julkisista hankintaorganisaatioista. Myös kestävyyskriteerejä käytetään julkisissa tarjouspyynnöissä. Hankintojen ilmastovaikutukset ja niitä mittaava hiilijalanjälki sisältyvät tärkeänä osana hankintojen kokonaiskestävyyteen. Toimialoilla voi kuitenkin olla eroja ilmastovaikutuksiin liittyvien kriteerien käytössä sekä sitä tukevien ohjauseinojen käytössä. Esimerkiksi liikenteen ja rakentamisen hankintoihin ilmastotavoitteet tulevat vahvasti EU:n yhteisten tavoitteiden ja kansallisen lainsäädännön kautta, mutta on myös hankintakategorioita, joiden ilmastovaikutusta ei suoraan ohjata sektorikohtaisen lainsäädännön kautta vaan vähähiilisyiden huomiointi jää hankkijan oman aktiivisuuden varaan.

KEINO-osaamiskeskuksen toiminta käynnistyi keväällä 2018 ja yksi sen keskeisiä tavoitteita on ollut edistää hankintojen vähähiilisyyttä. Tähän on vastattu muun muassa järjestämällä Vähähiilisten hankintojen kehittämisohjelma (VÄHIS-hanke) vuonna 2021, jonka tuloksena syntyi käytännöllinen Vähähiilisten hankintojen pelikirja (KEINO 2021). VÄHIS-hanke sai jatkoa keväällä 2022 KEINOn järjestämällä Vähähiilisten hankintojen teema-akatemiolla. Kehittämisohjelmat ovat tähänneet osallistujien vähähiilisten hankintojen ymmärryksen kasvattamiseen sekä käytännön toimintasuunnitelmien laatimiseen. Keskeistä on ollut ymmärtää, mistä julkisen hankintaorganisaation hiilijalanjälki muodostuu ja miten siihen voidaan parhaiten vaikuttaa, jotta hankintayksiköiden rajalliset resurssit voidaan kohdentaa oikeisiin toimenpiteisiin ja mahdollisimman kustannustehokkaisiin päästövähennyksiin. Mahdollisuus vaikuttaa hiilijalanjälkeen on eri tuoteryhmissä erilainen ja käytössä olevat keinot vaihtelevat. Myös hankintaorganisaatioissa on erilaisia valmiuksia, osaamista ja reunaehtoja, joiden puitteissa vähähiilisiä hankintoja tehdään. Laajimmillaan hankintojen vähähiilisyyspotentiaali kattaa sekä hankinnan kohteen päästöjen vähentämismahdollisuudet että hankintayksikön oman kyvykkyyden ja valmiudet vähähiilisten hankintojen tekemiseen.

KEINOn vähähiilisten hankintojen edistämistyössä on hyödynnetty Suomen ympäristökeskuksen laskemaa Suomen julkisten hankintojen hiilijalanjälkeä, sekä sen laskennassa tuotettuja päästökertoimia, jotka on otettu osaksi Hanselin Hankintapulssi-työkalua. Se on mahdollistanut hankintayksiköiden hankintojen eurojen ja keskimääräisen hiilijalanjäljen yhtäaikaisen tarkastelun. Jotta hankintayksikkö voisi tarkemmin pohtia vaihtoehtoja ja mahdollisuuksiaan päästöjen vähentämiseen, hankintakategorioista tarvitaan kuitenkin keskimääräistä hiilijalanjälkeä tarkempaa tuoteryhmäkohtaista tietoa merkittävimmistä toimenpiteistä, joilla hankintayksikkö voi vaikuttaa kyseisen tuoteryhmän eli hankintakategorian päästöihin. Tässä raportissa esitellään hiilijalanjäljen näkökulmasta tärkeimmät tuoteryhmät sekä toimenpiteet, joilla hankintayksikkö voi niiden päästöihin vaikuttaa, ja arvioidaan näiden vaikutusten suuruutta, eli päästövähennyspotentiaalia.

Tässä raportissa koottua vähähiilisyystietoa on kerätty ja hyödynnetty KEINO-osaamiskeskuksen työssä. Kiitämme KEINO-osaamiskeskusta tämän selvityksen rahoituksesta ja asiantuntevasta kommentinnista työn eri vaiheissa.

Helsingissä 14.6.2022

Kirjoittajat

Sisällys

Tiivistelmä	3
Sammandrag	4
Abstract	5
Esipuhe.....	7
1 Johdanto	9
1.1 Vähähiilisyys julkisten hankintojen tavoitteena	9
1.2 Julkisten hankintojen hiilijalanjälki ja elinkaarinäkökulma	10
1.3 Julkisten hankintojen vähähiilisyyspotentiaali	12
2 Tutkimuksen tavoite, aineisto ja menetelmät.....	15
2.1 Tutkimuksen tavoite ja tausta	15
2.2 Tutkimusmenetelmät ja aineisto	16
3 Päästövähennysmahdollisuudet hankintakategorioittain	20
3.1 Rakennusten energia	20
3.1.1 Lämmitys	21
3.1.2 Sähkö.....	26
3.2 Rakentaminen ja rakennukset	28
3.2.1 Rakennusten rakentaminen ja korjaaminen	29
3.2.2 Alueiden rakentaminen ja kunnossapito	35
3.2.3 Rakennusten ja alueiden rakentamis- ja kunnossapitopalvelut.....	37
3.3 Matkustaminen ja kuljetukset	38
3.3.1 Kuljetusvälineet	38
3.3.2 Matkustus- ja kuljetuspalvelut	40
3.4 Elintarvikkeet ja ravitsemuspalvelut.....	44
3.5 Muut koneet ja laitteet	46
3.5.1 Koneet, laitteet ja kalusto.....	46
3.5.2 Koneiden ja laitteiden korjaus sekä kunnossapito	47
3.6 Siivous- ja pesulapalvelut sekä -tarvikkeet.....	47
3.7 Huonekalut.....	48
3.8 Tekstiilit.....	50
3.9 Elektroniikka ja tietotekniikka.....	53
3.9.1 Tietokoneet ja laitteet.....	53
3.9.2 ICT- ja tietoliikennepalvelut, ATK, käyttöpalvelut.....	54
3.10 Lääkkeet ja hoitotarvikkeet.....	56
4 Yhteenveto hankintojen vähähiilisyyspotentiaalista	57
4.1 Hankintakategoriat vähähiilisyyspotentiaalin suunnittelussa.....	57
4.2 Vähähiilisyyspotentiaaliin vaikuttavat lähtötaso, innovaatiot ja teknologinen kehitys	59
4.3 Vähähiilisyyspotentiaali mahdollistaa tavoitteiden asettamisen ja mitaamisen	60
5 Johtopäätökset	61
Lähteet	62

1 Johdanto

Vähähiiliset julkiset hankinnat tarkoittavat julkisia palveluja, tavarahankintoja ja rakennusurakoita, jotka tuottavat elinkaarensa aikana mahdollisimman vähän kasvihuonekaasupäästöjä. Ne voidaan toteuttaa joko hankkimalla suoraan vähäpäästöinen ratkaisu markkinoilta tai asettamalla vähäpäästöisyyttä edistäviä kriteerejä kilpailutukseen. Vähähiilisyyspotentiaalilla tarkoitetaan yksittäiseen hankintaan tai koko hankintakategoriaan liittyviä päästövähennysmahdollisuuksia ja niiden suuruutta.

1.1 Vähähiilisyys julkisten hankintojen tavoitteena

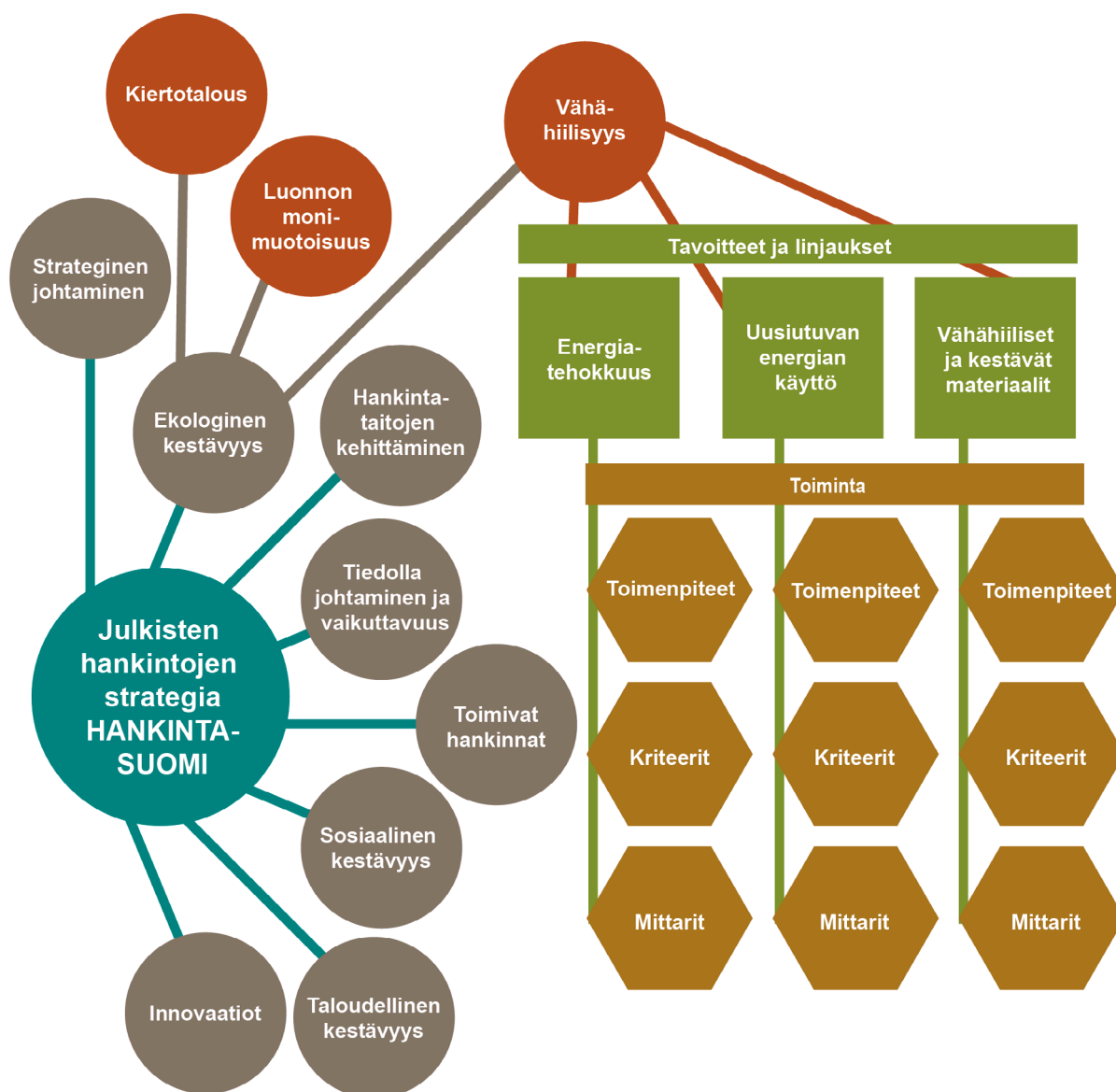
Julkisilla hankinnoilla voidaan hakea ratkaisuja hiilineutraalisuustavoitteiden saavuttamiseksi ja ilmastokriisin selättämiseksi. Suomi tähtää hiilineutraaliuteen vuonna 2035, ja monet kunnat aikovat saavuttaa tavoitteen jo tätä aiemmin. Suomi on sitoutunut myös Pariisin ilmastopöytäkirjaan ja EU:n ympäristöpolitiikan tavoitteisiin. Julkisen sektorin hankinnoissa piilee merkittäviä mahdollisuuksia, sillä Suomen julkisten hankintojen hiilijalanjälki vastaa noin viidesosaa maamme kulutusperusteisesti laskeutuista kasvihuonekaasupäästöistä (Nissinen & Savolainen 2019).

Julkisen sektorin edellytetään toimivan suunnannäyttäjänä kestävän yhteiskunnan ja kulutustapojen edistämisessä. Keskeisiä julkisiin hankintoihin vaikuttavia toimenpiteitä linjataan pääministeri Marinin hallitusohjelmassa sekä monissa alueellisissa ja kunnallisissa strategioissa. Julkisten hankintojen rooli kiteytyy kestävän kehityksen Agenda2030-tavoitteessa, jossa todetaan, että julkisen sektorin tulee varmistaa kulutus- ja tuotantotapojen kestävyys ja edistää kestäviä julkisia hankintakäytäntöjä kansallisten lakien ja prioriteettien mukaisesti (Agenda 2030, tavoite 12.7). Vuonna 2017 uudistettu hankintalaki tukee ympäristö- ja muiden kestävyysnäkökohtien huomioimista hankinnoissa. Kestävyysnäkökohdat voidaan ottaa huomioon jo hankinnan valmisteluvaiheessa markkinakartoituksessa sekä kaikissa hankintamenettelyn vaiheissa ja sopimuskaudella.

Kestävät hankinnat on keino siirtää julkisen sektorin strategisia tavoitteita käytäntöön. Vuonna 2020 Suomessa otettiin käyttöön kansallinen julkisten hankintojen strategia Hankinta Suomi, joka asettaa julkisille hankinnoille kahdeksan strategista tavoitetta (Kuva 1). Yksi niistä on ekologinen kestävyys, johon sisältyvät hankintojen vähähiilisyys, kiertotalous ja luonnon monimuotoisuus. Vähähiilisyys tavoittelee pienempiä kasvihuonekaasupäästöjä ja niiden vähentämistä olemassa olevasta tasosta. Se voidaan edelleen jakaa pienempiin konkreettisempiin osatavoitteisiin, kuten energiatehokkuus, uusiutuvien energialähteiden käyttö sekä vähähiiliset materiaalivalinnat. Osatavoitteisiin on helpompi vastata erilaisilla hankintalinjauksilla, kohdentaa tiettyjä toimenpiteitä tai asettaa kilpailukriteerejä. Hankintalinjauksilla voidaan esimerkiksi sitoutua valitsemaan energiatehokkaimmat laitteet kilpailutuksissa, toimenpiteenä voi olla esimerkiksi päätös ympäristömerkin käytöstä hankinnassa ja kriteerinä voidaan asettaa energiatehokkuusluokka A tai palkita sen alittavasta päästötasosta. Hankintojen kautta voidaan siten vaikuttaa monella eri tavalla, josta tyypillisin lienee kestävyyskriteerien asettaminen kilpailutukseen. Joissain hankintakategorioissa, kuten kalustohankinnoissa, voidaan myös valita markkinoilta suoraan vähäpäästöisempi vaihtoehto ja määritellä hankinnan kohde sen mukaan, esim. biokaasu- tai sähköautot. Hankinnan ympärille voidaan myös luoda kokonaan uusi toimintatapa tai palveluratkaisu, jossa hankinnat ovat vain osa kokonaisuutta, esimerkiksi toimiva kevyen liikenteen verkosto.

Kestävä julkinen hankinta huomioi ympäristön ja sosiaalisen vastuun sekä luo pohjan kestävälle taloudelle. Lopputuloksena saadaan aikaan sekä kuntatason hyötyjä että myönteisiä vaikutuksia globaaleihin ympäristövaikutuksiin. Kuntatasolla hyödyt voivat näkyä parempana palvelun laatuna ja pienempinä elinkaarikustannuksina. Investointien pienemmät elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset voivat myös johtaa edullisempiin rahoitusehtoihin. Tällä hetkellä Suomesta löytyy hyviä esimerkkejä

vähähiilistä hankinnoista¹, mutta hyödyntämättömiä mahdollisuuksia on vielä paljon. Kustannustehokaiden ja vaikutuksiltaan merkittävien toimenpiteiden toteuttamiseksi ja kilpailuskriteerien asettamiseksi tarvitaan tietoa eri toimenpiteiden ja kriteerien vaikutuksista sekä siitä, miten ne vastaavat asetettuun tavoitteeseen, eli niiden vaikuttavuudesta. Tämän raportin tarkoituksena on lisätä tietoa hankintojen tuoteryhmäkohtaisista mahdollisuuksista vähentää päästöjä ja arvioida vaikutusten suuruusluokkaa.



Kuva 1. Vähähiilisyyden tavoitteet ja linjaukset, toimenpiteet, kriteerit ja mittarit vastaavat Hankinta-Suomen ekologisen kestävyden tavoitteisiin.

1.2 Julkisten hankintojen hiilijalanjälki ja elinkaarinäkökulma

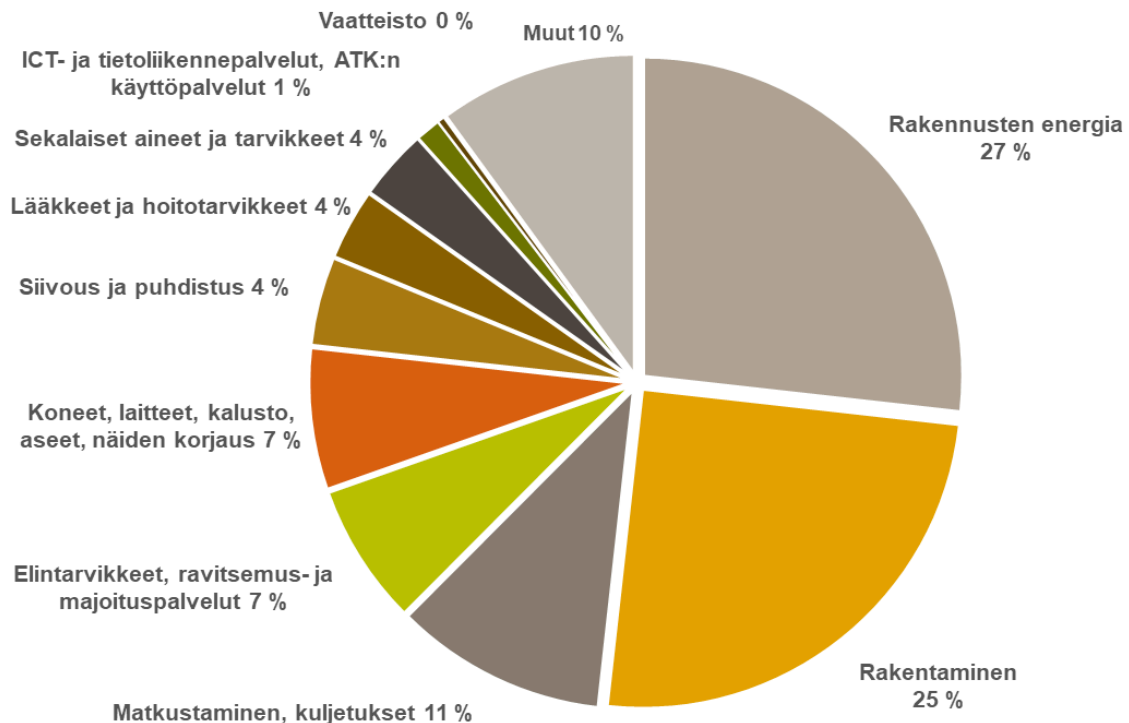
Julkisiin tavara-, palvelu- ja urakkahankintoihin sisältyy paljon päästövähennysmahdollisuuksia ja niillä voidaan edistää ilmastotavoitteiden toteutumista eri sektoreilla. Suomessa julkisten hankintojen suurin hiilijalanjälki syntyy lämmön, sähkön ja kaasun hankinnoista. Myös rakennusten ja alueiden

¹ Keinokkaat esimerkit (www.hankintakeino.fi)

rakentaminen ja kunnossapito sekä maa- ja vesirakentaminen tuottavat ison osan Suomen julkisen sektorin hankintojen ja investointien hiilijalanjäljestä (Nissinen & Savolainen 2019; Kalimo ym. 2021). Hiilijalanjäljen kannalta merkittäviä tuoteryhmiä ovat myös matkustaminen ja kuljetukset, elintarvikkeet ja ruokapalvelut, koneiden ja laitteiden hankinnat sekä palvelut, kuten ylläpito, siivous- ja puhdistuspalvelut (Kuva 2). Näille tuoteryhmille on määritetty ympäristökriteerejä, joita voi hyödyntää hankinnan kilpailutuksessa ja ennen kilpailutusta tapahtuvassa tilaajan ja toimittajajäritysten välisessä markkina- vuoropuhelussa.

Vähähiilinen hankinta tarkoittaa, että tuotteen tai palvelun koko elinkaarenaikaiset kasvihuonekaasupäästöt on otettu hankinnassa huomioon ja niille on asetettu vaatimuksia ja/tai vertailukriteerejä (Alhola & Kaljonen 2017). Hiilijalanjäljen laskenta on hyvä työväline hankintojen suunnittelussa sekä vaikuttavimpien päästökohdeiden paikantamisessa ja sitä voidaan käyttää vaikutusten seurantaan, koska siihen sisältyvät tavaran tai palvelun elinkaarenaikaiset kasvihuonekaasupäästöt (Huomo ym. 2022). Hiilijalanjälkilaskentaa käytetään toistaiseksi vielä vähän itse kilpailutuksissa, koska hankintoihin soveltuvia laajasti hyväksytyjä tuoteryhmäkohtaisia hiilijalanjäljen laskentamenetelmiä vasta kehitetään. Hiilijalanjäljen käyttöä kilpailutuksen vertailuperusteena tulee harkita tapauskohtaisesti, jotta se ohjaisi aitoon kilpailuun vähähiilisuuden suhteen, eikä hiilijalanjäljen minimointiin laadun kustannuksella (Sankelo & Alhola 2020). Rakentaminen on esimerkki toimialasta, jossa standardiin perustuva, laajasti hyväksytty laskentamenetelmä on kehitetty ja testattu. Hiilijalanjäljen lisäksi hankinnan muiden ympäristövaikutusten huomioiminen on tärkeää, sillä hiilijalanjälki ottaa kantaa ainoastaan hankinnan ilmastovaikutukseen, mutta monet kiertotalouteen liittyvät näkökohdat, kuten monikäyttöisyys, korjattavuus, käyttöaste, kierrätettävyys ja haitallisiin aineisiin liittyvät näkökohdat eivät ainakaan toistaiseksi sisälly hiilijalanjälkilaskentaan suoraan, kuten ei myöskään luonnon monimuotoisuuteen liittyvät näkökohdat.

Kasvihuonekaasupäästöt hankintamenoalajeittain



Kuva 2. Julkisten hankintojen hiilijalanjäljen jakautuminen hankintamenoalajeittain (Kuvan lähde: Kalimo ym. 2021).

Vähähiilisyttä voidaan edistää hankintaprosessin eri vaiheissa: asettamalla tavoitteita hankinnan suunnittelussa ja valmistelussa, laatimalla vähähiilisyttä ohjaavia vähimmäisvaatimuksia, vertailuperusteita ja sopimusehtoja, sekä mittaamalla, todentamalla ja raportoimalla sovittuja toimenpiteitä ja vaatimuksia sopimuskauden aikana. Tuoteryhmien eli hankintakategorioiden merkittävyys päästölähteinä kuitenkin vaihtelee, minkä lisäksi yhden tuoteryhmän tai hankintakategorian eri tuotteiden, mallien ja merkkien välillä voi olla paljonkin eroja.

Hankintakriteerien käyttö ohjaa vähähiilisyyteen erityisesti silloin, kun hankinnassa on tunnistettu vähähiilisyyteen eniten vaikuttavat tekijät, ns. hot spotit, jotka voidaan huomioida kustannustehokkaasti ja myös todentaa hankittavista ratkaisuksista. Hankintojen vähähiilisyyteen vaikuttavat eniten uusiutuvien energialähteiden käyttö, energiatehokkuus sekä kestävät materiaalivalinnat. Siten esimerkiksi rakentamisessa suurimmat vähähiilisyyteen vaikuttavat tekijät liittyvät päälämmitysmuodon valintaan, energiatehokkuuteen ja materiaalivalintoihin.

Hankinnan elinkaareen perustuva ympäristövaikutusten tunnistaminen on tärkeää juuri näiden ”hot spot” -näkökohtien havaitsemiseksi (Kuva 3). Tuoteryhmien välillä on eroja siinä, missä kohtaa elinkaarta niiden suurimmat päästöt syntyvät. On myös täysin mahdollista, että hankinnalla ei voida vaikuttaa kaikkiin merkittävimpiin näkökohtiin suoraan, koska kilpailutuksessa käytettyjen kriteerien tulee kohdistua hankinnan kohteena olevaan tavaraan, palveluun tai urakkaan. Esimerkiksi lääkkeiden ympäristövaikutukset syntyvät pitkälti globaalien tuotantoketjun alkupäässä, jolloin niihin vaikuttaminen yksittäisen julkisen hankkijan toimesta pienillä markkinoilla voi olla hankalaa. Vaikuttaminen tapahtuu tällöin välillisesti yhteistyössä monen toimijan kanssa. Tässä raportissa elinkaarinäkökulma on otettu hankintakategorioiden tarkasteluperusteeksi.



Kuva 3. Hankittavan tavaran, palvelun tai urakan elinkaari.

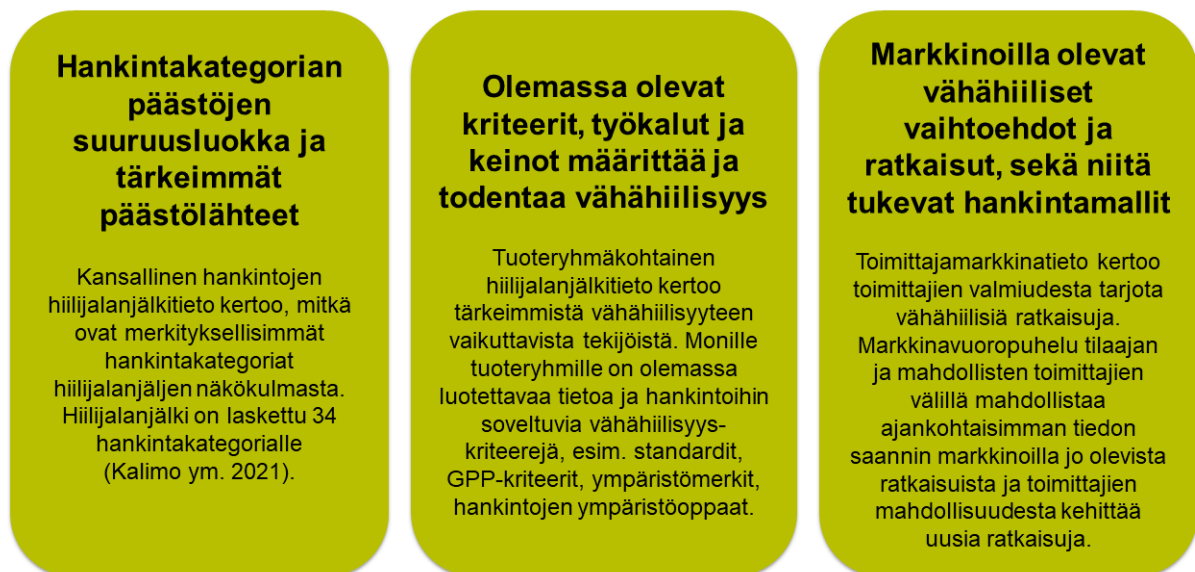
1.3 Julkisten hankintojen vähähiilisyyspotentiaali

Julkisiin hankintoihin sisältyy päästöjen vähentämismahdollisuuksia, eli vähähiilisyyspotentiaalia, joka vaihtelee paitsi tuoteryhmien välillä niin myös tuoteryhmän sisällä ja eri ratkaisuvaihtoehtojen välillä. Hankinnan kohteena olevan tuotteen, palvelun tai ratkaisun vähähiilisyyspotentiaalin arvioinnissa on

keskeistä huomioida hankintakategorian päästöjen suuruusluokka, tuoteryhmäkohtainen tieto tärkeimmistä päästölähteistä ("hot spot") sekä elinkaaritiedon pohjalta laadittujen tuoteryhmäkohtaisten kriteerien, työkalujen ja keinojen olemassaolo. Käytännössä vähähiilisen hankinnan toteutumismahdollisuuteen vaikuttavat lisäksi markkinoilla olevat vähähiiliset vaihtoehdot ja niiden soveltuvuus julkisen hankinnan kohteeksi ja kilpailutusprosessiin. (Kuva 4)

Kansallisella tasolla tehty hiilijalanjälkilaskenta (Nissinen & Savolainen 2019; Kalimo ym. 2021) antaa kokonaiskuvan päästöjen keskimääräisestä suuruusluokasta tuoteryhmittäin / hankintakategorioitain, ja tuo esiin merkittävimmät tuoteryhmät, joiden päästöihin tulee ensisijaisesti kiinnittää huomiota. Tuoteryhmän sisällä on kuitenkin paljon vaihtelua, minkä vuoksi päästövähennysmahdollisuuksien ja vähähiilisten ratkaisujen löytäminen tuoteryhmän sisällä vaatii tarkempaa tarkastelua.

Tuoteryhmäkohtainen ympäristötieto mahdollistaa hankintakategorian vaihtoehtojen tarkemman tarkastelun. Ympäristökriteerejä on kehitetty monille tuoteryhmille. Esimerkiksi Euroopan unionin GPP kriteerit² sisältävät ympäristökriteerejä 21 tuoteryhmälle. Kriteeristöt perustuvat tuoteryhmäkohtaisiin elinkaaritarkasteluihin ja niiden pohjalta laadittuihin hankintakriteereihin. Hankintaan kohdistuvat vähähiilisyyskriteerit voivat kuitenkin jäädä merkityksettömiksi, mikäli niitä ei pystytä todentamaan hankinnan kohteesta. Hankintakriteerit eivät myöskään välttämättä anna suoraan vastauksia siihen, miten paljon juuri kyseisessä hankinnassa voidaan vaikuttaa elinkaaren eri osatekijöihin, joskin ne toimivat hyvänä pohjana arvioinnin tekemiselle ja potentiaalisten toimittajien kanssa käytävälle markkinavuoropuhelulle. Lopulta kyse on myös siitä, millaisia vähähiilisiä ratkaisuja markkinoilla on saatavilla tai millaisia uusia ratkaisuja hankinnan raameissa on kehitettävissä tai otettavissa käyttöön.



Kuva 4. Tiedon hyödyntäminen hankintojen vähähiilisyyspotentiaalın arvioinnissa.

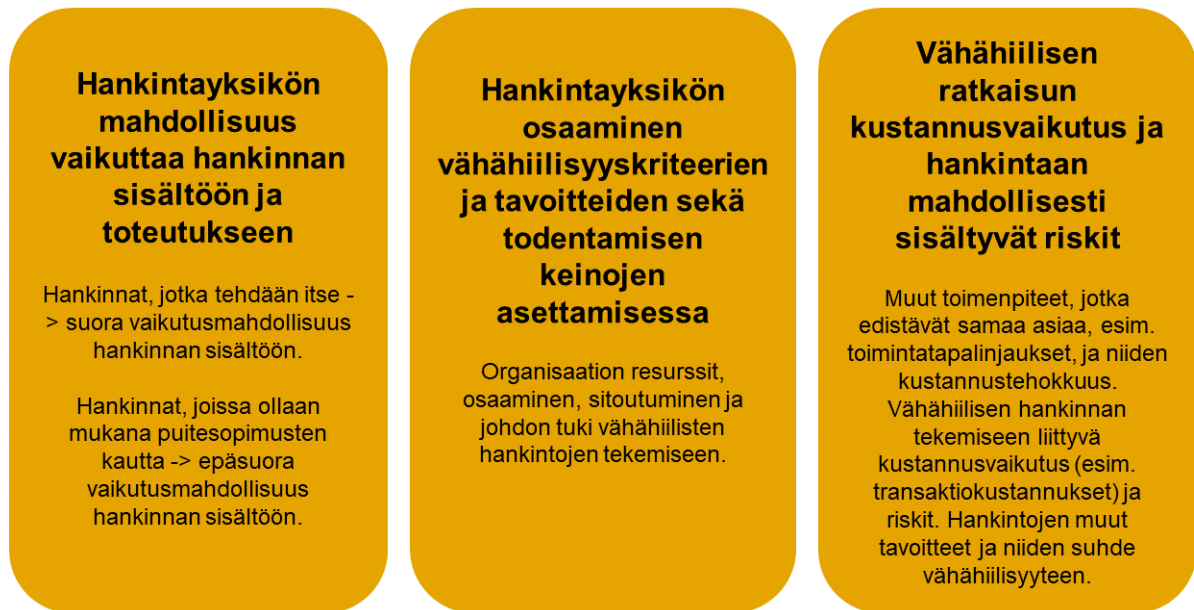
Hankinnan kohteen ominaisuuksien lisäksi vähähiilisten hankintojen toteutumiseen vaikuttavat organisaatiokohtaiset tekijät (Kuva 5), kuten hankintayksikön käytössä olevat resurssit ja osaaminen vähähiilisten hankintojen tekemisessä. Nämä tekijät vaikuttavat siihen, miten hyvin hankkija pystyy hyödyntämään markkinatietoa, asettamaan ympäristötavoitteita kilpailutuksen eri vaiheissa ja valitsemaan sopivan hankintamallin vähähiilisen ratkaisun kilpailutukselle.

Hankintayksikkö voi myös olla mukana puitesopimuksessa, jolloin sen suora vaikutusmahdollisuus hankinnan sisältöön jää vähäiseksi, joskin se voi esittää toiveita ja näkemyksiään puitesopimusten kilpailuttajalle liittyen vähähiilisyteen ja muihin kestävyysnäkökohtiin.

² EU GPP kriteerit

Hankintayksikkö voi myös linjata toimintatapoja, jotka jo itsessään johtavat vähähiiliseen lopputulokseen. Esimerkiksi linjaus, jolla suositaan olemassa olevien resurssien käyttöä ja vältetään uuden hankkimista tai linjaus, jolla rajoitetaan matkustusta, suositaan vähäpäästöisiä matkustusmuotoja ja hyödynnetään etäpalveluita, ovat toimenpiteitä, jotka vähentävät lisähankintojen tarvetta sekä mahdollisen tulevan hankinnan päästöjä.

Hankintaorganisaation näkökulmasta merkittävimmät hankintakategoriat, joiden vähähiilisyyteen se voi itse eniten vaikuttaa, voivat siten hyvinkin olla eri tärkeysjärjestyksessä kuin päästöjen suurusluokkaa kuvaava järjestys.



Kuva 5. Hankinnan toteutukseen liittyvä vähähiilisyyspotentiaali.

2 Tutkimuksen tavoite, aineisto ja menetelmät

Julkisen sektorin edellytetään toimivan suunnannäyttäjänä vähähiilisten palveluiden, tuotteiden ja ratkaisujen käyttöönotossa. Vähähiilisillä julkisilla hankinnoilla voidaan tuottaa parempia ja laadukkaampia julkisia palveluja, joissa on huomioitu elinkaarenaikainen hiilijalanjälki. Vähähiilisten ratkaisujen hankinnan tueksi tarvitaan kuitenkin tietoa hankintojen hiilijalanjäljestä sekä erityisesti niistä hankintakategorioista, joihin voidaan parhaiten ja tehokkaimmin vaikuttaa.

2.1 Tutkimuksen tavoite ja tausta

Tämän tutkimuksen tarkoitus on auttaa julkisia hankkijoita pienentämään hankintojensa hiilijalanjälkeä. Tutkimuksen tavoitteena on löytää tärkeimmät toimenpiteet, joiden avulla julkinen hankkija voi vaikuttaa hiilijalanjäljen näkökulmasta merkittävimpiin hankintakategorioihin, sekä arvioida toimenpiteiden päästövähennysmahdollisuuksia eli vähähiilisyyspotentiaalia. Raportissa käydään läpi kansallisessa hankintojen hiilijalanjälkilaskennassa tunnistetut ilmastovaikutuksiltaan merkittävimmät tuoteryhmät ja arvioidaan kunkin tuoteryhmän / hankintakategorian toimenpiteiden ja vaihtoehtojen mahdollisuuksia vähentää hankinnan päästöjä eli näiden toimenpiteiden vähähiilisyyspotentiaalia.

Vähähiilisyyspotentiaalin arviointityö on jatkumoa vuosina 2019–2021 toteutetulle kansallisen tason julkisten hankintojen hiilijalanjäljen mittaamiselle (Kuva 6). Suomen julkisten hankintojen hiilijalanjäljen laskentamenetelmä kehitettiin ja hiilijalanjälki laskettiin ensimmäisen kerran vuonna 2019 perustuen vuoden 2015 tilastoaineistoon (KUHIMA-hanke, Nissinen & Savolainen 2019). Tietoa päivitettiin vuonna 2020 toteutetussa valtioneuvoston kanslian hankkeessa: hiili- ja ympäristöjalanjälki hankinnoissa – lainsäädäntö ja mittaaminen (HILMI-hanke; Kalimo ym. 2021). HILMI-hankkeessa täydennettiin aiemman tutkimuksen aineiston kattavuutta ja käytettyjä päästökertoimia. Lisäksi HILMI-hanke luokitteli julkiset hankinnat sen mukaan, mikä on hankintamenolajien (tässä hankintakategoria tai tuoteryhmä) päästöjen suuruusluokka, ja onko kyseiselle hankintamenolajille olemassa hankinnoissa sovellettavia kriteerejä.

KUHIMA-hankkeessa kehitettyjä ja HILMI-hankkeissa käytettyjä päästökertoimia on sovellettu muun muassa Hansel Oy:n kehittämässä Hankintapulssi-työkalussa, joka mahdollistaa hankintayksikön hankintojen hiilijalanjäljen tarkastelun euromääräisen tarkastelun rinnalla. Hankintapulssin avulla laskettu hankintojen hiilijalanjälki antaa kuitenkin keskimääräisen tiedon organisaation hankintojen hiilijalanjäljestä, eikä se ota huomioon niitä ympäristöparannuksia, joita organisaatio jo on mahdollisesti tehnyt omassa hankintatoimessaan. Esimerkiksi sähkön hankinnan osalta on syytä tarkastella, toteutuuko organisaation hankinta keskimääräisen päästön mukaisesti, vai onko hankintayksikkö tehnyt vihreän sähkön sopimuksen, jolloin sillä on keskimääräistä huomattavasti pienemmät sähkön hankinnan päästöt. Tarkempaa tuoteryhmäkohtaista tietoa siis tarvitaan, jotta hankintayksikkö osaa kohdentaa vähähiilisyys-toimenpiteet merkittävimpiin tuoteryhmiin ja toimintoihin hiilijalanjäljen pienentämiseksi ja tarkemmaksi arvioimiseksi tuoteryhmittäin.

Hankintojen vähähiilisyyspotentiaalin arviointityötä on tehty osana KEINO-osaamiskeskuksen vähähiilisten hankintojen edistämiskokonaisuutta, ja sen keskeisiä käyttökohteita ovat olleet keväällä 2022 toteutettu KEINOn Vähähiilisten hankintojen teema-akatemia, sekä vuonna 2021 toteutettu Vähähiilisten hankintojen kehittämisohjelma (VÄHIS-hanke).



Kuva 6. Julkisten hankintojen hiilijalanjäljen laskennan ja vähähiilisyyspotentiaalin arvioinnin kehitys.

2.2 Tutkimusmenetelmät ja aineisto

Vähähiilisyyspotentiaalitarkastelun lähtökohtana on aiemmin tuotettu hiilijalanjälkitieto Suomen julkisista hankinnoista ja HILMI-hankkeessa (Kalimo ym. 2021) laadittu kategorisointi merkittävimmiksi tunnetuista tuoteryhmistä hiilijalanjäljen näkökulmasta (Taulukko 1). Tuoteryhmien luokituksessa on huomioitu myös tieto siitä, onko kyseiselle tuoteryhmälle olemassa luotettavaa elinkaari pohjaista tietoa, jonka pohjalta on laadittu hankintakriteerejä tai muita todennettuja keinoja osoittaa tai vaatia vähähiilisyysnäkökulmia. Mikäli tällaista tietoa on, hiilijalanjäljen huomioiminen hankinnassa on hankkijalle helpompaa. Mikäli todennettuja tai laajasti hyväksytyjä keinoja, menetelmiä ja kriteerejä ei ole olemassa, hankkijan mahdollisuus huomioida vähähiilisyysnäkökohdat on rajallisempi.

Taulukko 1. Julkisten hankintojen tuoteryhmät luokiteltuina hiilijalanjäljen ja olemassa olevien kriteerien perusteella (Kalimo ym. 2021).

Luokka I: ympäristövaikutuksiltaan tärkeitä ja ympäristökriteerejä on olemassa
Rakennusten energia lämmitys, sähkö
Rakentaminen talonrakennus, rakennusten ja alueiden rakentamis- ja kunnossapitopalvelut
Matkustaminen ja kuljetukset (matkustus- ja) kuljetuspalvelut, kuljetusvälineet poltto- ja voiteluaineet
Elintarvikkeet, majoitus- ja ravitsemuspalvelut elintarvikkeet majoitus- ja ravitsemuspalvelut
Koneet, laitteet, kalusto, ja näiden korjaukset
Puhtaanapito- ja pesulapalvelut ja puhdistusaineet
EU:n kiertotalouden toimintasuunnitelmassa mainittuja ryhmiä elektroniikka ja tietotekniikka tekstiilit, huonekalut
Luokka II: ympäristövaikutuksiltaan tärkeitä, mutta kriteerejä ei juurikaan ole
maa- ja vesirakentaminen, sementti lääkkeet ja hoitotarvikkeet, laboratorioskemikaalit akut
Luokka III: vähemmän tärkeitä kasvihuonekaasupäästöjen näkökulmasta
toimisto-, asiantuntija- ja tutkimuspalvelut; koulutus- ja kulttuuripalvelut toimistotarvikkeet; painatukset ja ilmoitukset, painatuspalvelut sosiaali- ja terveyspalvelut
Luokka IV: vähiten tärkeitä kasvihuonekaasupäästöjen näkökulmasta
työterveyspalvelut vartiointi- ja turvallisuuspalvelut ilmoitus-, mainos-, ja markkinointipalvelut

Tässä tutkimuksessa otettiin tarkasteluun HILMI-hankkeessa tunnistetut hiilijalanjäljen kannalta merkittävimmät tuoteryhmät. Tuoteryhmiä tarkasteltiin siitä näkökulmasta, mitä vähähiilisyystoimenpiteitä hankkija voi niissä toteuttaa, ja arvioitiin niillä aikaansaatavien päästövähennemien mahdollisuuksia ja suuruutta eli potentiaalia. (Kuva 7)

Tuoteryhmällä tarkoitetaan tiettyä hankintakokonaisuutta, esim. kuljetushankinnat, rakentamisen hankinnat tai ruokapalvelut. Tuoteryhmästä voidaan käyttää myös termiä **hankintakategoria**, joka kuvastaa sitä, miten tuoteryhmän hankinnat on organisoitu hankintayksikössä, esimerkiksi ruokapalveluhankinnat, jotka pitävät sisällään yleensä julkisen ruokapalvelun hankinnan sekä elintarvikkeiden hankinnat. **Hankintamenolaji** puolestaan kuvaa sitä jaottelua, jota käytetään julkisen hankintayksikön ostolaskuaineiston kohdentamisessa. Päästökertoimet on kohdennettu kullekin hankintamenolajille. Näin ollen yksi hankintakategoria voi käsittää useamman hankintamenolajin, jotka yhdessä muodostavat tuoteryhmän.

Hankintakategorioiden eli tuoteryhmien sisältämiä toimenpiteitä ja niiden päästövähennysmahdollisuuksia ja suuruutta, eli potentiaalia, on tässä tutkimuksessa tarkasteltu elinkaarinäkökulmasta. Kunkin tunnistetun toimenpiteen merkitystä on siis peilattu elinkaarenaikaiseen hiilijalanjälkeen. Näin ollen esimerkiksi kuljetuksen vaikutus tietyn tuoteryhmän osalta saattaa olla pieni, vaikka kuljetus kokonaisuutena on kansallisellakin tasolla tunnistettu tärkeäksi osa-alueeksi, johon hankinnoilla voidaan vaikuttaa. Vastaavasti työmaatoimintojen osuus yksittäisen rakennuksen hiilijalanjäljessä voi olla pieni, vaikka koko maan tasolla rakennustyömaiden päästöt ovat merkittäviä. Tarkastelussa on siis syytä pitää mielessä, että hankintakategorian päästövähennyspotentiaalia on arvioitu vain kyseisen tuoteryhmän sisällä, eikä skaalaamisen vaikutuksia ole arvioitu.

Toisaalta kaikki hankintakategoriat eivät suoraan sovellu yksittäiseen tarkasteluun, vaan niitä on käytännössä järkevämpi tarkastella suurempina kokonaisuuksina. Esimerkiksi polttoaineiden hankinta ja kuljetuspalvelut sekä kuljetuskalusto ovat eri hankintakategorioita. Polttoaineiden tuoteryhmän päästöt riippuvat pitkälti siitä, millainen kalusto on alun perin hankittu, tai millaisia vaatimuksia kuljetuspalveluille on asetettu. Esimerkiksi kuljetusvälineiden osalta päädyttäisiin ristiriitaisiin tuloksiin, jos huomioidaisiin niiden valmistus, mutta ei kulutuksen aikaista polttoaineenkäyttöä. Jos siis tarkasteltaisiin kuljetusvälineiden vähähiilisyyspotentiaalia pelkästään valmistuksen osalta, päästäisiin esimerkiksi sähkö- ja hybridiautojen osalta negatiiviseen ohjauvaikutukseen. Tämä ohjaisi käytännössä dieselkaluston hankintaan kalustohankintojen kategoriassa, vaikka koko elinkaaren suhteen tämä ei ole vähähiilisin vaihtoehto. Vastaavasti rakennusten energiankäytön päästöihin käytännössä vaikuttaa se, mikä lämmitysmuoto rakennukselle on valittu. Nämä hankinnat, energian osto ja rakennusinvestointi, ovat eri hankintamenolajeja ja kohdistuvat eri hankintakategorioihin, mutta ovat tiiviisti kytköksissä toisiinsa. Päästöihin vaikutetaan siten eniten siinä vaiheessa, kun rakennuksen suunnittelu ja hankinta tehdään. Siksi hankintakategorioita ei voi täysin erottaa toisistaan vaan on järkevää tarkastella eri toimenpiteiden päästövähennysmahdollisuuksia, jotka heijastuvat mahdollisesti useamman hankintakategorian päästöihin.

Toimenpiteiden mahdollistamia päästövähennyksiä arvioitiin tässä tarkastelussa aiempien tutkimusten ja tapaustarkasteluiden pohjalta. Tärkeimpänä tietolähteenä käytettiin Suomessa tehtyjä tapaustarkasteluja, joissa on osoitettu tiettyjen toimenpiteiden päästövähennysmahdollisuus. Lisäksi tutkimuksessa käytiin läpi kansainvälisiä tutkimuksia ja tietokantoja sikäli, kun ne ovat sovellettavissa Suomeen. Tietolähteinä käytettiin ensisijaisesti objektiivisia tutkimuslaitosten tuottamia tarkasteluja, mutta myös yritysten tuottamaa tuotekohtaista tietoa hyödynnettiin, mikäli niiden tuottama hiilijalanjälkitieto perustui elinkaari-pohjaiseen hiilijalanjäljen laskentatapaan ja oli todennettu. Lisäksi tutkimuksessa käytettiin asiantuntija-arvioita niiden tuoteryhmien osalta, joista oli heikommin saatavilla kirjoitettua tutkimustietoa. Asiantuntija-arvio toteutettiin haastattelemalla tai konsultoimalla sähköpostitse tuoteryhmien tunnistettuja asiantuntijoita. Tuloksista ja niiden tulkinnasta ja allokoinnista tuoteryhmäkohtaiseksi vähähiilisyyspotentiaaliksi on keskusteltu myös Hansel Oy:n asiantuntijoiden kanssa.

Olemassa oleviin tutkimuksiin perustuen päästövähennysmahdollisuuksia tarkasteltiin prosentuaalisesti. Kirjallisuuden ja asiantuntija-arvioiden pohjalta tutkimusryhmä luokitteli havaitut prosentuaaliset päästövähennykset vähähiilisyyspotentiaalia kuvaaviin kategorioihin: erittäin merkittävä – suuri – kohtalainen. Hankintakategorian vähähiilisyyspotentiaali on riippuvainen mahdollisten toimenpiteiden määrästä ja vaikuttavuudesta, mutta ei kokonaispäästöjen suuruudesta. Tässä arvioissa otettiin huomioon se, että eri tutkimuksissa ja eri lähteissä vähähiilisyyspotentiaalit vaihtelevat tuotekohtaisesti merkittävästi (esitetty esimerkiksi muodossa 10–30 %), kun tietoa on etsitty useista lähteistä. Hankintakategorian vähähiilisyyspotentiaali sisältää väistämättä myös aggregoitua tietoa, sillä saman hankintakategorian sisään mahtuu laaja kirjo erilaisia hankintoja, esimerkiksi erilaiset energiatehokkuustoimenpiteet tai rakennustuotteet, jotka kukin mahdollistavat eri suuruisia päästövähennyksiä.

1. Tarkasteltavien tuoteryhmien valinta

- Tunnistetaan HILMI-hankeen pohjalta hiilijalanjäljen näkökulmasta merkityksellisemmät tuoteryhmät eli hankintakategoriat ja otetaan ne tarkastelun pohjaksi.

2. Hiilijalanjäljen 'Hot Spot'-tunnistus elinkaarinäkökulmasta

- Tunnistetaan kunkin tuoteryhmän/hankintakategorian elinkaaren näkökulmasta tärkeimmät päästöjen lähteet, eli ns. hot spotit.

3. Merkittävimpien toimenpiteiden tunnistaminen

- Tarkastellaan, millaisin toimenpitein voidaan vaikuttaa suurimpiin päästölähteisiin ja miten suuri päästövähennys toimenpiteillä mahdollisesti saadaan aikaan.
- Tarkastelu perustuu olemassa oleviin tutkimuksiin ja tapaustarkasteluihin, ja niissä saatuihin tuloksiin prosentuaalisista päästövähennyksistä, sekä asiantuntijahaastatteluihin.

4. Hankintakategorioiden vähähiilisyyspotentiaalin arviointi

- Allokoidaan tutkimusten pohjalta löydetyt päästövähennykset (prosentuaaliset arvot) hankintakategorioihin.
- Arvioidaan hankintakategorian vähähiilisyyspotentiaalia suuruusluokilla: erittäin merkittävä – suuri – kohtalainen.

Kuva 7. Tutkimuksen toteutuksen neljä päävaihetta.

3 Päästövähennysmahdollisuudet hankintakategorioittain

Julkisten hankintojen vähähiilisyysnäkökulmasta tietyt tuoteryhmät nousevat erityisen tärkeiksi paitsi niistä aiheutuvien päästöjen takia niin myös niihin sisältyvien merkittävien päästövähennysten vuoksi. Tällaisia hankintakategorioita ovat varsinkin rakennusten energia, rakentaminen ja matkustaminen sekä kuljetukset. Tässä luvussa keskitytään näillä osa-alueilla tehtäviin vähähiilisyystoimenpiteisiin. Näiden lisäksi huomioidaan myös muita hankintamenolajeja tunnistettavasti merkittävimpien päästövähennysmahdollisuuksien osalta.

3.1 Rakennusten energia

Rakennusten käyttämä energia vastaa noin 40 prosentista Suomessa kulutettavasta energiasta, aiheuttaen arvioilta 30 % Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Julkisten rakennusten osuus rakennuskannasta on lähes 10 %. (Motiva 2020.) Rakennusteollisuuden ja rakennetun ympäristön tiekartassa 2020–2035–2050 on arvioitu, että rakennetun ympäristön päästöistä 23 % syntyy käyttövaiheen energiankulutuksen seurauksena (Raivio ym. 2020, 9). Rakennusten ympäristöohjaus on keskittynyt erityisesti energiatehokkuuden parantamiseen. Vuonna 2018 voimaan tulleiden energiamääräysten vuoksi uudisrakennusten energiatehokkuudella ei voida enää saavuttaa merkittäviä päästövähennyksiä vaaditusta tasosta, mutta olemassa olevan rakennuskannan vähähiilisyyspotentiaali on kuitenkin huomattava sekä energiatehokkuuden että materiaalien päästöjen näkökulmasta (Ympäristöministeriö 2021). HILMI-hankkeen (Kalimo ym. 2021, 22) tulosten mukaan noin 27 % julkisten hankintojen kokonaispäästöistä aiheutuu rakennusten sähkö- ja lämmitysenergiահankinnoista omaomisteisiin ja vuokrakiinteistöihin.

Energiահankinnoista aiheutuu enemmän päästöjä kuin mistään muusta hankintamenolajista, mikä tekee tässä hankintakategoriassa tehdyistä vähähiilisyystoimista erityisen merkittäviä.

Rakennuksiin kuluvan energian päästöistä noin 21 % syntyy vuokrattujen rakennuksien ja huoneistojen energiahankinnoista (Kalimo ym. 2021, 22). Rakennusten ja huoneistojen vuokraamisen päästöt ovat kohtalaisen suuret. Vaihtoehtoja vertailtaessa voidaan käytönaikana syntyviin päästöihin vaikuttaa esimerkiksi valitsemalla energiatehokas rakennus. Vaikka sähkön hankinnan päästöt voidaan eliminoida hankkimalla uusiutuvaa tai fossiilitonta sähköä fossiilisen sähkön sijaan, on kuitenkin energiatehokkaan vuokrahuoneiston tai -rakennuksen valitseminen hyödyllistä etenkin kustannustehokkuuden näkökulmasta. Paras keino päästöjen vähentämiseen on valita suoraan energiatehokkaita vaihtoehtoja ja kohdentaa loppu ostoenergia uusiutuviin energialähteisiin.

Energiահankinnoilla ei voida vaikuttaa rakennuksen energiankulutukseen. Niillä voidaan vaikuttaa ainoastaan siihen, mistä energiaa hankitaan. Energiaa hankittaessa voidaan vertailla energiantoimittajien vastuullisuutta ja näiden tuottaman energian tuotantomuotoja. Näin hankintoja tehdessä voidaan esimerkiksi suosia niitä energian toimittajia, joilta hankittavan energian tuotantomuoto on mahdollisimman vähähiilinen. Energian hankinnan näkökulmasta kuitenkin merkittävimmät vähähiilisyystoimet tehdään rakennuksia suunniteltaessa, korjattaessa sekä vertailtaessa vuokrakiinteistöjä toisiinsa. Rakennusten energiankulutukseen ja energian päästöihin vaikuttaa erityisesti näiden energiatehokkuus ja lämmitysjärjestelmä.

Rakennusten energiankäytön päästövähennysmahdollisuuksia voidaan arvioida kirjallisuuslähtöiden, case-tapauksien ja muiden selvitysten perusteella toimenpidekohtaisesti. Rakennusten energiahankintojen vähähiilisyyspotentiaalın suuruutta voidaan sitten arvioida osoitettavissa olevien toimenpiteiden ja niiden vaikuttavuuden perusteella. Seuraavissa alaluvuissa on esitetty tunnettuja toimenpiteitä, joilla on saavutettavissa päästövähennyksiä ns. normaaliin tasoon verrattuna. On huomattava, että lähtötaso vaihtelee aina kohteesta riippuen, mikä vaikuttaa päästöjen vähentämismahdollisuuksien

suuruuteen ja tästä syystä tulokset on esitetty tapauskohtaisesti. Kaikki lähdemateriaaleista kerätyt tulokset on esitetty päästövähennyksinä, vaikka lähdemateriaali ei suoranaisesti käsittelee päästöjä. Energiankulutuksen osalta mahdolliset ostoenergiavähennykset on usein suoraan rinnastettu päästövähennyksiksi. Jokaisen lähteen osalta hyödynnettyä tietoa ja tiedon muotoilua on kuvattu tulosten yhteydessä.

3.1.1 Lämmitys

HILMI-hankkeen (Kalimo ym. 2021, 22) tulosten mukaan noin 11 % julkisten hankintojen seurauksena syntyvistä päästöistä on seurausta rakennusten lämmityksestä. Tämän lisäksi lämmitysenergiահankintoja tehdään vuokrakiinteistöihin, mikä lisää lämmityksestä aiheutuvien päästöjen määrää. Lämmitysenergian hankinta aiheuttaa lähes 42 % kaikista rakennusten energianhankinnan päästöistä. Lämmitysenergia kuuluu osaksi sellaisia hankintoja, joilla hankintojen kokonaispäästöjä on mahdollista vähentää reilusti.

Rakennusten lämmitysenergian aiheuttamiin päästöihin voidaan vaikuttaa energiatehokkuudella sekä lämmitystavalla. Energiatehokkuus vaikuttaa hankittavan energian määrään ja siten päästöihin. Vaikka uusien rakennusten energiatehokkuus on parantunut huomattavasti, olemassa olevien ja etenkin vanhojen rakennusten energiatehokkuudessa on paljon parantamisen varaa. Erityisesti vanhojen rakennusten energiatehokkuutta parantavilla korjauksilla voidaan saavuttaa suuria päästövähennyksiä. Vuokrakiinteistöjen osalta vähähiilisyttä voidaan tarkastella vertailemalla vaihtoehtojen energiatehokkuutta toisiinsa. Vaikka uudet rakennukset lähtökohtaisesti rakennetaan nykyisten määräysten mukaisesti energiatehokkaiksi, ei energiatehokkuutta kannata pitää itsestäänselvyytenä. Parannuksia voidaan tehdä vielä määräystasoonkin nähden. Hyvä keino arvioida rakennuksen energiatehokkuutta on tarkastella sen E-lukua. E-luku on osana energiatodistusta laskettava energiatehokkuuden vertailuluku, joka vaaditaan lähes kaikilta rakennuksilta, joita myös rakentamismääräykset koskevat (Motiva 2021a). Taulukoihin 2, 3 ja 4 on koottu tapauskohtaista tietoa erilaisten toimien vaikuttavuudesta, joilla rakennuksen energiatehokkuutta voidaan parantaa erityisesti olemassa olevissa rakennuksissa.

Lämmitysjärjestelmän valinnalla voidaan vaikuttaa merkittävästi koko rakennuksen elinkaaren aikaisiin päästöihin. Lämmitysenergiaan sisältyy lämpimän käyttöveden ja tilojen lämmitykseen kuuluva energia. Lisäksi on huomioitava ilmastonmuutoksen edetessä todennäköisesti kasvava jäädytysenergian tarve. Lämmitystapojen välistä päästövähennyksiä voidaan arvioida eri lämmitystavoilta määritettyjen päästökertoimien avulla. Tämä on hyödyllistä etenkin silloin, kun rakennuksen lämmitystavaksi soveltuu sellaisenaan useampi kuin yksi lämmitysmuoto. Päästökertoimet kehittyvät jatkuvasti ja etenkin kaukolämmön ja sähkön päästökertoimien voidaan olettaa laskevan seuraavien vuosikymmenten aikana, kun sähkön ja kaukolämmön tuotannon energiatehokkuus paranee ja uusiutuvien energialähteiden osuus tuotannossa kasvaa. Kaukolämmön ollessa rakennusten tyypillisin lämmitysmuoto, voidaan tarkastella muiden päälämmitysjärjestelmien mahdollista vähähiilisyyspotentiaalia verraten vaihtoehtoisia järjestelmiä kaukolämpöön. Vuokrakiinteistöjen vähähiilisyttä voidaan tarkastella vertailemalla vaihtoehtoisia rakennuksia ja niiden lämmitystapoja keskenään käytön aikaisen päästöjen osalta. Taulukoihin 5 ja 6 on koottu tapauksia lämmitysjärjestelmämuutoksista, joilla voidaan saavuttaa päästövähennyksiä käytön aikaiseen energiankulutukseen. Uusien rakennusten osalta koko elinkaaren huomioiva arviointi on tarpeen, jolloin lämmitysjärjestelmien valmistamisen ja asentamisen päästöt tulevat huomioiduksi.

Hankintojen kannalta on tärkeää tunnistaa, missä elinkaaren vaiheessa esitetyt päästövähennykset vaikuttavat. Esimerkiksi tarkasteltaessa vuosittaisia energiasäästöjä eri järjestelmien kohdalla, ei järjestelmän valmistamisen päästöjä ole huomioitu. Vuosittaisista vähähiilisyyspotentiaalia voidaan hyödyntää esimerkiksi vertaillaessa vuokrakiinteistöjä ja arvioidaessa energiakorjauksien tuottamia energiasäästöjä. Koko rakennuksen elinkaaren huomioiva vähähiilisyyspotentiaali puolestaan kuvaa tilannetta parhaiten silloin, kun vertaillaan energiatehokkuustoimenpiteitä uutta rakennusta suunniteltaessa ja rakennettaessa.

Taulukko 2. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto energiakorjauksien vähähiilisyyspotentiaalnin arvioimiseksi. Päästövähennemä perustuu energiankulutuksen muutoksiin ja erilaisten lämmitys- ja sähköntuotantotapojen päästöihin.

Toimenpide	Päästövähennemä	Kommentit	Lähde
Energiakorjaus opetusrakennukseen	~ 60 %	Energiatehokkaampien ikkunoiden, ilmanvaihdon lämmöntalteenoton, aurinkopaneelien ja aurinkokeräimien asennus.	(Hirvonen ym. 2020, 7-14)
Energiakorjaus opetusrakennukseen	~ 70 %	Maalämpöpöjärjestelmän, energiatehokkaampien ikkunoiden, ilmanvaihdon lämmöntalteenoton ja aurinkopaneelien asennus sekä yläpohjan lisäeristys.	(Hirvonen ym. 2020, 7-14)
Energiakorjaus kaupalliseen rakennukseen	Kaksi arviota: ~ 32 % ja ~ 21 %	Aurinkopaneelien asennus. Toinen arvio (~ 21 %) käsittää saman toimenpiteen minimikustannuksin toteutettaessa.	(Hirvonen ym. 2020, 7-14)
Energiakorjaus kaupalliseen rakennukseen	Kaksi arviota: ~ 60 % ja ~ 48 %	Maalämpöpumpun ja aurinkopaneelien asennus. Toinen arvio (~ 48 %) käsittää saman toimenpiteen minimikustannuksin toteutettaessa.	(Hirvonen ym. 2020, 7-14)
Energiakorjaus toimistoon	Kaksi arviota: ~ 70 % ja ~ 81 %	Energiatehokkaampien ikkunoiden, ilmanvaihdon lämmöntalteenoton, CO ₂ -ohjatun VAV-ilmanvaihdon, LED-valaistuksen ja aurinkopaneelien asennus. Ensimmäinen arvio (~ 70 %) sisältää esitettyjen toimenpiteiden lisäksi yläpohjan lisäeristyksen. Toinen arvio (81 %) sisältää esitettyjen toimenpiteiden lisäksi maalämpöpumpun.	(Hirvonen ym. 2020, 7-14)

Taulukko 2: Tutkimuksessa arvioitiin energiakorjauksen vähähiilisyyspotentiaalia käyttäen kaukolämpöön kytkettyjä referenssirakennuksia. Esitetyt arvot kuvaavat vuosittaista päästövähennemää neliometriä kohden. Opetusrakennusten osalta referenssirakennuksena käytettiin suurta yliopiston kampusrakennusta, mikä on rakennettu ennen vuotta 1980. Kaupallisten rakennusten osalta aineiston esimerkkirakennuksena käytettiin vuoden 1980 määräysten mukaista salimaista liiketilaa, johon on liitetty toimistotiloja. Toimistojen osalta aineiston esimerkkirakennuksena käytettiin ennen vuotta 1980 rakennettua suurta rakennusta.

Hirvonen ym. (2020) tutkimuksen tuloksista ilmenee, että tutkituista tapauksista jopa puolella on mahdollista vähentää yli 50 % vuosittain syntyvistä päästöistä energiakorjausten avulla. Kaukolämpöön kytkettyjen kohteiden päästövähennykset vaihtelevat 20–70 prosentin välillä, kun taas lämpöpumppuihin siirtyvissä rakennuksissa päästövähennykset yltyvät jopa 70–95 prosentin tasolle. Energiakorjausten mahdollistama vähähiilisyyspotentiaali on kuitenkin aina kohderiippuvainen ja suurin potentiaali on niillä rakennuksilla, joiden energiatehokkuuden lähtötaso on alhainen. Kaikki taulukossa 2 esitetyt energiakorjausten kohteet on rakennettu ennen 2000-lukua. Energiakorjausten vähähiilisyyspotentiaalnin voidaan olettaa olevan matalampi, kun toimenpiteitä suoritetaan uudempiin kohteisiin, joita on koskenut eri aikakauden rakentamismääräykset. Vähähiilisyyspotentiaalnin näkökulmasta yleistä arviota energiakorjausten hyödystä ei voida antaa, sillä vaihtelu kohteiden ja toimenpiteiden välillä on rajaton. Voidaan kuitenkin todeta, että useissa tapauksissa energiakorjauksilla saavutetaan suuria päästövähennyksiä käytönaikaisen energiankulutuksen vähentyessä. Vähähiilisyyspotentiaalia on helpompi arvioida yksittäisten toimenpiteiden osalta.

Taulukko 3. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto rakennusosien, rakenteiden ja ilmanvaihdon tehostamisen vähähiilisyyspotentiaalnin arvioimiseksi. Päästövähennemä perustuu energiankulutuksen muutoksiin ja erilaisten lämmitys- ja sähköntuotantotapojen päästöihin.

Toimenpide	Päästövähennemä	Kommentit	Lähde
Rakennusosat, energiatehokkaampien ikkunoiden asennus	Kaksi arviota: 2,5 % ja 1,8 %	Ikkunan U-arvo (0,8 → 0,6 W/K,m ²).	(Ahola ym. 2018, 52)

Toimenpide	Päästövähennemä	Kommentit	Lähde
Rakennusosat: yläpohjan eristäminen	Kaksi arviota: 0,9 % ja 0,7 %	Yläpohjan U-arvo 0,13 → 0,07 W/K,m2.	(Ahola ym. 2018, 52)
Rakennusosat: ulkoseinän eristäminen	Kaksi arviota: 1,4 % ja 1 %	Ulkoseinän U-arvo 0,17 → 0,14 W/K,m2.	(Ahola ym. 2018, 52)
Rakennusosat: alapohjan eristäminen	Kaksi arviota: 0,2 % ja 0,2 %	Alapohjan U-arvo 0,16 → 0,1 W/K,m2.	(Ahola ym. 2018, 52)
Rakenteet: ilmatiiveyden parantaminen	Kaksi arviota: 1,8 % ja 1,3 %	Ilmatiiveys q50 2 → 1 m3/h,m2.E	(Ahola ym. 2018, 52)
Ilmanvaihdon tehostaminen	Kaksi arviota: 10,2 % ja 7,3 %	Keskitetty ilmanvaihto → hajautettu ilmanvaihto	(Ahola ym. 2018, 52)

Taulukko 3: Tutkimuksessa on esitetty energiankulutuksen muutoksilla saavutettavia päästövähennemisiä erilaisten lämmitys- ja sähköntuotantotapojen päästöihin perustuen. Taulukossa on esitetty toimenpiteille sekä vuotuisia että elinkaaren aikaisia päästövähennemisiä kuvaavat arvot. Vuotuiset päästövähennemiset ovat esitetty taulukossa aina ensimmäisenä ja ne ovat usein elinkaaren aikaisia päästövähennemisiä suuremmat.

Rakenteita ja rakennusosia parantavilla toimilla voidaan tarkoittaa rakennuksen eristämistä tai muita energiatehokkuutta edistäviä toimia. Kuten taulukossa 3 on esitetty, yksittäisten rakenteiden lämmönläpäisykertoimien eli U-arvojen parantamisella voidaan vähentää käytönaikaisia päästöjä muutamia prosentteja, mutta korjaamalla useampaa rakennetta yhtäaikaaisesti, on vähähiilisyyspotentiaali huomattava. Suomen kumotuista rakentamismääräyksistä ilmenee, että merkittävimmät muutokset rakennusosien lämmönläpäisykerroksiin tulivat voimaan vuonna 2003. Erityisesti tätä vanhempien rakennusten U-arvojen parantamisen vähähiilisyyspotentiaali on suuri. Rakennuksen koko elinkaaren kannalta tarkasteltuna vaikutukset ovat hieman pienemmät, sillä energiatehokkuustoimet vaativat usein enemmän materiaaleja rakennusvaiheessa, jolloin myös jätettä syntyy enemmän elinkaaren päättyessä. Materiaalien tuottamisen päästöt eivät kuitenkaan yleensä kumoa energiatehokkuuden tuottamaa hyötyä. Myös muissa energiatehokkuustoimenpiteissä on huomioitava, että käytönaikainen vähähiilisyyspotentiaali on yleensä suurempi kuin koko rakennuksen elinkaaren vähähiilisyyspotentiaali samalle toimenpiteelle.

Taulukko 4. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto patteriverkon huollon ja aurinkosuojauksen vähähiilisyyspotentiaalain arvioimiseksi. Päästövähennemä perustuu energiankulutuksen muutoksiin ja erilaisten lämmitys- ja sähköntuotantotapojen päästöihin.

Toimenpide	Päästövähennemä	Kommentit	Lähde
Patteriverkon perussäätö ammattikorkeakoulussa	17 %	Patteriverkon perussäätö toteutettiin Turun ammattikorkeakouluun. Perussäädön takaisinmaksuaika on vain kaksi vuotta. Vuosittaiset energiansäästöt kohteessa olivat jopa 614 MWh.	(Motiva 2021 b)
Patteriverkon perussäätö kerrostalossa	10 %	Patteriverkon perussäätö toteutettiin Tampereella sijaitsevaan taloyhtiöön ja lämmönmittausseurannan avulla säästöt osoitettiin todeksi.	(Motiva 2021 c)
Patteriverkon perussäätö kerrostalossa	5 %	Patteriverkon perussäätö toteutettiin Helsingissä sijaitsevaan taloyhtiöön ja lämmönmittausseurannan avulla säästöt osoitettiin todeksi.	(Motiva 2021 c)
Automaattinen aurinkosuojaus	10 %	Vuosittainen lämmitysenergiesäästö	(Ahola ym. 2018, 52)
Automaattinen aurinkosuojaus	90 %	Vuosittainen jäähdytysenergiesäästö	(Ahola ym. 2018, 52)

Taulukko 4: Patteriverkon perussäädölle ja automaattiselle aurinkosuojaukselle esitetyt arvot perustuvat suoraan säästettyyn energiaan vuositasona. Vanhempien rakennusten osalta patteriverkoston perussäädön aiheuttama päästövähennemä on merkittävä.

Rokkanen (2021) arvioi aurinkosuojausten hyötyä rakennusten energiatehokkuuteen. Aurinkosuojauskella on mahdollista vähentää lämmitys-, jäähdytys- ja valaistusenergiankulutusta. Erityisesti älykkäät ja automatisoidut ratkaisut optimoivat aurinkosuojausten hyödyt energiatehokkuuden näkökulmasta. Aurinkosuojausten tuottama vähähiilisyyspotentiaali perustuu suoranaisesti säästettyyn ostoenergiantarpeeseen ja sen vaikutukset ovat suurimmat valaistusenergiankulutukseen ja kasvavan jäähdytysenergian tarpeen hillintään. Haastattelun yhteydessä esitetyn arvion mukaan aurinkosuojauskella voidaan saavuttaa jopa 10 % säästö vuotuisen lämmitysenergiankulutukseen ja 90 % säästö jäähdytysenergiantarpeeseen.

Taulukko 5. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto lämmitysjärjestelmämuutoksien vähähiilisyyspotentiaalın arvioimiseksi. Päästövähennemä perustuu energiankulutuksen muutoksiin ja erilaisten lämmitys- ja sähkötuotantotapojen päästöihin.

Toimenpide	Päästövähennemä	Kommentit	Lähde
Lämmitysjärjestelmämuutos: maalämpö	72–86 %	Päälämmitysjärjestelmän vaihto kerrostalossa kaukolämmöstä maalämpöön	(Kangas ym. 2019, 27)
Lämmitysjärjestelmämuutos: poistoilmalämpö	49–75 %	Päälämmitysjärjestelmän vaihto kerrostalossa kaukolämmöstä poistoilmalämpöön	(Kangas ym. 2019, 27)
Lämmitysjärjestelmämuutos: ilmalämpöpumppu	20 %	Ilmalämpöpumppu sähkölämmitteiseen pientaloon	(Koskinen 2014, 23)
Lämmitysjärjestelmämuutos: ilmalämpöpumppu	-4 %	Ilmalämpöpumppu kaukolämpöön kytkettyyn pientaloon. Huomaa, että toimenpide kasvattaa päästöjä. Tulokseen vaikuttaa Motivan määrittämät päästökertoimet vuodelta 2010.	(Koskinen 2014, 23)
Lämmitysjärjestelmämuutos: ilmalämpöpumppu	22 %	Ilmalämpöpumppu öljylämmitteiseen pientaloon. Tulokseen vaikuttaa Motivan määrittämät päästökertoimet vuodelta 2010	(Koskinen 2014, 23)
Lämmitysjärjestelmämuutos: ilmalämpöpumppu	30–50 %	Ilmalämpöpumppu sähkölämmitteiseen pientaloon	(Ympäristöhallinto 2016)
Lämmitysjärjestelmämuutos: ilmalämpöpumppu	10–20 %	Ilmalämpöpumpun energiasäästö pientalossa.	(Motiva 2016)
LTO-vuosihyötysuhteen parantaminen (11,1 %)	Kaksi arviota: 4,2 % ja 5,9 %	Esitetyt arvot kuvaavat mahdollisuutta vähentää rakennuksen vuotuisia (5,9 %) ja elinkaaren (4,2 %) päästöjä paremman lämmöntalteenoton avulla.	(Ahola ym. 2018, 52)

Taulukko 5: Esitetyt arvot kuvaavat vuosittaisia päästövähennyksiä. Päästövähennykset perustuvat energiankulutuksen muutoksiin, eivätkä huomioi järjestelmän tuottamisen päästöjä. Lämpöpumppujen hyödyt vaihtelevat lähteestä riippuen ja erityisesti lähteissä käytettyjen päästökertoimien mukaan. Taulukossa on esitetty kaksi arviota, joista ensimmäinen on suunnattu kuvaamaan vuosittaisia päästövähennyksiä, ja toinen arvo kuvaa elinkaaren aikaista päästövähennyksiä.

Lämmitysjärjestelmän muutoksilla on mahdollista saavuttaa suuria päästövähennyksiä rakennuksen käytönaikaisen energiankulutuksen osalta. Koska käytönaikaisia päästöjä arvioitaessa ei huomioida korjausmateriaalien, työmaatoimintojen tai elinkaaren loppuvaiheen päästöjä, on huomattava, että saavutettava kokonaispäästövähennemä on sitä suurempi, mitä pidempi rakennuksen jäljellä oleva käyttöikä on.

Lämmöntalteenoton (LTO) ja ilmanvaihdon tehostaminen ovat eräitä keinoja rakennuksen vähähiilisyden edistämiseksi vanhoissa rakennuksissa. LTO on yleisesti uusissa rakennuksissa käytettävää tekniikkaa, mutta tämän tekniikan tuottamaa hyötyä on pyritty havainnollistamaan Ahola ym. (2018) raportin tuottaman esimerkkitapauksen avulla, jossa hyötysuhdetta kasvatettiin noin 11 %. Tällaisella parannuksella oli selkeitä vaikutuksia sekä rakennuksen käytönaikaisiin että elinkaaren päästöihin. Kuten LTO:n osalta, myös ilmanvaihdon hyödyt ovat raportin mukaan huomattavat, kun keskitetyn

ilmanvaihdon sijaan käytetään hajautettua ilmanvaihtoa. Raportin tulokset perustuvat esimerkkitapauksiin, eikä niitä voida suoraan yleistää vähähiilisyyspotentiaaliksi.

Ilmalämpöpumppujen tuottama päästövähennys on kirjallisuusselvityksen mukaan huomattava. On kuitenkin huomioitava, että arvioitu ilmalämpöpumppujen vähähiilisyyspotentiaali perustuu säästettyyn ostoenergiaan. Tällöin itse lämpöpumpun tuottamisen aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä ei ole huomioitu, jolloin vähähiilisyyspotentiaali soveltuu parhaiten käytönaikaiseen vertailuun. Ilmalämpöpumppujen hyödyt korostuvat fossiilisella sähköllä ja fossiilisilla polttoaineilla lämmitettävissä rakennuksissa, jolloin päästövähennys on suurin. Ilmalämpöpumppujen vähähiilisyyspotentiaaliin vaikuttavat rakennustyyppi ja rakennuksen ominaisuudet, eivätkä sen hyödyt ole etenkin suurissa rakennuksissa samat kuin edeltävässä taulukossa esitettyjen pientalojen kohdalla.

Taulukko 6. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto vapaajäähtyksen ja aurinkokeräimien vähähiilisyyspotentiaalin arvioimiseksi. Päästövähennys perustuu energiankulutuksen muutoksiin ja erilaisten lämmitys- ja sähköntuotantotapojen päästöihin.

Toimenpide	Päästövähennys	Kommentit	Lähde
Vapaajäähtyminen	35–75 %	Vuosittaisen energiankulutuksen väheneminen tavanomaiseen ratkaisuun verrattuna.	(Motiva 2012)
Aurinkokeräimet	10–15 %	Sähkölämmitteisen pientalon käyttöveden lämmitys	(Lindgren 2019)
Aurinkokeräimet	11–15 %	Kaukolämpöön kytketyn pientalon käyttöveden lämmitys	(Lindgren 2019)
Aurinkokeräimet	5–10 %	Maalämmitteisen pientalon käyttöveden lämmitys	(Lindgren 2019)
Aurinkokeräimet	2–6 %	Ilma-vesilämpöpumppulämmitteisen pientalon käyttöveden lämmitys	(Lindgren 2019)

Taulukko 6: Esitetyt arvot kuvaavat suoranaisesti säästetyn ostoenergian suuruutta vuositasolla, jolloin päästövähennyksiä on peilattu energiansäästöön lämmitys- ja sähköntuotantotapojen päästöihin verraten. SAMK tutki IDA-ICE –simuloinnin perusteella aurinkokeräimien päästövähennyspotentiaalia, kun ~ 50 % omakotitalon käyttöveden lämmityksestä katetaan aurinkokeräimien tuottamalla energialla.

Tyypillisin tapa hyödyntää aurinkokeräimillä tuotettua energiaa on käyttöveden lämmitys. Satakunnan ammattikorkeakoulussa (2019) tuotetun tutkimuksen mukaan aurinkokeräimillä on jopa 15 % päästövähennys vuosittaisen lämmitysenergian hankintaan. Rakennusten osalta, joissa tilojen lämmitys on muutenkin energiatehokasta erilaisten lämpöpumppuratkaisuiden avulla, aurinkokeräimien vähähiilisyyspotentiaali on maltillisempi.

Yksittäisillä energiatehokkuustoimilla ja lämmitysjärjestelmämuutoksilla voidaan saavuttaa huomattavia päästövähennyksiä etenkin pitkän aikavälin tarkastelussa. Rakennuksen energiatehokkuuden ja vähähiilisten energiajärjestelmien avulla voidaan päästöjä vähentää runsaasti. Tehokkain keino on yhdistää useita toimenpiteitä toisiinsa. Näin voidaan parhaiten vaikuttaa hankittavan energian määrään ja hankittavan energian tuotantotapaan. Taulukkoon 7 on koottu aineistoa lämmitystapojen vähähiilisyyspotentiaalin arvioimiseksi koskien uudisrakentamisen kohteita.

Taulukko 7. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto lämmitystapavalintojen vähähiilisyyspotentiaalin arvioimiseksi uudisrakentamisen kohteissa. Päästövähennys on suhteutettu rakennuksen koko elinkaaren päästöihin.

Toimenpide	Päästövähennys	Kommentit	Lähde
Koulurakennus: maalämpö	34 %	Betoniruko	(Alhola ym. 2019)
Koulurakennus: maalämpö	37 %	Puurunko	(Alhola ym. 2019)
Kerrostalo: maalämpö	23 %	Betoniruko	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Koulurakennus: maalämpö	29 %	Betoniruko	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)

Toimenpide	Päästövähennemä	Kommentit	Lähde
Koulurakennus: maalämpö	39 %	CLT-runko	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Koulurakennus: maalämpö	34 %	Rankarunko	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Kerrostalo: maalämpö	30 %	-	(Ahola ym. 2018, 52)
Kerrostalo: maalämpö	29 %	Rankarunko	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Kerrostalo: maalämpö	26 %	CLT-runko	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Päiväkoti: maalämpö	37 %	Betoniruko	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Päiväkoti: maalämpö	43 %	Hirsirunko	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Päiväkoti: maalämpö	38 %	Rankarunko	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Hoivakoti: maalämpö	38 %	Betoniruko	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Hoivakoti: maalämpö	40 %	Rankarunko, tiiliverhoilulla	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Hoivakoti: maalämpö	44 %	CLT-runko	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Päiväkoti: vesi-ilmalämpöpumppu	34 %	-	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Koulurakennus: vesi-ilmalämpöpumppu	43 %	-	(Vares 2018)

Taulukko 7: Lämpöpumppujen elinkaarenaikaisia päästövähennemät huomioivat myös järjestelmän asentamisen päästöt. Lämpöpumppujen päästövähennemää on tutkittu useiden runkomateriaalien ja rakennustyyppien väleillä. Kaikkien esitettyjen arvojen vertailutasona on ollut kaukolämpöön kytketty rakennus.

Maalämpöpumppujen osalta on paljon tutkimuksia, joissa sen tuomat hyödyt päästöjen näkökulmasta on tunnistettu. Maalämpöpumppujen vähähiilisyyspotentiaali vaihtelee esitetyissä tapauksissa rakennuksesta riippuen 23 ja 44 prosentin välillä, kun vertailutasoksi on valittu tyypillisin lämmitysmuoto, eli kaukolämpö. Lämmitysjärjestelmän hyödyt voivat vaihdella runkomateriaalista riippuen, vaikka päästövähennemänä esitettyihin arvioihin ei ole sisällytetty runkomateriaalien välisiä päästövähennemisiä. Vesi-ilmalämpöpumppujen osalta tutkimusta on rajallisemmin, mutta myös niiden osalta on tunnistettavissa suuri vähähiilisyyspotentiaali, kun vertailutasona pidetään kaukolämpöön kytkettyä rakennusta.

Yllä olevassa taulukossa 7 esitetyt tulokset lämpöpumppujen vähähiilisyyspotentiaaliksi perustuvat ostoenergian tarpeen vähenemiseen. Oletuksena on, että lämpöpumppuihin hankittu sähkö on verkkosähköä. Uusiutuvalla sähköllä saavutettava vähähiilisyyspotentiaali on vieläkin suurempi. Lämpöpumppujen osalta on huomioitava, että vähähiilisyyspotentiaaliin vaikuttaa erityisesti kyseessä olevan laitteen hyötysuhde, eli COP-luku.

3.1.2 Sähkö

HILMI-hankkeen (Kalimo ym. 2021, 22) tulosten mukaan rakennusten sähköenergianhankinta vastaa 10 %:sta julkisten hankintojen kokonaispäästöistä. Suhteessa lämmitysenergian hankinnasta aiheutuviin päästöihin, sähkön osuus on noin 38 % julkisten energiahankintojen kokonaispäästöistä. Tämän lisäksi sähköenergianhankintoja tehdään vuokrakiinteistöihin, mikä lisää sähköstä aiheutuvien päästöjen määrää.

Tehokkain tapa välttää sähkön päästöjen syntymistä on vähentää hankittavan sähköenergian määrää. Toinen tehokas tapa on hankkia sähköenergiaa vähähiilisiltä toimittajilta. Sähkön hankintavaiheessa ei juurikaan voida enää vaikuttaa tarvittavaan sähköenergian määrään, vaan tämä näkökulma tulee huomioida jo rakennusten suunnittelun aikana sekä laite- ja järjestelmähankinnoissa. Erilaisilla energiatehokkuustoimilla voidaan pyrkiä minimoimaan hankittavan sähköenergian määrää, ja nämä toimet tehdään laitehankintojen sekä korjausrakentamisen tai rakentamisen yhteydessä. Vuokrakiinteistöjen osalta on tehokkainta vertailla vuokrattavien rakennusten ja kiinteistöjen energiatehokkuutta toisiinsa. Vuokrakiinteistöjen energiatehokkuuteen on huomattavasti vaikeampi vaikuttaa sopimuskauden aikana.

Vaikka energiatehokkuuteen ei energianhankintavaiheessa juuri voida vaikuttaa, sähköenergiaa hankittaessa voidaan valita sähkön tuotantomuoto. Sähkön tuotantomuotojen päästökertoimet määrittävät, kuinka suuri vähähiilisyyspotentiaali kullakin tuotantomuodolla on verrattuna tavanomaiseen tasoon. Taulukossa 8 on esitetty uusiutuvilla ja fossiilittomilla energianlähteillä tuotetun sähkön potentiaalinen päästövähennys päästöjä aiheuttaviin sähköntuotantomuotoihin verrattuna ja sähköenergiaa säästäviä ratkaisuja.

Taulukko 8. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto rakennusten ostoenergian vähähiilisyyspotentiaalinen arvioimiseksi. Päästövähennys perustuu sähkönkulutuksen muutoksiin ja erilaisten sähköntuotantotapojen päästöihin.

Toimenpide	Päästövähennys	Kommentit	Lähde
Ostoenergia: uusiutuvat energianlähteet	100 %	Ei sisällä ydinvoimaa.	(Fingrid 2021)
Ostoenergia: päästöttömät energianlähteet	100 %	Sisältää uusiutuvat energianlähteet ja ydinvoiman.	(Fingrid 2021)

Taulukko 8: Esitetyt arvot kuvaavat mahdollisuutta vähentää päästöjä valitsemalla päästöttömä tai uusiutuvaa energiaa fossiilisten energiamuotojen sijaan. Päästövähennys perustuu suoraan energian päästökertoimiin.

Sähkönhankinnan vähähiilisyyspotentiaali on erityisen suuri, koska teoreettisesti se voidaan minimoida täysin ostamalla energia päästöttömistä tai uusiutuvista energialähteistä. Uusiutuvan ja fossiilittoman sähkön hankinnan vähähiilisyyspotentiaali määräytyy arvioinneissa päästökertoimien mukaan ja näille sähkön tuotantomuodoille päästökertoimeksi on useissa selvityksissä käytetty arvoa 0 kgCO₂/kWh³. Hankittaessa uusiutuvaa tai fossiilitonta sähköä minkä tahansa sähkön tuotantomuodon sijaan, jonka päästökerroin on suurempi kuin 0 kgCO₂/kWh, on vähähiilisyyspotentiaali 100 %. Uusiutuvan tai fossiilittoman sähkön hankinnalla voidaan suoraan vähentää energiahankinnan päästöjä, eikä tämä vaadi muutoksia järjestelmiin. Tämä keino päästöjen vähentämiseen soveltuu siis kaikkiin omaomisteisiin ja vuokrakiinteistöihin. Uusiutuvaa energiaa hankittaessa sähkön todellinen alkuperä voidaan todentaa alkuperätakuun avulla. Alkuperätakuuta myönnetään seuraaville energialähteille: tuulivoima, aurinkovoima, vesivoima, biomassa, ilmalämpöenergia, geo- ja hydroterminen energia, valtamerienergia, kaatopaikka-, jätevedenpuhdistamo- ja biokaasut (Energiavirasto 2022).

Vaikka teoreettisesti sähkönhankinnan päästöjen vähentäminen onnistuu energiantuotantomuodon valitsemalla, on sähkön kulutuksen minimoimisen mahdollisuuksia syytä tarkastella. Sähköä käytetään rakennusten, saunojen ja käyttöveden lämmitykseen, valaistukseen ja erinäisten sähkölaitteiden energialähteenä. Taulukossa 9 on esitetty rakennuksen valaistukseen ja sähkön pientuotantoon liittyviä päästövähennyskeinoja, sillä sähkölämmityksen energiatehokkuustoimet ovat samat, kuin luvussa 3.1.1 on esitetty. Tiettyjen sähkölaitteiden energiatehokkuutta käsitellään tarkemmin niitä koskevissa luvuissa hankintakategorioiden osalta, joissa sähkölaitteiden vähähiilisyyspotentiaalinen on tunnistettu olevan erityisen merkityksellinen.

³ Tarkemmissa tutkimuksissa myös uusiutuvista energialähteistä peräisin olevalle sähkölle käytetään nollassa poikkeavaa pientä päästökerrointa, jossa otetaan huomioon mm. vesivoimalle tekoaltaiden metaanipäästöt, puupolttoaineille niiden korjuu metsästä, ja tuulivoimalle tarvittavien laitteistojen valmistaminen.

Taulukko 9. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto rakennusten käyttämän sähkön vähähiilisyys-potentiaalin arvioimiseksi energiatehokkuustoimenpitein. Päästövähennemä perustuu sähkönkulutuksen muutoksiin ja erilaisten sähköntuotantotapojen päästöihin.

Toimenpide	Päästö-vähennemä	Kommentit	Lähde
Aurinkopaneelit	1 %	25 kW järjestelmä rakennuksessa	(Alhola ym. 2019; Keino 2020a)
Aurinkopaneelit	1 %	0,8 % bruttoalasta aurinkopaneeleita	(Ahola ym. 2018, 52)
Automaattinen aurinkosuojaus	~ 90 %	Valaistusenergiensäästö. Todellisuudessa päästövähennemä on esitettyä arvoa pienempi järjestelmän kuluttaman energian vuoksi.	(Rokkanen 2021)
Automaattinen valaistus	60 %	Ostoenergiensäästöt	(Motiva 2012)
Lampputyypit	30–90 %	Suurimmat säästöt saavutetaan julkisissa tiloissa ja kodeissa, joissa hehkulamput korvataan LED- tai energiansäästölampuilla.	(Motiva 2012)

Taulukko 9: Esitetyt arvot kuvaavat energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä, jotta voidaan vähentää tarvittavaa ostoenergianmäärää. Taulukossa on keskitytty tunnettuihin teknologioihin, eli aurinkopaneeleihin, automaattiseen aurinkosuojaukseen ja valaistukseen sekä energiatehokkaisiin lappuihin. Automaattisen aurinkosuojauksen, valaistuksen sekä energiatehokkaiden lamppujen tulokset on esitetty vuositason päästövähennyksinä huomioimatta järjestelmän tuottamisen päästöjä. Aurinkopaneeleita koskevat arvot on esitetty koko elinkaaren ajalle, jolloin myös aurinkosähköjärjestelmien päästöt on huomioitu.

Yleisen näkemyksen vastaisesti, Suomi on aurinkoenergian tuotantopotentiaaliltaan verrattavissa Keski-Eurooppaan. Suomessa talvien pimeyttä kompensoi valoisa kesäaika, jolloin aurinkoenergiaa riittää melkein ympäri vuorokauden. Lisäksi Suomen matalat lämpötilat parantavat aurinkokennojen hyötysuhdetta. Yleisesti aurinkoenergialla tarkoitetaan auringon säteilemän energian hyödyntämistä joko sähkönä tai lämpönä. Aurinkokennojen avulla auringon säteilemä energia voidaan suoraan muuntaa sähköksi, kun taas aurinkokeräimet keräävät lämpöä. Lappeenrannan teknillisen yliopiston tutkijaopettaja Antti Kosonen arvioi, että parhaita kohteita aurinkopaneelien yleistymiselle ovat muiden joukossa myös julki-set rakennukset (LUT 2019). Ahola ym. (2018, 52) ovat arvioineet erään rakennuksen osalta aurinkopaneelien implementaation tuottavan noin 1 % suuruisen päästövähennemän koko rakennuksen elinkaaren aikana huomioiden aurinkojärjestelmän valmistuksen ja asennuksen päästöt. Aurinkosähköjärjestelmien elinkaaren päästövähennemää on tutkittu rajallisesti. Järjestelmien tehokkuus vaikuttaa päästövähennemän suuruuteen.

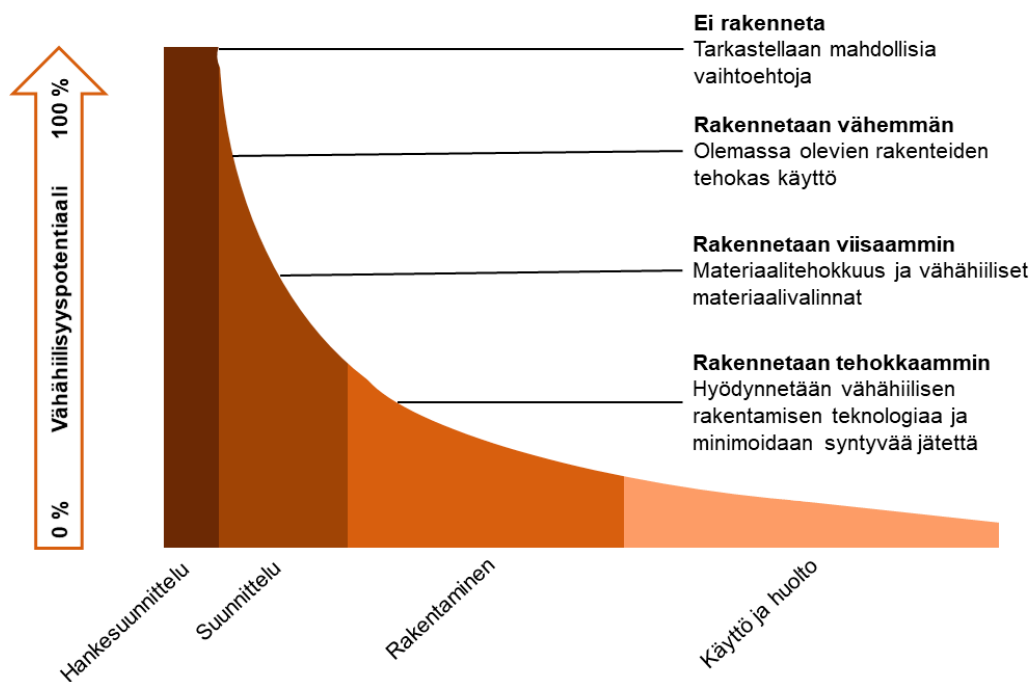
Kuten taulukossa 9 on esitetty, Rokkanen (2021) arvioi aurinkosuojauksen hyötyä rakennusten energiatehokkuuteen. Arvion mukaan aurinkosuojauksella voidaan saavuttaa jopa 90 % säästö valaistusenergiatarpeeseen. Koska arvio on esitetty suoraan valaistusenergiankulutukseen nähden, ei sitä voida suoraan rinnastaa käytönaikaiseksi päästövähennemäksi, sillä järjestelmän automatiikka vaatii energiaa toimiakseen. Valaistukseen tarvittavaa energiaa voidaan säästää aurinkosuojauksen lisäksi liiketunnistimien kanssa automatisoidulla valaistuksella sekä energiatehokkaammilla lampuilla.

3.2 Rakentaminen ja rakennukset

HILMI-hankkeen (Kalimo ym. 2021, 22) tulosten mukaan rakentaminen vastaa neljänneksestä julkisten hankintojen aiheuttamista päästöistä. Syntyneet päästöt koostuvat suurelta osin (49 %) maa- ja vesirakentamisesta ja näihin liittyvistä korjaus ja kunnossapitopalveluista. Talonrakennusten ja korjausten päästöjen osuus on arviolta 32 %, kun rakennusten ja alueiden rakentamis- ja kunnossapitopalveluiden osuus on noin 20 %. Rakentamiseen liittyvien hankintojen päästöt ovat pienemmät kuin rakennusten energianhankinnan päästöt. Rakennusteollisuuden ja rakennetun ympäristön tiekartassa 2020–2035–

2050 on arvioitu, että rakennetun ympäristön päästöistä 5 % syntyy yksinomaan rakennuksiin ja infrarankentamiseen käytettävien materiaalien seurauksena (Raivio ym. 2020, 9).

Rakennusten suunnittelun ja rakentamisen aikaiset valinnat vaikuttavat tuleviin energiahankintoihin, joten rakennuksien vähähiilisyttä on hyvä tarkastella kokonaisuutena. Kuvassa 8 on esitetty rakennushankkeen vähähiilisyyspotentiaali hankkeen etenemisen näkökulmasta. Hankintojen näkökulmasta on tärkeää tunnistaa, että vähähiilisyteen voidaan vaikuttaa merkittävimmin rakennushankkeen valmistelussa ja suunnittelussa. Vähähiilistä rakennusta ja rakentamista tavoiteltaessa ympäristötavoitteet tulee kirjata suunnitelmaan jo varhaisessa vaiheessa, koska ne ohjaavat hankkeen toteutusta. Tämä luku keskittyy erityisesti rakentamisen aikaisiin päästövähennysmahdollisuuksiin sekä rakennuksen päästöihin vaikuttaviin valintoihin poissulkien energiankäytön ja lämmitysjärjestelmien vertailun, joka on esitetty aiemmin luvussa 3.1.1.



Kuva 8. Rakentamisen ja rakennusten vähähiilisyyspotentiaali (WorldGBC 2019; muokattu).

Vähähiilisyyspotentiaalia on pyritty arvioimaan niiden toimenpiteiden osalta, joilla on selkeästi suuri merkitys koko rakennuksen elinkaaren päästöihin. Tarkoituksena on esittää suuntaa antavia arvioita niistä toimenpiteistä, joilla on mahdollista vähentää hankintojen päästöjä rakentamisen ja rakennusten osalta. Vaikka rakentamista ja rakennuksia koskevien toimenpiteiden vähähiilisyyspotentiaali tunnustetaan yleisellä tasolla, on hankekohtaiset erot huomioitava. Hankkeen todellinen vähähiilisyyspotentiaali on parhaiten tunnistettavissa vertailemalla kohteeseen tehtyjen elinkaarilaskemien tuloksia keskenään erilaisien skenaarioiden avulla.

3.2.1 Rakennusten rakentaminen ja korjaaminen

Rakennusmateriaalien vaikutusta rakennuksen elinkaaren päästöihin on tutkittu useiden rakennustyyppien osalta. Rakennusten hiilijalanjälkilaskelmien osalta on havaittu, että runkomateriaalit ovat erityisen merkittävässä roolissa suuren materiaaliarpeen vuoksi. Tässä tarkastelussa on otettu huomioon ainoastaan vähähiilisyyspotentiaalin kannalta merkittävimpiä rakennusmateriaaleja. Tyypillisimmät runkomateriaalit Suomessa ovat betoni, puu, teräs ja tiili.

Betoni on yksi tyypillisesti käytetyimmistä runkomateriaaleista Suomessa. Tavanomaisesti betoni sisältää noin 12–14 % sementtiä, jonka energiaintensiivinen valmistaminen aiheuttaa suurimman osan betonin valmistuksen ympäristövaikutuksista. Sementti toimii betonin sideaineena (Petkar 2016). Betonin hiilijalanjälki vaihtelee sideaineen lisäksi lujuus- ja säilyvyysvaatimuksista riippuen, sillä lujuus- ja säilyvyysvaatimukset vaikuttavat oleellisesti betonin sideaineen määrään. (Pasanen 2012, 24) Betoni on tärkeä osa rakentamista, eikä sitä voida täysin korvata vähähiilillä vaihtoehtoilta tai muilla materiaaleilla. Betonin valmistuksen CO₂-päästöjä on mahdollista vähentää korvaamalla tyypillisesti betonin sideaineena käytettyä sementtiä teollisuuden sivuvirroista saatavilla sideaineilla. Sementin päästöjä voidaan puolestaan pyrkiä laskemaan energiatehokkuuden, vähähiilisten polttoaineiden, uusiutuvan energian sekä hiilensidonnallisuuden avulla (Raivio ym. 2020, 13).

Puuta voidaan käyttää runkomateriaalina betonin ja teräksen tavoin. Puu on uusiutuva luonnonvara ja tyypillisesti käytetyistä runkomateriaaleista vähähiilisin. Puuta on käytetty rakentamiseen jo vuosia sen helpon käsiteltävyyden ja työstettävyyden vuoksi. Puu on yleisesti käytetyistä runkomateriaaleista vähähiilisin, mutta ei sovellu kaikkiin kohteisiin. Kosteissa olosuhteissa puu alkaa homehtumaan. Puun sijaan muita runkomateriaaleja suositaan usein kustannustehokkaista syistä. (Rakentaja 2022)

Myös terästä käytetään rakennusten runkomateriaalina, minkä lisäksi terästä hyödynnetään runsaasti myös betonin vahvistamiseen sekä muuten rakentamiseen. Teräs on ominaisuuksiltaan pitkäikäinen ja sitä voidaan kierrättää lähes loputtomasti (SSAB 2022). Teräksen valmistamisen päästöihin vaikuttaa erityisesti sen alkuperä ja valmistusmenetelmä. Terästä voidaan valmistaa romupohjaisesti tai malmipohjaisesti. Malmipohjaisen teräksen valmistamisen päästöt ovat jopa nelinkertaiset verrattuna romupohjaiseen. Romupohjaisen teräksen valmistusta rajoittaa kuitenkin romuteräksen saatavuus. (Vares 2022.) Terästä ei voida kokonaan korvata rakentamisessa, mutta vähähiilisyyspotentiaalia voidaan arvioida tuoteryhmän sisäisesti. Teräksen osalta vähähiilisyyspotentiaalia on tarkasteltu ainoastaan teräksen valmistusmenetelmän osalta. Teräksen vähähiilisyyspotentiaalini arviointi suoraan vertailemalla runkomateriaaleja keskenään ei ole mahdollista, sillä vertailevia elinkaariarviointeja ei ole tarpeeksi kattavasti saatavilla.

Suomessa rakennusten eristämällä on tärkeä rooli kausittain vaihtelevien sääolosuhteiden vuoksi. Eristemateriaalit ovat keskeisessä asemassa, jotta seinistä, yläpohjasta ja alapohjasta saadaan määräysten mukaiset ja energiatehokkaat. Markkinoilla on paljon vaihtoehtoja eristemateriaaleille, joissa hyödynnetään kierrätettyjä materiaaleja. Niiden avulla voidaan vähentää eristeiden kasvihuonekaasupäästöjä ja samalla kasvattaa kiertotalouden osuutta tinkimättä tavoitellusta energiatehokkuudesta. Uusiutuvista luonnonvaroista valmistettava selluvilla on yksi vaihtoehto, joiden vähähiilisyyspotentiaalia on arvioitu. Selluvillan valmistukseen käytetään pääosin kierrätettyä sanomalehtipaperia. Selluvillalla voidaan sitoa puussa oleva hiili koko elinkaaren ajaksi. Mineraalivillalla tarkoitetaan kivi- ja lasivilloja. Kaikki mineraalivillat eivät ole vähähiilisiä valintoja, mutta myös mineraalivilloista valmistetaan vähähiilisempiä vaihtoehtoja, joissa on hyödynnetty uusiomateriaaleja. Lasivillojen osalta markkinoilla on materiaaleja, jotka ovat suurimmilta osin valmistettu kierrätetystä lasista. Kivivilla puolestaan on lähtökohtaisesti valmistettu uusiutumattomista maaperän ainesosista. (Sederholm 2019.) Kaikkia esitettyjä materiaaleja valmistetaan puhallus- ja levyvillan muodossa. Kaikkia puhallusvilloja voidaan suoranaisesti käyttää uudelleen toisessa kohteessa, jolloin myös kivivillalle on esitettävissä vähähiilinen vaihtoehto. Käytännössä vanha puhallusvilla voidaan imeä ja puhaltaa uudelleen toiseen kohteeseen. Uudelleenkäyttöä koskevat kuitenkin useat rajoitteet, jotka täytyy huomioida tapauskohtaisesti. Materiaalinäkökulmasta on huomioitavaa, että tuotteiden lämmönjohtavuus vaihtelee. Tuotteita ei siis voida suoraan vertailla päästökertoimien avulla, sillä toista materiaalia voidaan tarvita enemmän saman eristävyysvaatimuksen saavuttamiseksi. Eristemateriaaleilla saavutettavia päästövähennyksiä on arvioitu kirjallisuuslähteiden avulla, joissa on erikseen huomioitu kierrätysosuuden kasvattamisen hyödyt rakennuksen koko elinkaaren näkökulmasta.

Osittain uusiomateriaaleista valmistettuja materiaaleja on ilmestynyt markkinoille enenevässä määrin. Kaikilla uusiomateriaaleista valmistetuilla materiaaleilla tosin ei ole CE-merkintää, mikä rajoittaa

materiaalien käyttöä. Esimerkkejä materiaaleista, jotka on osittain valmistettu kierrätetyistä materiaaleista: puumuovikomposiitti, muovikomposiitit, alumiini, keraamiset ja lasiset laatat, vaahtolasi, kipsi- ja lastulevyt ja puulastulevyt. (Sederholm 2019.) Erilaisien uusiomateriaalien ja kierrätetyistä materiaaleista valmistettujen tuotteiden vähähiilisyyspotentiaalia on tutkittu vähän osana koko rakennuksen elinkaarta. Tämän vuoksi näiden materiaalien vähähiilisyyspotentiaalia on arvioitu lähinnä tuotekohtaisesti.

Rakennusmateriaalien vähähiilisyyspotentiaalin arvioimiseksi on vertailtu toisiaan korvaavien rakennusmateriaalien päästöjä keskenään. Materiaalien vähähiilisyyspotentiaalia ei voida suoraan arvioida vertailemalla materiaalien päästökertoimia keskenään, sillä esimerkiksi menekkitiedot ja materiaalien kuljetusmatkat vaikuttavat rakennuksen kokonaispäästöihin. Tuotteiden päästökertoimia voidaan hyödyntää elinkaarilaskelmissa, joista hankkeen vähähiilisyyspotentiaali ilmenee parhaiten. Rakentamisen päästötietokanta, jonka kehittämisestä ja ylläpidosta Suomen ympäristökeskus vastaa, tarjoaa kattavan valikoiman rakennustuotteiden keskimääräisiä päästötietoja elinkaarilaskentaa varten (SYKE 2022). Rakennusmateriaalien vähähiilisyyspotentiaalia arvioidaan case-esimerkkien ja kirjallisuuden avulla. Kirjallisuuden osalta on tehty lyhyt kirjallisuusselvitys priorisoiden suomalaisia lähteitä ja tutkimuksia. Taulukoihin 10, 11, 12 ja 13 on koottu tuloksia päämateriaalien valinnan vaikutuksesta rakennuksen elinkaaren päästöihin erilaisista kohteista. Tarkastelujaksot ja muut rajaukset vaihtelevat lähteestä riippuen, joten nämä on ilmoitettu esitettyjen arvojen yhteydessä. Määrällisen tiedonetsinnän vuoksi eri lähteiden käyttämät menetelmät elinkaariarviointien suorittamiseksi vaihtelevat. Ei myöskään voida tietää, mitä päästöarvoja elinkaariarviointeihin on hyödynnetty ja kuinka linjassa nämä ovat eri lähteiden välillä. Tämän vuoksi ei voida vertailla eri tutkimuksia tarkasti toisiinsa, mutta suurimmat linjat ovat havaittavissa eroavista menetelmistä huolimatta. Selvitysten perusteella voidaan todeta, että rakennusmateriaalien valinnalla on suuri vähähiilisyyspotentiaali.

Taulukko 10. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto talonrakennuksien ja -korjauksien yhteydessä valittujen päärakennusmateriaalien vähähiilisyyspotentiaalin arvioimiseksi vähähiilisten betonituotteiden osalta. Osa päästövähennyksistä on suhteutettu rakennuksen hiilijalanjälkeen kokonaisuudessaan, ja osa on suhteutettu tavanomaisen materiaaliratkaisun erikseen tarkasteltuun hiilijalanjälkeen.

Case-tarkastelu	Päästövähenemä	Kommentit	Lähde
Kerrostalo: vihreä betoni	28 %	Vihreän betonin päästökertoimet ovat valmistajan ilmoittamia arvoja sekä Vihreälle betonille, että verratulle tavanomaiselle betonille.	(Ripatti 2014, 46)
Vihreä betoni	20 %	Esitetty arvo kuvaa teoreettisesti Vihreän betonin käytöllä saavutettavaa päästövähennyksen rakentamisvaiheessa, kun koko betonimassa on korvattu vähähiilisellä vaihtoehdolla. Tarkastelussa on huomioitu ainoastaan rakentamisvaiheen päästöt.	(Pasanen 2012, 30)
Vähähiiliset ontelolaatat	6 %	Materiaalien hiilijalanjälki. Tarkastelussa on käytetty valmistajan esittämiä päästökertoimia, joiden avulla tavanomaisia ontelolaattoja verrattiin vähähiilisiin korvikkeisiin. Tuotteilla on EPD-selosteet.	(Tikkanen 2020)

Taulukko 10: Esitetyt arvot ovat teoreettisia laskelmia päästövähennyksistä. Toteutetuista tapauksista ei ole saatavilla aineistoa avoimista lähteistä.

Betonia ei voida täysin korvata rakentamisessa sen tiettyjen hyvien ominaisuuksien vuoksi, mutta betonituotteiden valmistajien kehittämät vähähiilisemmät ratkaisut ovat yksi keino syntyvien päästöjen vähentämiseksi. Saatavilla olevan tiedon mukaan vähähiilisten tuotteiden käytöllä on myös havaittava vähähiilisyyspotentiaali. Betonia korvaavia vähähiilisiä tuotteita on kuitenkin vielä rajallisesti. Rakennusteollisuuden toteuttaman selvityksen (2020) mukaan betonirakennusten elinkaaren hiilijalanjäljestä noin 26–54 % muodostuu elinkaaren vaiheissa A1-A3 riippuen erityisesti rakennuksen

energiatohokkuudesta. Bionovan (2012) tekemän teoreettisen arvion mukaan Ruduksen vihreän betonin päästövähennys rakennuksen elinkaaren osalta on noin 20 % verrattuna tavalliseen betoniin. Tämä vastaisi koko rakennuksen elinkaaren näkökulmasta noin 5–11 prosentin päästövähennystä. On kuitenkin hyvä huomata, että koko betonimassan korvaaminen vähähiilillä betonilla ei yleensä ole realistista. Tehokkainta on vertailla tuotteita niiden välisten päästökertoimien avulla silloin, kun soveltuvat käyttökohteet on tunnistettu. Päästökertoimia vertailtaessa on erityisesti kiinnitettävä huomiota kuitenkin kuljetusmatkaan, joka voi kumota päästövähennymän, jos tuote joudutaan kuljettamaan kaukaa.

Taulukko 11. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto talonrakennuksien ja -korjauksien yhteydessä valittujen päärakennusmateriaalien vähähiilisyyspotentiaalini arvioimiseksi puurunkojen osalta. Osa päästövähennemistä on suhteutettu rakennuksen hiilijalanjälkeen kokonaisuudessaan, ja osa on suhteutettu tavanomaisen materiaaliratkaisun erikseen tarkasteltuun hiilijalanjälkeen.

Case-tarkastelu	Päästö- vähenemä	Kommentit	Lähde
Puurunko	12 %	Referenssirakennus on betonirunkoinen	(Senaatti 2020, 16-20)
Puurunko (CLT-runko)	3 %	Referenssirakennus: rankarunko	(Alhola ym. 2019; Keino 2020a)
Puurunko (CLT-runko)	8 %	Referenssirakennus: betonirunkoinen kerrostalo, kaukolämpö	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Puurunko (CLT-runko)	15 %	Referenssirakennus: betonirunkoinen kerrostalo, maalämpö	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Puurunko (CLT-runko)	0 %	Referenssirakennus: betonirunkoinen koulu, kaukolämpö	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Puurunko (CLT-runko)	13 %	Referenssirakennus: betonirunkoinen koulu, maalämpö	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Puurunko (CLT-runko)	0 %	Referenssirakennus: betonirunkoinen hoivakoti, kaukolämpö	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Puurunko (CLT-runko)	9 %	Referenssirakennus: betonirunkoinen hoivakoti, maalämpö	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Puurunko (CLT-runko ja -eriste)	13 %	Referenssirakennus: betonirunkoinen kerrostalo, kaukolämpö	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Puurunko (CLT-runko ja -eriste)	16 %	Referenssirakennus: betonirunkoinen kerrostalo, maalämpö	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Puurunko (rankarunko)	10 %	Referenssirakennus: betonirunkoinen kerrostalo, kaukolämpö	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Puurunko (rankarunko)	14 %	Referenssirakennus: betonirunkoinen kerrostalo, maalämpö	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Puurunko (rankarunko)	7 %	Referenssirakennus: betonirunkoinen päiväkotikoti, kaukolämpö	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Puurunko (rankarunko)	9 %	Referenssirakennus: betonirunkoinen päiväkotikoti, maalämpö	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Puurunko (rankarunko)	11 %	Referenssirakennus: betonirunkoinen koulu, kaukolämpö	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Puurunko (rankarunko)	3 %	Referenssirakennus: betonirunkoinen hoivakoti, kaukolämpö	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Puurunko (rankarunko ja tiiliverhoilu)	16 %	Referenssirakennus: betonirunkoinen koulu, maalämpö	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Puurunko (rankarunko ja tiiliverhoilu)	6 %	Referenssirakennus: betonirunkoinen hoivakoti, maalämpö	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)

Case-tarkastelu	Päästö- vähenemä	Kommentit	Lähde
Puurunko (hirsirunko)	1 %	Referenssirakennus: betonirunkoinen päiväkotii, maalämpö	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Puurunko (hirsirunko)	9 %	Referenssirakennus: betonirunkoinen koulu	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)
Puurunko (hirsirunko)	-9 %	Referenssirakennus: betonirunkoinen päiväkotii. Huomaa, että toimenpide aiheuttaa päästöjen kasvun.	(Rakennusteollisuus 2020, 8-14)

Taulukko 11: Esitetyt arvot kuvaavat rakennuksen elinkaaren aikana saavutettavaa päästövähennemää. Runkomateriaali, johon kussakin tapauksessa vertailu on suoritettu, on esitetty kommenttien yhteydessä.

Rakennusteollisuuden tekemän selvityksen (2020) tuloksista voidaan havaita, että runkomateriaalivalinnoilla on suuri merkitys syntyviin päästöihin, mutta elinkaaren päästöihin vaikuttavat tehtyjen valintojen kokonaisuus. Tulokset osoittavat, että runkomateriaalien valinnat eivät yksinomaan varmista lineaarista päästövähennemää, vaan runkomateriaalien vaikutukset hankkeessa riippuvat myös energiatehokkuudesta, päälämmitysjärjestelmän valinnasta ja rakennustyyppistä. Runkomateriaalien kannalta suurimmat päästövähennemät saavutetaan puurunkoisilla rakennuksilla, kun niillä korvataan tämän hetken tavanomaisinta runkomateriaalia, eli betonia. Puu on osoittautunut vähähiiliseksi vaihtoehdoksi useiden rakennustyyppien osalta. Puurunkoisten rakennusten päästöissä on kuitenkin eroja. CLT- ja rankarunkoisten rakennusten päästövähennemä on betonirunkoiseen rakennukseen verrattuna lähes samansuuruinen. Hirsirakentamisesta on vielä rajallisesti vertailevaa tutkimusta, mutta saatavilla olevan tiedon mukaan päästövähennemä on pienempi, kuin ranka- tai CLT-runkovaihtoehdoilla voidaan saavuttaa. Puurakentamiselle esitetyt päästövähennemät ulottuvat parhaimmillaan noin 16 % ja perustuvat suoranaisesti puurakentamisella vältettäviin päästöihin koko rakennuksen elinkaaren näkökulmasta. Puurakentaminen on kuitenkin kiistanalaista tarkasteltaessa isolla mittakaavalla. Suomen ympäristökeskuksen raportin mukaan puurakentamisella vältetyt fossiiliset päästöt ovat kuitenkin pienemmät kuin vaikutus hakkuiden hiilinieluun (Soimakallio ym. 2021).

Taulukko 12. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto talonrakennuksien ja -korjauksien yhteydessä valittujen päärakennusmateriaalien vähähiilisyyspotentiaalini arvioimiseksi teräsrakenteiden osalta. Osa päästövähennemistä on suhteutettu rakennuksen hiilijalanjälkeen kokonaisuudessaan, ja osa on suhteutettu tavanomaisen materiaaliratkaisun erikseen tarkasteltuun hiilijalanjälkeen.

Case-tarkastelu	Päästö- vähenemä	Kommentit	Lähde
Teräsrunko	19 %	Esitetty arvo kuvaa rakennusmateriaalien valmistuksen päästöjen vähenemää, kun betonirungon sijaan asuintaloon rakennetaan teräsrunko. Tutkimus on kanadalainen, eikä huomioi koko elinkaaren päästöjä.	(Kuittinen 2014)
Teräseinä	32 %	Esitetty arvo kuvaa mahdollisuutta vähentää päästöjä rakentamalla teräseinä betonisen sijaan. Hiilijalanjälkilaskelmat on tehty PAS 2050 -standardin mukaan 100-vuoden kestoajalla.	(Sirikka Koskela 2011, 28)
Terästuotteet: romupohjainen teräs	76,2 %	Esitetty arvo kuvaa teräksen valmistuksen hiilijalanjälkeä, kun vertailutasona on malmipohjainen valmistustapa.	(Vares 2022)
Tiilirunko	4,9 %	Esitetty arvo kuvaa rakennuksen elinkaaren aikaista päästövähennemää, kun runkomateriaalina on betonin sijaan tiili. Tutkimus on suoritettu Itävallassa nollaenergiatalolle.	(Kuittinen 2014)

Taulukko 12. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto talonrakennuksien ja -korjauksien yhteydessä valittujen päärakennusmateriaalien vähähiilisyyspotentiaalini arvioimiseksi. Osa päästövähennemistä on suhteutettu rakennuksen hiilijalanjälkeen kokonaisuudessaan, ja osa on suhteutettu tavanomaisen materiaaliratkaisun erikseen tarkasteltuun hiilijalanjälkeen.

Teräs- ja tiilirunkoisten rakennusten osalta tutkimusta on saatavilla vielä rajoitetusti eikä vähähiilisyyspotentiaalia voida tunnistaa ja arvioida yleisellä tasolla. Terästä hyödynnetään rakentamisessa paljon, vaikka sitä ei käytettäisi runkomateriaalina. Tällaisten rakentamiseen käytettävien terästuotteiden vähähiilisyyspotentiaalin voidaan arvioida olevan suuri. Koska romupohjaisen teräksen hiilijalanjäljen tiedetään olevan huomattavasti (76,2 %) pienempi, kuin malmipohjaisesti valmistetun teräksen (Vares 2022), tulisi hankinnoissa kiinnittää erityistä huomioita hankittavien terästuotteiden valmistustapaan. Yleensä teräs ei ole 100 % romupohjaista, mutta mitä suurempi kierrätysaste teräksellä on, sitä suurempi on myös vähähiilisyyspotentiaali.

Taulukko 13. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto talonrakennuksien ja -korjauksien yhteydessä valittujen päärakennusmateriaalien vähähiilisyyspotentiaalin arvioimiseksi kierrätysmateriaalien osalta. Osa päästövähennyksistä on suhteutettu rakennuksen hiilijalanjälkeen kokonaisuudessaan, ja osa on suhteutettu tavanomaisen materiaaliratkaisun erikseen tarkasteltuun hiilijalanjälkeen.

Case-tarkastelu	Päästövähenemä	Kommentit	Lähde
70 % kierrätysosuus, puurunkoinen rakennus	0,1–6,2 %	Puurunkoisen rakennuksen elinkaaren päästöjen vähenemä, kun tavanomaista lasivillaa on korvattu 70 % kierrätysmateriaaleista valmistetulla lasivillalla.	(Calcus 2020)
70 % kierrätysosuus, betonirunkoinen rakennus	2,6 %	Betonirunkoisen rakennuksen elinkaaren päästöjen vähenemä, kun tavanomaista lasivillaa on korvattu 70 % kierrätysmateriaaleista valmistetulla lasivillalla.	(Calcus 2020)
Kierrätetyt tiilet	77 %	Käytettyjen materiaalien osuus 100 %	(Andersen ym. 2019)
Kierrätetyt tiilielementit	61 %	Käytettyjen materiaalien osuus 100 %	(Andersen ym. 2019)
Kierrätetyt kattolaatat	98 %	Käytettyjen materiaalien osuus 100 %	(Andersen ym. 2019)
Kierrätetystä kiviaineksesta valmistettu betoni	0,3 %	20 % kierrätettyä betonia	(Andersen ym. 2019)
Kierrätetyt betonielementit, -pylväät ja palkit	96 %	Käytettyjen materiaalien osuus 100 %	(Andersen ym. 2019)
Kierrätetyt teräsprofiilit	78 %	Käytettyjen materiaalien osuus 100 %	(Andersen ym. 2019)
Julkisivuverhoilu	56 %	Valmistettu kierrätetyistä putkista	(Andersen ym. 2019)
Kierrätetyt alumiinilevyt	81 %	Käytettyjen materiaalien osuus 100 %	(Andersen ym. 2019)
Kierrätetyt kantavat puupalkit ja tolpat	77 %	Käytettyjen materiaalien osuus 100 %	(Andersen ym. 2019)
Kierrätetyt lattialaudat	78 %	Käytettyjen materiaalien osuus 100 %	(Andersen ym. 2019)
Lastulevyt	9,4 %	70 % kierrätettyä puuta	(Andersen ym. 2019)
Kipsilevy	10 %	25 % kierrätettyä kipsiä	(Andersen ym. 2019)
Kierrätetyt sisäövet	80 %	Käytettyjen materiaalien osuus 100 %	(Andersen ym. 2019)
Ikkunakehysten kierrätetyt lasit	95 %	Kaksikerroslasi	(Andersen ym. 2019)
Kattohuopa	69 %	10 % kierrätysmateriaalia	(Andersen ym. 2019)

Taulukko 13: Esitetyt arvot kuvaavat kierrätysmateriaalien tuottamaa päästövähennyksiä yksittäisen rakennustuotteen osalta verrattuna tavanomaiseen materiaaliratkaisuun. Vertailu on tehty materiaalin yksikköpäästöjen avulla. Calcus (2020) julkaisemat tulokset kierrätetyn eristemateriaalin osalta on esitetty koko rakennuksen elinkaareen suhteutettuna ja poikkeaa muista kierrätysmateriaalien arvoista.

Myös eristeratkaisuilla voidaan vaikuttaa rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeen, vaikka niillä saavutettava päästövähennys on huomattavasti maltillisempi kuin runkomateriaalien. Eristemateriaaleilla saavutettava päästövähennys jää elinkaaren päästöjen kannalta rajalliseksi, sillä suhteessa muihin

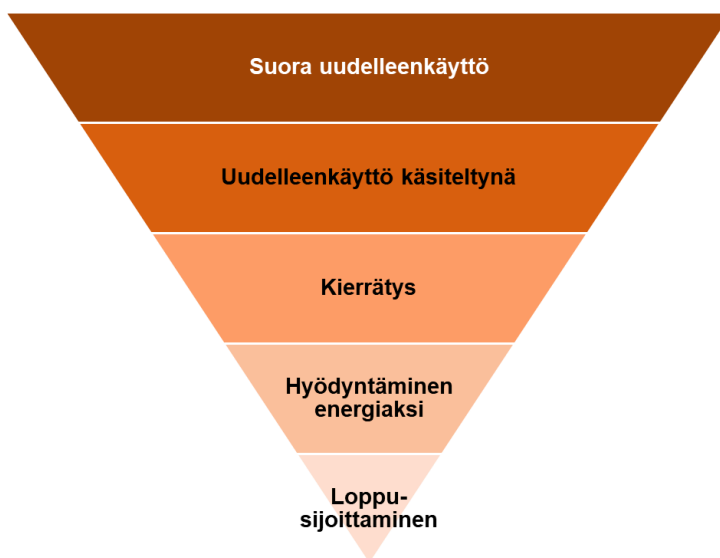
rakennusmateriaaleihin eristemateriaalien massat ovat pienet. Eristemateriaalien vähähiilisyyspotentiaalia voidaan pitää muutaman prosentin suuruisena koko rakennuksen elinkaaren näkökulmasta. Markkinoilla on saatavilla paljon eristemateriaaleja, jotka on valmistettu täysin tai osittain kierrätetystä materiaalista. Eristemateriaalien osalta rakenteellisia muutoksia ei yleensä edellytetä, joten näiden huomioiminen hankinnoissa on melko vaivatonta. Eristeiden lisäksi markkinoilta löytyy jo useampia materiaaleja, jotka ovat valmistettu joko täysin tai osittain kierrätetyistä materiaaleista. Resurssitehokkailta ratkaisuilta voidaan helposti laskea yksittäisten rakennusmateriaalien päästöjä, jos näitä on saatavilla kohtuullisen kuljetusmatkan päässä kohteesta. Erityisen suuret päästövähennykset saavutetaan niillä tuotteilla, jotka voidaan hyödyntää sellaisenaan uudessa kohteessa.

Parhaiten rakennusten vähähiilisyttä voidaan edistää materiaalien osalta korvaamalla useita tavantomaisia materiaaleja vähähiilisemmällä vaihtoehdoilla. On huomattava, että mitä energiatehokkaampi rakennus on lähtötilanteessa, sitä suurempi on materiaalien vähähiilisyyspotentiaali rakennuksen elinkaaren näkökulmasta. Hankinnoissa on lisäksi huomioitava, että pitkät kuljetusmatkat pienentävät yksittäisten tuotteiden vähähiilisyyspotentiaalia.

3.2.2 Alueiden rakentaminen ja kunnossapito

Alueiden rakentamisen ja korjaamisen hankintakategorian hiilijalanjälki on suuri. Alueiden rakentamisen ja korjaamisen päästölaskenta on viime vuosina lisääntynyt ja hankintakategorialle on tunnistettu selkeitä keinoja päästöjen vähentämiseksi. Kaksi tunnettua keinoa alueiden rakentamisen ja korjaamisen päästöjen vähentämiseksi on parantaa resurssitehokkuutta ja vähentää massojen kuljetuksen tarvetta. Infrahankkeiden osalta on tärkeää tunnistaa suurimmat päästölähteet ja kohdistaa toimenpiteet näihin osaluaisiin. Rakennuspaikan valinnalla voidaan vaikuttaa kaikkein merkittävimmin infrarakentamisen päästöihin, koska perustusolosuhteiden vaikutus rakennuspaikkojen välisiin päästöihin voi olla moninkertainen. (Dettenborn ym. 2018, 10-23)

Resurssitehokkuutta voidaan parantaa yhtäaikaaisesti kuljetustarpeen minimoinnin kanssa esimerkiksi erilaisilla koko kaupungin kattavilla maa- ja kiviainesten välivarastointi- ja kierrätysalustaverkostoilla. Verkosto voi edistää resurssitehokkuutta, kun kiviaineksia ja purkumaita pystytään varastoimaan ja tarvittaessa hyödyntämään uudelleen uusissa kohteissa. (Dettenborn ym. 2018, 10-23.) Lisäksi sopivalla välivarastointipaikkojen sijoittelulla on mahdollista välttää kuljetuksesta syntyviä päästöjä. Kuvasessa 9 on esitetty reitti resurssitehokkuuteen, joka on oleellisessa asemassa alueiden rakentamisen ja korjaamisen vähähiilisyyspotentiaalin arvioinnissa.



Kuva 9. Resurssitehokkuuden pääpilarit alueiden rakentamisessa ja korjaamisessa.

Taulukoihin 14 ja 15 on koottu alueiden rakentamisen ja korjausten kannalta oleellisia keinoja päästöjen vähentämiseksi. Koska rakentamisen materiaalit on käsitelty aiemmin luvussa 3.2.1, on taulukoihin kerätty ainoastaan alue- ja infrarakentamiseen soveltuvia resurssiviisaita ja kuljetustehokkaita ratkaisuja. Esitetyt päästövähennykset ovat tapauskohtaisia, eikä niiden tuloksia voida suoraan yleistää muihin hankkeisiin.

Taulukko 14. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto rakennusten ja alueiden rakentamisen sekä rakentamis- ja kunnossapitopalveluiden vähähiilisyyspotentiaalnin arvioimiseksi resurssitehokkuuden näkökulmasta.

Toimenpide	Päästö- vähennys	Kommentit	Lähde
Hämeentie, uusiomateriaalit	15 %	Esitetty arvo kuvaa hankkeessa saavutettavaa päästövähennystä, kun neitseellisistä vesihuoltokaivantojen lopputäyttömateriaaleista 50 % korvataan rakennekerrosten purkumateriaaleilla.	(Pahkakangas 2020, 10-22)
Skanssinkatu, betonimurske	3 %	Esitetty arvo kuvaa hankkeessa saavutettavaa päästövähennystä, kun jakavan kerroksen luonnonkiviaines on korvattu betonimurskeella.	(Dettenborn ym. 2018, 10-23)
Skanssinkatu, betonimurske	50 %	Esitetty arvo kuvaa rakennusosittain saavutettavaa päästövähennystä, kun jakavan kerroksen luonnonkiviaines on korvattu betonimurskeella.	(Dettenborn ym. 2018, 10-23)
Skanssinkatu, vähäpäästöinen asfaltti	0 %	Esitetty arvo kuvaa hankkeessa saavutettavaa päästövähennystä, kun tavanomainen asfaltti on korvattu 10 % vähähiilisemmällä vaihtoehdolla. Koko hankkeen näkökulmasta päästövähennys on merkityksetön.	(Dettenborn ym. 2018, 10-23)
Skanssinkatu, vähäpäästöinen asfaltti	10 %	Esitetty arvo kuvaa rakennusosittain saavutettavaa päästövähennystä, kun tavanomainen asfaltti on korvattu 10 % vähähiilisemmällä vaihtoehdolla. Koko hankkeen näkökulmasta päästövähennys on merkityksetön.	(Dettenborn ym. 2018, 10-23)
tierakentaminen, teollisuuden sivutuotteet	61 %	Esitetty arvo kuvaa saavutettavaa mahdollisuutta vähentää perinteiden hiekka-murske-tierakenteen päästöjä, kun hiekka ja murske korvataan ferrokromituotannon sivutuotteella. Laskennan oletuksena tuotteen päästöjen on oletettu muodostuvan lastauksesta ja kuljetuksesta työmaalle.	(Tomiainen 2022)

Taulukko 15. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto rakennusten ja alueiden rakentamisen sekä rakentamis- ja kunnossapitopalveluiden vähähiilisyyspotentiaalnin arvioimiseksi kuljetustarpeen minimoimisen näkökulmasta.

Toimenpide	Päästö- vähennys	Kommentit	Lähde
Hämeentie	13 %	Esitetty arvo kuvaa hankkeen päästövähennystä, kun 40 km päässä sijaitsevan loppusijoituskohteen sijaan rakennekerrosmateriaalit hyödynnetään 15 km säteellä muissa kohteissa.	(Pahkakangas 2020, 10-22)
Skanssinkatu, massat hyödynnetään kuljetuksen sijaan kohteessa	6 %	Esitetty arvo kuvaa hankkeessa saavutettavaa päästövähennystä, kun kohteessa muodostuvat maamassat hyödynnetään kohteessa.	(Dettenborn ym. 2018, 10-23)
Skanssinkatu, massat hyödynnetään kuljetuksen sijaan kohteessa	80 %	Esitetty arvo kuvaa rakennusosittain saavutettavaa päästövähennystä, kun kohteessa muodostuvat maamassat hyödynnetään kohteessa.	(Dettenborn ym. 2018, 10-23)
Perhekatu, ylijäämämassojen kuljetus tavanomaista lähempään loppusijoitukseen	30 %	Esitetty arvo kuvaa kuljetuksien osalta saavutettavaa päästövähennystä, kun kohteessa muodostuvat ylijäämämassat kuljetetaan lähempään sijoitukseen.	(Dettenborn ym. 2018, 10-23)

Toimenpide	Päästö- vähenemä	Kommentit	Lähde
Rastilanrannan esirakentaminen	64 %	Esitetty arvo kuvaa mahdollisuutta vähentää esirakentamisen päästöjä, kun kuljetusmatka lyhenee 28 km. Esirakentamisen päästöt koostuvat pääosin louhintatyöstä ja louheen poiskuljetuksesta.	(Meriläinen ym. 2020)
Meri-Rastilan purkava saneeraus	14 %	Esitetty arvo kuvaa mahdollisuutta vähentää esirakentamisen päästöjä, kun 50 % purkubetonista hyödynnetään kohteessa ja loput muissa 20 km säteellä sijaitsevilla kohteissa. Arvo koostuu tässä tapauksessa vähenevästä kuljetuksen tarpeesta.	(Meriläinen ym. 2020)
Aurajoen ruoppausmassojen vaihtoehtoinen läjityspaikka-kuljetus	99 %	Esitetty arvo kuvaa kuljetuksien osalta saavutettavaa päästövähennystä, kun ruoppausmassat sijoitetaan lähelle kohdetta. Matkojen erotus loppusijoituspaikkojen välillä on 74 km.	(Dettenborn ym. 2018, 10-23)

Infrarakentamisen hiilijalanjälkeä tarkasteltaessa korostuu maamassojen rooli. Vaikka maamassojen päästökertoimet ovat usein maltillisia, suuret määrät, joita infrarakentaminen edellyttää, aiheuttaa valtavasti päästöjä. Resurssitehokkuudella ja kuljetustarpeen vähentämisellä on todettu olevan merkittävä vähähiilisyyspotentiaali hankkeelle. Saneerauksien, purkutöiden ja muun aluerakentamisen päästöjä voidaan hillitä hyödyntämällä purkujätettä paikan päällä. Esimerkiksi betonimursketta voidaan hyödyntää maarakentamiseen, jolloin materiaalien kuljetuksen ja neitseellisten materiaalien tarve vähenee. Tehokainta on, kun vältetään materiaalien kuljetukselta, mutta kaikkea purkumateriaalia ei aina voida hyödyntää kohteessa. Näissä tapauksissa voidaan tarkastella mahdollisuutta välivarastointiin ja sijoitukseen muihin alueen hankkeisiin.

Neitseellisten kiviainesten käyttöä voidaan vähentää korvaamalla niitä maarakentamiseen soveltuvilla uusiomateriaaleilla, joita syntyy Suomessa kymmeniä miljoonia tonneja. Uusiomateriaaleja syntyy ylijäämämaasta, vanhojen maarakenteiden materiaaleista sekä teollisuuden sivuvirroista ja jätteistä. Uusiomateriaalien käytöllä voidaan edistää materiaalitehokkuutta ja mahdollisesti vähentää syntyviä päästöjä, jos kuljetusmatkat ovat kohtuulliset. Vantaan Ankkapuiston rakentamisessa saavutettiin merkittävät kustannus- ja päästövähennykset, kun tavanomaisen rakentamisen sijaan neitseellisiä materiaaleja korvattiin uusiomateriaaleilla. Uusiomateriaaleja on voitu hyödyntää laajasti erityyppisissä hankkeissa, kuten tierakentamisessa, meluvalleissa, puistojen kasvualustoina ja maarakentamisessa. Ympäristöministeriön toteuttama ja Motivan ylläpitämä Materiaalitori on paikka, jossa organisaatiot ja yritykset voivat tutustua mahdollisuuteen hyödyntää uusiomateriaaleja. (UUMA4 2021)

Taulukoissa 14 ja 15 on esitetty Skanssikadun päästövähennysmahdollisuuksia useamman vaihtoehtoisen toimenpiteen osalta. Jos kaikki kolme toimenpidettä suoritettaisiin yhtäaikaaisesti, on hankkeen kokonaispäästövähennyksen sekä kustannussäästöjen arvioitu olevan 10 % (Dettenborn ym. 2018). Infra-hankkeiden päästöt ovat yleensä suuria, joten tämän suuruisten päästövähennysten saavuttaminen yksittäisissä hankkeissa voi vaikuttaa paljon vuosittain hankintayksikön hankintojen vuotuisiin päästöihin.

3.2.3 Rakennusten ja alueiden rakentamis- ja kunnossapitopalvelut

Vuonna 2017 työmaatoimintojen arvioitiin tuottavan 5 % rakennetun ympäristön kokonaishiilijalanjäljestä (Raivio ym. 2020). Oslolla tehdyn arvion mukaan liikenteen päästöistä noin 25 % syntyy rakennustyömaiden seurauksena. Päästöttömät rakennustyömaat -konseptilla on pyritty tukemaan kaupungin strategiaa kasvihuonekaasupäästöjen leikkaamisen suhteen. Päästöttömien ja fossiilittomien työmaiden konsepti on rantautunut myös Suomeen (Keino 2018a). Suomessa päästöttömiä ja fossiilittomia työmaita on jo pilotoitu päästöttömien työmaiden -green deal sopimukseen⁴ sitoutuneissa kunnissa. Päästöttömissä ja fossiilittomissa työmaissa erityisesti työkoneteiden päästöt korostuvat. Työkoneteita on

⁴ <https://sitoumus2050.fi/paastotontyomaa/>

tarkasteltu tarkemmin luvussa 3.5.1. Rakennusten ja alueiden rakentamis- ja kunnossapitopalveluita koskeva aineisto on koottu taulukkoon 16.

Taulukko 16. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto rakennusten ja alueiden rakentamis- ja kunnossapitopalveluiden vähähiilisyyspotentiaalin arvioimiseksi.

Toimenpide	Päästö- vähenemä	Kommentit	Lähde
Fossiiliton työmaa	90 %	Esitetty arvo kuvaa fossiilitoman työmaapalvelun potentiaalia vähentää päästöjä tavanomaiseen työmaahan nähden. Fossiilitoman työmaan vaikutus hankkeeseen vaihtelee hanketyypistä riippuen. Arvio fossiilitoman työmaan päästövähennyksestä perustuu tapaukseen, jossa työko- neiden polttoaineet olivat fossiilitomista lähteistä ja osa koneista sähköistettyjä. Muut työmaan toiminnot oli oletettu päästöttömiksi.	(Nylund ym. 2016, 14)
Päästötön työmaa	100 %	Esitetty arvo kuvaa päästöttömän työmaapalvelun potentiaalia vähentää päästöjä tavanomaiseen työmaahan nähden. Päästöttömän työmaan vaikutus hankkeeseen vaihtelee hanketyypistä riippuen.	(Tuusjärvi 2021, 11)

Kuten Nylund ym. (2016, 14) tuottama aineisto osoittaa, rakentamisvaiheessa syntyviin päästöihin voidaan vaikuttaa työmaatoiminnoilla. Työmaakoneiden pitkän käyttöiän vuoksi uusien koneiden päästöjä koskevat lainsäädännöt vaikuttavat hitaasti. Päästöttömät työmaat -green deal sopimuksella on pyritty vaikuttamaan julkisten hankintojen päästöihin ja tukemaan keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikassa suunniteltuja päästövähennystavoitteita. Työkoneiden osalta Suomessa on sovellettu Oslon käytettyä päästöttömien työmaiden konseptia (Keino 2018a). Suomessa päästötöntä ja fossiilitonta työmaata on pilotoitu useammassa kohteessa.

3.3 Matkustaminen ja kuljetukset

Vuonna 2020 kotimaan liikenteen päästöistä 50 % aiheutui henkilöautoista, 31 % kuorma-autoista, 8 % pakettiautoista, 4 % linja-autoista ja loput 7 % moottoripyöristä, lennoista ja rautatieliikenteestä (Traficom 2021). Työmatkat tuottavat suuren osan kotimaan liikenteen päästöistä. Julkisilla hankinnoilla voidaan vaikuttaa liikenteen seurauksena syntyviin päästöihin matkustamiseen ja kuljetukseen liittyvien hankintojen kautta. HILMI-hankkeen (Kalimo ym. 2021, 22) tulosten mukaan julkisten hankintojen kokonaispäästöistä noin 11 % muodostuu matkustamisen ja kuljetusten päästöistä. Suurin osa näistä päästöistä (62 %) aiheutuu matkustus- ja kuljetuspalveluista ja kilometrikorvauksista. Kuljetusvälinehankintojen päästöt sen sijaan eivät erityisesti nousseet esiin. Poltto- ja voiteluaineiden hankinnan päästöt puolestaan ovat lähes kymmenkertaiset verrattuna kuljetusvälinehankintoihin ja aiheuttavat 32 % matkustamisen ja kuljetuksien kokonaispäästöistä.

3.3.1 Kuljetusvälineet

Matkustus- ja kuljetusvälineiden hankintojen päästöt koostuvat pääosin kuljetuksen aikaisista päästöistä ja kaluston valmistuksen päästöistä. Koska poltto- ja voiteluainehankinnat määräytyvät kalustohankintojen kautta, on näitä kahta osa-aluetta järkevämpi tarkastella kokonaisuutena kuin erikseen, vaikka polttoainehankinnat kuuluvatkin eri hankintakategoriaan. Kalustohankintojen ja sitä myötä myös poltto- ja voiteluaineiden hankintojen vähähiilisyyspotentiaalia arvioidaan matkustus- ja kuljetusvälineiden koko elinkaaren näkökulmasta. Taulukkoon 17 on koottu avoimista lähteistä materiaalia, joilla erilaisten toisiaan korvaavien matkustus- ja kuljetusvälineiden vähähiilisyyspotentiaalia voidaan arvioida.

Taulukko 17. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto matkustus- ja kuljetusvälineiden vähähiilisyyspotentiaalnin arvioimiseksi.

Tarkasteltu tapaus	Päästö- vähenemä	Kommentit	Lähde
Henkilöauto (maakaasu)	9 %	Referenssi matkustus- tai kuljetusväline: diesel/bensiinikäyttöinen ajoneuvo	(Bieker 2021, 16-24)
Henkilöauto (verkkosähkö)	69 %	Referenssi matkustus- tai kuljetusväline: diesel/bensiinikäyttöinen ajoneuvo	(Bieker 2021, 16-24)
Henkilöauto (uusiutuva sähkö)	84 %	Referenssi matkustus- tai kuljetusväline: diesel/bensiinikäyttöinen ajoneuvo	(Bieker 2021, 16-24)
Henkilöauto (hybridi)	26 %	Referenssi matkustus- tai kuljetusväline: diesel/bensiinikäyttöinen ajoneuvo	(Bieker 2021, 16-24)
Henkilöauto (polttokeino, maakaasusta valmistettu vety)	27 %	Referenssi matkustus- tai kuljetusväline: diesel/bensiinikäyttöinen ajoneuvo	(Bieker 2021, 16-24)
Henkilöauto (polttokeino, uusiutuvista lähteistä valmistettu vety)	76 %	Referenssi matkustus- tai kuljetusväline: diesel/bensiinikäyttöinen ajoneuvo	(Bieker 2021, 16-24)
Linja-auto (biokaasu)	63–75 %	Vertailutasona on dieselikäyttöinen linja-auto.	(Lyng ym. 2019, 4-6)
Linja-auto (maakaasu)	23 %	Vertailutasona on dieselikäyttöinen linja-auto.	(Lyng ym. 2019, 4-6)
Linja-auto (fossiilinen sähkö)	1 %	Vertailutasona on dieselikäyttöinen linja-auto.	(Lyng ym. 2019, 4-6)
Linja-auto (uusiutuva sähkö)	90 %	Vertailutasona on dieselikäyttöinen linja-auto.	(Lyng ym. 2019, 4-6)
Linja-auto (biodiesel)	18–69 %	Vertailutasona on dieselikäyttöinen linja-auto.	(Lyng ym. 2019, 4-6)
Linja-autoliikenteen sähköistäminen Helsingissä, verkkosähkö	3,3 %	Kaikista 1244 dieselikäyttöisestä linja-autosta 47 korvataan sähköbusseilla.	(Alhola ym. 2020)
Linja-autoliikenteen sähköistäminen Helsingissä, vihreäsähkö	3,8 %	Kaikista 1244 dieselikäyttöisestä linja-autosta 47 korvataan sähköbusseilla.	(Alhola ym. 2020)
Rekka (maakaasu)	24 %	Vertailutasona on dieselikäyttöinen rekka	(Rose ym. 2013, 457)
LBG ¹ (rekka)	90 %	Vertailutasona on dieselikäyttöinen rekka	(Posti 2020)
LNG ² (rekka)	20 %	Vertailutasona on dieselikäyttöinen rekka	(Posti 2020)

¹ LBG tarkoittaa nesteytettyä biokaasua. ² LNG tarkoittaa nesteytettyä maakaasua.

Taulukko 17: Matkustus- ja kuljetusvälineiden päästöjä on tarkasteltu lähinnä elinkaaren näkökulmasta. Esitetyt arvot kuvaavat päästövähennemää verrattuun tasoon nähden. Kunkin tapauksen vertailukohde on ilmoitettu taulukon kommentteissa. Henkilöautoja koskevassa tutkimuksessa vertailtiin eri kokoisten henkilöautojen elinkaaren aikaisia kasvihuonekaasupäästöjä toisiinsa, eivätkä tulokset poikenneet erityisesti toisistaan, joten esitetty arvo on annettu keskikokoisen ajoneuvon osalta. Linja-autojen vertailu on suoritettu EURO 6-luokituksen linja-autoille. Helsingin linja-autoliikenteen sähköistämisen tulokset on esitetty koko kalustoon nähden elinkaarivertailun sijaan.

Matkustus- ja kuljetusvälinehankinnoissa on tärkeää tarkastella valmistuksen vähähiilisyyden sijaan koko kuljetusvälineen elinkaaren päästöjä. Bieker (2021) esittää tutkimuksessaan, että tarkasteltaessa ainoastaan kuljetusvälineiden valmistusta eli kuljetusvälineen hankinnan päästöjä, bensiini, diesel ja kaasuautot ovat vähäpäästöisimpiä (taulukko 17). Sähkö- ja hybridautojen akkujen valmistamisen päästöt nostavat kuljetusvälineiden valmistamisen päästöjä polttomoottoriautoihin nähden korkeammiksi. Toisenlaisia tuloksia saadaan, kun eri käyttövoimien ajoneuvoja tarkastellaan elinkaarinäkökulmasta. Tällöin suurin vähähiilisyyspotentiaali on sähköautoilla, jotka ladataan uusiutuvista lähteistä tuotetulla sähköllä. Myös keskimääräisellä verkkovirralla ladattavilla sähköautoilla on erittäin suuri vähähiilisyyspotentiaali tavanomaiseen bensiini- tai dieselautoon verrattuna. Kun uusiutuvan sähkön osuus kasvaa

sähkötuotannossa, myös sähkö- ja hybridi-autojen vähähiilisyyspotentiaalin voidaan olettaa kasvavan. Sähkökäyttöisten kuljetusvälineiden akkujen valmistuksen tuottamat lisäpäästöt tasoittuvat jo ensimmäisten käyttövuosien aikana käyttövoiman tuottamien hyötyjen vuoksi. Polttokennoautojen vähähiilisyyspotentiaali on myös huomattava ja jopa suurempi kuin sähköautojen, mutta Suomessa ei ole vielä niille soveltuvia tankkausasemia. Kuten taulukossa 17 on esitetty, kaasuautoilla on myös pieni vähähiilisyyspotentiaali. Kaasuautojen vähähiilisyyspotentiaalin suuruus riippuu tankattavan kaasun tuotantotavasta, aivan kuten sähköautoilla. Kaasuautoihin on saatavilla uusiutuvista luonnonvaroista tuotettua bio-kaasua sekä fossiilista maakaasua, jotka ovat kemialliselta koostumukseltaan lähes samankaltaiset.

Lyng ym. (2019) vertaili linja-autojen elinkaarenaikaisia päästöjä eri käyttövoimien välillä. Suurin potentiaali linja-autojen hankinnassa on sähköiset linja-autot, joilla voidaan yltää jopa 90 % vähähiilisyyspotentiaaliin verrattuna dieselkäyttöiseen linja-autoon. Myös kaasu- ja biodieselkäyttöisten linja-autojen vähähiilisyyspotentiaali on merkittävä. Linja-autojen, joiden käyttövoima on kaasu vähähiilisyyspotentiaali voi yltää 75 %:iin. Biodieselillä kulkevien linja-autojen vähähiilisyyspotentiaali on lähteen mukaan parhaimmillaan lähes 70 %. Helsingin seudun liikenteen kalustosta tehdyn arvion mukaan linja-autoliikenteen päästöjä voitaisiin vähentää lähes 4 % korvaamalla noin 4 % dieselkäyttöisistä linja-autoista sähkölinja-autoilla (Alhola ym. 2020).

Raskaan kuljetuskaluston osalta kaasurekkojen määrä on ollut kasvussa. Kaasukäyttöisten rekkojen kuljetussuoritteiden päästöihin vaikuttaa ajoneuvoon soveltuva ja käytettävä kaasutyyppi. Taulukossa 17 esitetty maakaasukäyttöisen rekan päästövähennä tavanomaiseen dieselrekkaan verrattuna on lähes neljänneksen suuruinen. Biokaasulla päästövähennä on tätäkin suurempi, sillä sen laskennallisten päästöjen oletetaan olevan nolla, kuten myös muilla uusiutuvilla polttoaineilla.

3.3.2 Matkustus- ja kuljetuspalvelut

Matkustus- ja kuljetuspalveluiden vähähiilisyyspotentiaali piilee käyttötappamutoksissa sekä palveluntarjoajien kaluston käyttövoimissa. Matkustus- ja kuljetuspalveluiden osalta voidaan tarkastella suoraan käytönaikaisia päästöjä kuljetussuoritteiden osalta, sillä kalusto ei sisälly hankintaan. Käyttövoimien vähähiilisyyspotentiaalia voidaan hyödyntää tilanteissa, joissa on valittavissa useampi samaa palvelua tarjoava palveluntarjoaja, mutta kaluston käyttövoimat poikkeavat toisistaan.

Matkustus- ja kuljetuspalveluiden vähähiilisyyspotentiaalia voidaan tarkastella myös käyttötappamutoksien osalta, eli valitsemalla vähähiilisempi matkustus- tai kuljetusmuoto. Nopeammat ilmasto-vaikutukset saavutetaan siirtymällä kohti vähäpäästöisiä tai päästöttömiä käyttövoimia sekä panostamalla vähäpäästöisempään kalustoon. Hitaammin ilmastoon vaikuttava keino on lisätä joukkoliikenteen kulkutapaosuutta houkuttelemalla yksityisautoilijoita käyttämään joukkoliikennettä. Taulukoihin 18, 19 ja 20 on koottu avoimista kirjallisuuslähteistä vertailevaa tietoa päästöistä eri käyttövoimien sekä matkustus- ja kuljetustapavalintojen vähähiilisyyspotentiaalin arvioimiseksi.

Taulukko 18. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto matkustuspalveluiden vähähiilisyyspotentiaalin arvioimiseksi. Arvio perustuu liikennevälineen polttoaineesta syntyviin ja sen käyttämän sähkötuotannossa syntyviin päästöihin matkustajakilometriä kohden.

Tarkasteltu tapaus	Päästövähenemä	Kommentit	Lähde
Matka henkilöautolla (uusiutuva sähkö)	100 %	Vertailutasona esitetulle arvolle voidaan pitää mitä tahansa päästöjä tuottavaa liikkumismuotoa.	(Institute for sensible transport 2018, 85)
Matka henkilöautolla (fossiilinen sähkö)	14 %	Vertailutasoksi on valikoitu tavanomainen fossiilisilla polttoaineilla kulkeva ajoneuvo.	(Institute for sensible transport 2018, 85)
Matka biodieselillä käytävällä ajoneuvolla	80–90 %	Vertailutasona on fossiilisella dieselillä kulkeva ajoneuvo	(Valtonen 2020)

Tarkasteltu tapaus	Päästö- vähenemä	Kommentit	Lähde
Matka junalla (uusiutuva sähkö)	100 %	Vertailutasona esitetulle arvolle voidaan pitää mitä tahansa päästöjä tuottavaa liikkumismuotoa.	(Jääskeläinen 2015)
Matka metrolla (uusiutuva sähkö)	100 %	Vertailutasona esitetulle arvolle voidaan pitää mitä tahansa päästöjä tuottavaa liikkumismuotoa.	(Jääskeläinen 2015)
Matka raitiovaunulla (uusiutuva sähkö)	100 %	Vertailutasona esitetulle arvolle voidaan pitää mitä tahansa päästöjä tuottavaa liikkumismuotoa.	(Jääskeläinen 2015)
Matka henkilöautolla	24 %	Vertailutasona esitetulle arvolle on lentäminen	(Jääskeläinen 2015)
Matka henkilöautolla	51 %	Vertailutasona esitetulle arvolle on laivamatka	(Jääskeläinen 2015)
Matka linja-autolla	55 %	Vertailutasona esitetulle arvolle on matka henkilöautolla	(Jääskeläinen 2015)
Matka linja-autolla	65 %	Vertailutasona esitetulle arvolle on matka lentämällä	(Jääskeläinen 2015)
Matka linja-autolla	77 %	Vertailutasona esitetulle arvolle on matka laivalla	(Jääskeläinen 2015)
Matka lentäen	35 %	Vertailutasona esitetulle arvolle on matka laivalla	(Jääskeläinen 2015)

¹ LNG tarkoittaa nesteytettyä maakaasua.

Taulukko 18: Päästövähennykset on esitetty matkustajakilometriä kohden, eikä matkustusvälineen valmistamisen päästöt ole tällöin huomioitu. Matkustussuoritteiden päästöt perustuvat polttoaineista ja sähköntuotannosta syntyviin päästöihin. Juna-, metro- ja raitiovaunuliikenteessä syntyvät päästöt on oletettu nolaksi huomioiden liikenteessä syntyvät päästöt ja sähkön tuotannon päästöt. Arvo vaihtelee sähköntuotantomuotojen mukaan huomattavasti. Vertailu on tehty matkustuspalveluiden käytön vähähiilisyyspotentiaalin tunnistamiseksi. Matkustamisen päästövähennykset koskevat tiettyä vertailutasoa, joka on esitetty taulukon kommentissa kunkin tapauksen kohdalla erikseen.

Valtosen (2020) tutkimukseen perustuva arvo kuvaa tilannetta, jossa 100 % fossiilinen diesel korvataan biodiesellillä. Biodiesel soveltuu dieselmääräisiin kuljetusvälineisiin sellaisenaan, eikä se vaadi muutoksia kalustoon. Arvo perustuu käytettyjen polttoaineiden elinkaaren aikaisiin päästöihin. Lahden seudun joukkoliikenneviranomaisen (LSL) vaatii liikennöintisopimuksissa biodieselin käyttöä linja- autojen polttoaineena. Biodieselin kustannukset ovat tavanomaista dieseliä ~ 10 % kalliimmat.

Työmatkojen kokonaisvähähiilisyyspotentiaaliksi on arvioitu 29 %. Joukkoliikenteen osuus potentiaalista on 9 %, kevyen liikenteen 4 % ja kimpakkyytien 3 %. Arvioon sisältyy myös taloudellinen ajotapa, joka vastaa kuudesta prosentista arvioidusta vähähiilisyyspotentiaalista. Myös etätyöskentelyn mahdollisuudet otettiin huomioon kyselytutkimuksessa ja näiden arvellaan mahdollistavan 7 % päästövähennykset. (Mobinet Oy 2022)

Suurin matkustamisen vähähiilisyyspotentiaali piilee käyttötapamuutoksissa, kuten etätyöskentelyssä, kävelyssä, pyöräilyssä sekä muilla moottorittomilla kulkuvälineillä liikkumisessa. Näiden käyttötapamuutoksien vähähiilisyyspotentiaalin voidaan olettaa olevan 100 % verrattuna mihin tahansa liikkumisen muotoon, josta aiheutuu päästöjä. Kimpakkyytien vähähiilisyyspotentiaali on huomattava, jos sillä vähennetään moottoriajoneuvojen määrää liikenteessä, kasvattamatta matkan pituutta merkittävästi. Kulkumuodon aiheuttamat päästöt jakautuvat tällöin matkustajamäärän mukaan. Hankintojen näkökulmasta kimpakkyytejä ei voida kuitenkaan aina pitää vähähiilisyystoimenpiteenä, sillä joissain tapauksissa kimpakkyytien seurauksena voi aiheutua jopa enemmän päästöjä, vaikka yksittäisen matkustussuoritteiden päästöt henkilökilometriä kohden pienenisivät. Esimerkiksi tapauksessa, jossa kimpakkyydeillä houkutellaan kevyen liikenteen kulkijoita tai julkisen liikenteen käyttäjiä henkilöautomatkustamisen pariin. Vaikka henkilöautolla tuotetut päästöt jakautuvat tällöin matkustajien kesken, kokonaispäästöt eivät pienene vaan allokoituvat eri kuljetusmuodoille. Kimpakkyydit voivat aiheuttaa päästöjen kasvun, jos kevyen- tai julkisen liikenteen joukosta houkuteltujen käyttötapamuutosten seurauksena henkilöautolla kuljettu matka kasvaa tarvittavien reittimuutoksien vuoksi.

Käyttötapamuutosten lisäksi uusiutuvaa sähköä käyttävissä matkustustavoissa on teoriassa saavutettavissa samansuuruinen vähähiilisyyspotentiaali, eli 100 %. Tällaisia vaihtoehtoja Suomessa on henkilöautojen lisäksi esimerkiksi junat, metrot, raitiovaunut ja jotkin linja-autot. VR:n (2022) mukaan 95 % junaliikenteestä kulkee uusiutuvalla sähköllä ja loppujen 5 prosentin osalta syntyvät päästöt on kompensoitu⁵. Sadan prosentin päästövähennemä edellä mainituilla kulkemismuodoilla pitäisi siten sekä muihin päästöjä tuottaviin matkustuspalveluihin verrattuna että muihin käyttövoimiin ja verkkosähköön verrattuna.

Uusiutuvaa sähköä käyttävien matkustusmuotojen lisäksi on vielä useita tapoja, joilla päästöjä voidaan alentaa. Linja-autolla kulkeminen on selkeästi vähähiilisempää kuin matka tavanomaisella henkilöautolla, laivalla tai lentäen. Linja-auton vähähiilisyyspotentiaali ulottuu jopa 77 % laivamatkustamiseen verrattuna ja henkilöautoon verraten matkan päästövähennemä on 55 %. Linja-autoilun vähähiilisyyspotentiaali ei rajoitu pelkästään sen mahdollistamaan suureen kapasiteettiin, vaan päästöjä voidaan painaa alas vielä käyttövoimien avulla. Esimerkiksi biodieselillä on mahdollista saavuttaa vielä 80–90 prosentin päästövähennemä matkustajakilometriä kohden.

Teoreettisesti henkilöautolla voidaan myös saavuttaa päästövähennyksiä, kun sillä korvataan lento- tai laivamatkustamista. Koska vertailu on tehty matkustajakilometriä kohden, ei näitä kulkumuotoja ole erityisen hyödyllistä verrata toisiinsa. Lento- ja laivaliikenteen reittimahdollisuudet poikkeavat reilusti tieliikenteen mahdollisuuksista eikä matkan pituudet ole verrattavissa. Matkustustapavaihtoehtojen vaikuttaessa runsaasti reitin pituuteen voi matkustajakilometriä kohden esitetty vähähiilisyyspotentiaali johtaa harhaan. Laiva- ja lentoliikenne voivat osoittautua vähäpäästöisemmiksi vaihtoehtoiksi myös silloin, kun suoritteen pituus lyhenee merkittävästi reittimahdollisuuksien vuoksi. Kotimaan matkustamisen suhteen vertailusta voi kuitenkin olla apua. Henkilöautoja koskevien matkustuspalveluiden todellinen vähähiilisyyspotentiaali piilee niiden käyttövoimissa, kuten uusiutuvassa sähkössä, biodieselissä ja biokaasussa. Käyttötapamuutoksien osalta vähähiilisyyspotentiaalın arviointi on aina tapauskohtaista. Esitettyjen käyttötapamuutosten vähähiilisyyspotentiaalia arvioitaessa ei ole otettu huomioon, kuinka suurissa määrin käyttötapamuutoksia on mahdollista tehdä ilman, että matkustajalle tai kuljetuksen suorittamiselle aiheutuu tarpeetonta haittaa.

Taulukko 19. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto tieliikenteen kuljetuspalveluiden vähähiilisyyspotentiaalın arvioimiseksi. Arvio perustuu liikennevälineen polttoaineesta syntyviin ja sen käyttämän sähköän tuotannossa syntyviin päästöihin kuljetussuoritetta kohden.

Tarkasteltu tapaus	Päästövähennemä	Kommentit	Lähde
Kuljetus suurella konttialuksella	63 %	Vertailutasona esitetulle arvolle on kuljetus yleisrahtialuksella	(IMO 2009, 131)
Kuljetus suurella konttialuksella	80 %	Vertailutasona esitetulle arvolle on kuljetus rautateitse (dieselveturi)	(IMO 2009, 131)
Kuljetus suurella konttialuksella	96 %	Vertailutasona esitetulle arvolle on kuljetus rekalla	(IMO 2009, 131)
Kuljetus suurella konttialuksella	99 %	Vertailutasona esitetulle arvolle on kuljetus lentorahdilla	(IMO 2009, 131)
Kuljetus yleisrahtialuksella	47 %	Vertailutasona esitetulle arvolle on kuljetus rautateitse (dieselveturi)	(IMO 2009, 131)
Kuljetus yleisrahtialuksella	90 %	Vertailutasona esitetulle arvolle on kuljetus rekalla	(IMO 2009, 131)
Kuljetus yleisrahtialuksella	98 %	Vertailutasona esitetulle arvolle on kuljetus lentorahdilla	(IMO 2009, 131)

⁵ Päästökompensaatiot eivät ole päästöjen vähentämismenetelmä ja niihin suhtaudutaan tässä raportissa kriittisesti, mutta pienen osuuden vuoksi VR:n käyttämää kompensatiota ei lähdetty tässä työssä tarkemmin selvittämään.

Tarkasteltu tapaus	Päästö- vähenemä	Kommentit	Lähde
Kuljetus rautateitse (dieselveturi)	81 %	Vertailutasona esitetulle arvolle on kuljetus rekalla	(IMO 2009, 131)
Kuljetus rautateitse (dieselveturi)	97 %	Vertailutasona esitetulle arvolle on kuljetus lentorahdilla	(IMO 2009, 131)
Kuljetus rekalla	82 %	Vertailutasona esitetulle arvolle on kuljetus lentorahdilla	(IMO 2009, 131)
Taloudellisen ajon koulutukset	5–10 %	Esitetty arvo perustuu suoranaisesti polttoainesäästöihin. Polttoainekulutus väheni 10–20 %, mutta pysyvien vaikutusten arvellaan olevan 5–10 %.	(Motiva 2019, 10)

Taulukko 19: Tie- ja rautatieliikenteen vaihtoehtojen osalta esitetyt arvot kuvaavat mahdollisuutta vähentää CO₂-päästöjä kuljetustapavalintojen avulla. Rahtiliikennettä tarkastellessa on tärkeää ottaa huomioon, että päästövertailut on tehty kuljetussuoritteiden mukaan. Päästövähennykset perustuvat kuljetusmuotojen väliseen vertailuun. Verrattu kuljetusmuoto on esitetty kommentteissa.

Tieliikenteen osalta myös kuljettajat voivat vaikuttaa polttoaineen kulutukseen ajotavoillaan. Taloudellisen ajon koulutuksen tutkimustulokset ovat osoittaneet, että koulutuksella voidaan vähentää ajosuoritteen aikana kuluvaa polttoaineen määrää hetkellisesti jopa 10–20 %. Taloudellisen ajon koulutuksen pysyvien vaikutusten arvellaan olevan noin 5–10 %. Taloudellisen ajon toteumaa pystytään seuraamaan seurantajärjestelmien avulla. (Motiva 2019, 10.) Pysyvät polttoainesäästöt voidaan rinnastaa taloudellisen koulutuksen vähähiilisyyspotentiaaliksi.

VR:n (2022) mukaan rautatiekuljetukset ovat maakuljetuksista vähäpäästöisimpiä, etenkin kun Suomen rautatieliikenne on suurelta osin sähköistetty ja käyttää uusiutuvaa sähköä. Tällöin kuljetuksista aiheutuvia päästöjä syntyy laskennallisesti 100 % vähemmän kuin mistä tahansa muusta kuljetusmuodosta, jossa polttoaineen tai sähkön päästökerroin ei ole nolla. Matkustamisen ja kuljetusten vähähiilisyyspotentiaali vaihtelee suuresti paikkakunnasta ja sen infrastruktuurista riippuen. On selvää, että matkustus- ja kuljetuspalveluihin liittyviä toimia on helpompi toteuttaa kustannustehokkaasti suuremmilla paikkakunnilla, missä etäisyydet ovat lyhyempiä. Väylävirasto (2020) on esittänyt IEAn (The International Energy Agency) tuottamia tuloksia radanrakentamisen ja rautatiekuljetusten potentiaalista vähentää kuljetusten päästöjä. Kaikissa kolmessa skenaariossa rautatien rakentamisen ja rautatiekuljetuksiin siirtymällä voitiin alentaa syntyvien päästöjen määrää alle 24 vuoden kompensatioajalla. Kahden skenaarion mukaan rautatien rakentamisen ja rautatiekuljetuksiin siirtymisen päästöt olisi kompensoitu 2–4 vuoden aikana.

Laivakuljetuksien suuri vähähiilisyyspotentiaali verrattuna lentorahtiin ja kuorma-autoihin perustuu suureen kuljetuskapasiteettiin. Laivakuljetuksen päästöt ovat kuorma-autokuljetuksiin verrattuna jopa 90–98 % alhaisemmat ja lentorahtiin verrattuna 98–99 % alhaisemmat. Laivakuljetuksen vähähiilisyyspotentiaaliin vaikuttaa laivan koko ja käyttövoima. (IMO 2009, 131.) Kuljetustapamuutoksien lisäksi laivakuljetuksien päästöjä voidaan vielä alentaa, kun raskaan polttoöljyn sijaan käyttövoimana käytetään nestemäistä maakaasua (LNG) tai biokaasua (LBG) (taulukko 20). Pavlenko (2020, 12) on esittänyt, että LNG:n avulla laivoissa on saavutettavissa jopa 25 % päästövähennyksiä saman tehon tuottamiseen kuin tavanomaisilla polttoaineilla. Päästövähennyksiä jää hieman pienemmälle tasolle, kun huomioidaan metahane slip-ilmiö, eli moottorin läpi virtaava palamaton metaani (Pavlenko ym. 2020).

Lentorahdin vähähiilisyyspotentiaalia on vaikea arvioida, muuten kuin polttoaineiden osalta. Uudenlaisia polttoaineita ja käyttövoimia kehitetään jatkuvasti, ja näiden vähähiilisyyspotentiaaliin vaikuttaa se, miten kehitystyö etenee. Tällä hetkellä lentorahdin ja -liikenteen vaikutusmahdollisuudet päästöihin ovat maltilliset. Useammat lentoyhtiöt tarjoavatkin mahdollisuutta kompensoida päästöt, mutta tämä ei ole varsinainen vähähiilisyyspotentiaaliksi rinnastettava tai arvioitava keino.

Taulukko 20. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto laivaliikenteen kuljetuspalveluiden vähähiilisyyspotentiaalin arvioimiseksi.

Tarkasteltu tapaus	Päästö- vähenemä	Kommentit	Lähde
LNG ¹ -laiva kaksitahtimoottori, hidaskulkuinen (HPDF)	20 %	Vertailutasoksi valittiin raskaalla polttoöljyllä kulkeva laiva	(Pavlenko ym. 2020, 12)
LNG-laiva kaksitahtimoottori, hidaskulkuinen (LPDF)	14 %	Vertailutasoksi valittiin raskaalla polttoöljyllä kulkeva laiva	(Pavlenko ym. 2020, 12)
LNG-laiva nelitahtimoottori, keskivauhtinen (LPDF)	-2 %	Vertailutasoksi valittiin raskaalla polttoöljyllä kulkeva laiva. Huomaa, että tapauksessa päästöt kasvavat.	(Pavlenko ym. 2020, 12)

Taulukko 20: Esitetyt arvot perustuvat ICCT:n tuoreeseen tutkimukseen laivaliikenteen polttoaineiden elinkaaren päästöistä 100 vuoden tarkastelujaksolla. Vertailutaso on esitetty taulukon kommentissa. LNG:n CO₂-päästöjen on tutkittu olevan ~ 25 % vähäisemmät kuin perinteisten polttoaineiden tuottaakseen saman tehon. Kuitenkin methane slip-ilmilön vuoksi se sitoo 86 kertaa enemmän lämpöä ilmakehään kuin CO₂ jo 25 vuoden aikana. Methane slip-ilmio on huomioitu osana arviointia.

3.4 Elintarvikkeet ja ravitsemuspalvelut

Elintarvikkeiden sekä ravitsemus- ja majoituspalveluiden osuus julkisten hankintojen hiilijalanjäljestä on noin 7 %. Suurin osa ruoantuotannon päästöistä syntyvät jo alkutuotannon aikaisista prosesseista, joihin hankinnoilla ei voida vaikuttaa muuten kuin käyttötappamutoksilla. Ruokahävikin minimoinnilla, raaka-aineiden käytön tehokkuudella ja elintarvikevalinnoilla voidaan vaikuttaa ruokaketjun ympäristövaikutuksiin. Elintarvikkeiden ja ravitsemuspalveluiden vähähiilisyyspotentiaalia on arvioitu ruokatappamutoksien ja muiden tunnettujen käytäntöjen avulla, jotka ovat merkittävässä asemassa hankintatuoteryhmän päästöjen vähentämisessä. Taulukkoihin 21 ja 22 on kerätty useista lähteistä arviointia elintarvikkeiden ja ravitsemuspalveluiden vähähiilisyyspotentiaalin arvioimiseksi. Kotimaisten tuotteiden ja ulkomaisten tuotteiden välistä vähähiilisyyspotentiaalia ei ole huomioitu, sillä niiden arviointi yleisellä tasolla ei ole mahdollista, ja vaatisi yksityiskohtaista tietoa eri tuotteista. Siksi myöskään yksittäisten elintarvikkeiden osalta vähähiilisyyspotentiaalia ei ole voitu arvioida.

Taulukko 21. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto ravitsemuspalveluiden vähähiilisyyspotentiaalin arvioimiseksi.

Toimenpide	Päästö- vähenemä	Kommentit	Lähde
Toinen kasvisruokapäivä viikossa ja ruokahävikin puolittaminen	25 %	Kiihdyttämö -hanke Turun ruokapalveluiden hiilijalanjäljen pienentäminen.	(Lounasheimo ym. 2019)
Yksi kasvisruokapäivä viikossa	14 %	Lähtötilanteessa 5 % palvelun käyttäjistä syö kasvisruokaa jokaisena päivänä.	Hiilijalanjätkilaskentatyökalu ⁶
Kaksi kasvisruokapäivää viikossa	29 %	Lähtötilanteessa 5 % palvelun käyttäjistä syö kasvisruokaa jokaisena päivänä.	Hiilijalanjätkilaskentatyökalu ⁶
Kolme kasvisruokapäivää viikossa	43 %	Lähtötilanteessa 5 % palvelun käyttäjistä syö kasvisruokaa jokaisena päivänä.	Hiilijalanjätkilaskentatyökalu ⁶
Neljä kasvisruokapäivää viikossa	58 %	Lähtötilanteessa 5 % palvelun käyttäjistä syö kasvisruokaa jokaisena päivänä.	Hiilijalanjätkilaskentatyökalu ⁶
Viisi kasvisruokapäivää viikossa	72 %	Lähtötilanteessa 5 % palvelun käyttäjistä syö kasvisruokaa jokaisena päivänä.	Hiilijalanjätkilaskentatyökalu ⁶
Liha puoleen-ruokavalio	13 %	Lähtötasona tavanomainen lihapitoinen ruokavalio	(Saarinen 2019, 20)

⁶ Turun ruokapalveluiden hiilijalanjätkilaskentatyökalu, ladattavissa: https://www.turku.fi/uutinen/2019-09-06_koulu-ja-paivakotiruokailun-hiilidioksidipaastoja-voidaan-vahentaa-merkittavasti [viitattu 8.4.2022].

Toimenpide	Päästö- vähenemä	Kommentit	Lähde
Liha kolmasosaan- ruokavalio	20 %	Lähtötasona tavanomainen lihapitoinen ruokavalio	(Saarinen 2019, 20)
Kalaisa ruokavalio	30 %	Lähtötasona tavanomainen lihapitoinen ruokavalio	(Saarinen 2019, 20)
Vegaani ruokavalio	37 %	Lähtötasona tavanomainen lihapitoinen ruokavalio	(Saarinen 2019, 20)

Taulukko 21: Kiihdyttämö -hankkeessa (Alhola ym. 2019) tarkasteltiin Turun ruokapalveluiden hiilijalanjälkeä ja sen pienentämismahdollisuutta. Esitetty arvo kuvaa yhden kasvisruokapäivän lisäämistä tarjontaan viikossa. Lähtötilanne vaikuttaa päästövähennykseen. Turun ruokapalveluiden lähtötilanteessa oli jo yksi kasvisruokapäivä viikossa ja 5 % ruokailijoista söi kasvisruokaa myös muina päivinä. Ruokavaliomuutoksia koskevat arviot kuvaavat ruokavaliomuutoksissa piilevää potentiaalia vähentää ruokapalveluiden kasvihuonekaasupäästöjä. Saarinen (2019) tutkimukseen sisällytetyt ruokavaliot ovat ravitsemussuosituksen mukaiset.

Ravitsemuspalveluiden vähähiilisyttä koskevista tarkasteluista iso osa keskittyy ruokatapamuutoksilla saavutettaviin hyötyihin. Arviointien yhteinen linja on, että ravitsemuspalveluilla on olemassa vähähiilisyyspotentiaali, joka voidaan saavuttaa esimerkiksi lisäämällä kasvis- ja kalaruokaa osuutta tarjoiluun. Ruokapalveluiden tarjonnalla voidaan vaikuttaa ruokavaliioihin, kunhan ravitsemussuositukset täyttyvät. Taulukkoon 21 kerättyssä aineistoissa ei ole kuitenkaan otettu kantaa siihen, pysyisikö ravitsemuspalveluita hyödyntävä asiakaskunta samana, vai siirtyisikö osa muiden ravitsemuspalveluiden piiriin.

Tarjoiltaessa ruokapalveluissa lihan sijaan jokaisena viitena arkipäivänä kasvisruokaa, on teoriassa mahdollista päästä 72 % päästövähennyksiin, kun 5 % ravintolan asiakkaista on jo alun perin olleet kasvisruokavaliolla. Jo yhdellä kasvisruokapäivällä viikossa saavutettaisiin puolestaan 14 % päästövähennykset. Tämä teoreettinen vähähiilisyyspotentiaali perustuu Turun ruokapalveluiden lähtötilanteeseen sekä Kiertotalouskiihdyttämö- hankkeen tuottamaan ruokapalveluiden laskentatyökaluun (Lounasheimo ym. 2019). Saarisen (2012) tutkimuksessa puolestaan vertailtiin erilaisia ruokavaliota keskenään kasvihuonekaasupäästöjen näkökulmasta. Vegaanin ruokavaliota todettiin olevan kaikkein vähähiilisin. Vegaanin ruokavaliota vähähiilisyyspotentiaali tavanomaiseen lihapitoiseen ruokavaliota verrattuna on noin 37 %. Myös kalaisan ruokavaliota vähähiilisyyspotentiaali oli tutkimuksen mukaan huomattava. Kalaisan ruokavaliota päästövähennyksiä arvioitiin 30 %, kun lihan osuuden vähentämällä kolmasosaan saavutettiin 20 % päästövähennykset.

Taulukko 22. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto elintarvikkeiden ja hävikin vähähiilisyyspotentiaaliksi.

Toimenpide	Päästö- vähenemä	Kommentit	Lähde
Elintarvikkeet: luomumaito korvaamassa tavanomaisesti tuotettua maitoa	10–20 %	Esitetty arvo kuvaa mahdollisuutta vähentää maidon kasvihuonekaasupäästöjä siirtymällä tavanomaisesta maidosta luomumaitoon.	(Salmu 2021)
Elintarvikkeet: kasvipäriset tuotteet eläinperäisten sijasta	10–20 %	Esitetty arvo kuvaa kasvipärisien proteiininlähteiden avulla saavutettavaa päästövähennyksiä lihatuotteisiin ja juustoihin nähden.	(Saarinen 2019, 20)
Ruokahävikin vähentäminen: <ul style="list-style-type: none"> • Informaatio-ohjaaminen. • Hävikin määrän havainnollistaminen. • Asiakasmäärään tarkempi suhteuttaminen. • Hävikin myynti tai lahjoittaminen. 	10 %	Esitetty arvo kuvaa ruokapalveluiden ruokahävikin osuutta. Keinoja ruokahävikin vähentämiseen on useita, mutta toimien päästövähennyksiä on haastavaa arvioida.	(Lounasheimo ym. 2019)

Ruokapalveluiden hävikkiin kuluu arviolta 10 % ruoasta, joka olisi hyödynnettävissä ravinnoksi (Lounasheimo ym. 2019). Ruokahävikin teoreettinen vähähiilisyyspotentiaali on siis 10 %. Ruokahävikin

minimoimiseksi on käytetty useita keinoja, joiden vähähiilisyyspotentiaalia ei ole kuitenkaan onnistuttu arvioimaan. Tärkeimpinä keinoina ruokahävikin päästöjen minimoimiseksi ovat hävikin määrän havainnollistaminen, informaatio-ohjaaminen, hävikin myyminen ja asiakasmäärän tarkempi suhteuttaminen. Ruokapalveluiden vähähiilisyyspotentiaaliin voidaan vaikuttaa myös muiden prosessien tehostamisella. Yleisesti voidaan myös todeta, että kausituotteiden ja erityisesti lähiruoan hyödyntämisellä voidaan myös kasvattaa vähähiilisyyspotentiaalia. Lähiruoan ja kausituotteiden hyödyntämiselle ei voida kuitenkaan esittää geneeristä arvoa, jolla vähähiilisyyspotentiaalia olisi mahdollista arvioida, sillä aiheesta ei ole tutkimustietoa ja vaihteluväli olisi tapauskohtaisesti hyvin suuri.

Kotimaisten ja ulkomaalaisten tuotteiden välinen vertailu on jätetty vähähiilisyyspotentiaalin arvioimisen ulkopuolelle. Kotimaisten elintarvikkeiden vähähiilisyyspotentiaali on tuotetasolla usein tuontituotteisiin verrattuna suuri, mutta 70–95 % kuntien hankkimasta ruoasta on jo kotimaista. Kokonaisuutena nähdessä, kotimaisien tuotteiden osuuden lisäämisellä ei ole suurta vähähiilisyyspotentiaalia. Sen sijaan hankkimalla lähiruokaa ja vähähiilisempiä ravinnonlähteitä, voidaan vähentää hankintojen päästöjä. Lähiruoan hankinnan osuus vaihtelee yhden prosentin ja 47 prosentin välillä maakunnasta riippuen. Keskimäärin julkisiin keittiöihin hankitusta ruoasta noin 16 % ostetaan maakunnan sisältä, eikä lähiruoan osuus ole juuri kasvanut vuonna 2013 tehtyyn tutkimukseen verrattuna. (Viitaharju 2020)

3.5 Muut koneet ja laitteet

3.5.1 Koneet, laitteet ja kalusto

HILMI-hankkeen (Kalimo ym. 2021, 22) tulosten mukaan koneet, laitteet ja kalusto -hankintakategorian kokonaispäästöt muodostavat noin 7 % julkisten hankintojen päästöistä. Koneet, laitteet ja muu kalusto on tuoteryhmänä hyvin laaja, eikä päästöjä ole määritelty tarkasti tietyille tuotteille. Tässä luvussa on esitetty eräälle tunnistetulle tuoteryhmälle, työkoneille, vähähiilisyyspotentiaalia vaikuttavien toimenpiteiden ja näkökohtia. Työkoneista 83 % on dieselkäyttöisiä ajettavia koneita, kuten traktoreita, kaivuukoneita, telalustoja sekä pyöräkuormaajia, jotka yhteensä muodostavat 60 % dieselkäyttöisten työkoneiden hiilidioksidipäästöistä (Nylund ym. 2016, 7–9).

Työmaapalveluiden osalta vähähiilisyyspotentiaaliin vaikuttavaksi tekijäksi tunnistettiin työmaiden päästöttömyys. Työkoneiden elinkaarenaikaisista päästöistä suuri osa muodostuu käyttövaiheen poltto- ja voiteluaineiden hankinnasta. Koska työkoneiden osalta ei ole tehty tarpeeksi kattavasti vertailevaa koko elinkaaren huomioivaa tutkimusta, on vähähiilisyyspotentiaalia tarkasteltu polttoaineenkulutukseen vaikuttavien toimenpiteiden osalta. Työkoneiden energiatehokkuuden parantamista lähestytään siten toisin kuin liikennekulkuneuvojen. Kun muiden ajoneuvojen rakenteista pyritään luomaan kevyitä ja aerodynaamisia, työkoneiden kohdalla omamassa on kuitenkin tärkeä säilyttää vaativien työsuoritteiden vuoksi. Työkoneiden energiatehokkuustoimet keskittyvät moottorin energiatehokkuuteen ja voimansiirtoon. Työkoneiden vähähiilisyyspotentiaalia arvioitaessa arvioidaan energiatehokkuuden lisäksi myös käyttövoimaa. Työkoneiden, laitteiden ja kaluston vähähiilisyyspotentiaalin arvioimiseksi kerätty aineisto on koottu taulukkoon 23.

Taulukko 23. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto koneiden, laitteiden ja kaluston vähähiilisyyspotentiaalin arvioimiseksi. Arviot perustuvat työkoneiden polttoaineesta syntyviin päästöihin ja niiden käyttämän sähkön tuotannossa syntyviin päästöihin.

Toimenpide	Päästövähenemä	Kommentit	Lähde
Moottorin energiatehokkuuden parantaminen	15 %	Esitetyllä arvolla kuvataan mahdollisuutta vähentää käytön aikana syntyviä CO ₂ -päästöjä työkoneiden energiatehokkuutta parantamalla.	(Nylund ym. 2016, 14)

Toimenpide	Päästö- vähenemä	Kommentit	Lähde
Uusiutuvat biopolttoaineet	0–90 %	Esitetyllä arvolla kuvataan käytönaikaisten CO ₂ -päästöjen vähentämismahdollisuutta, kun fossiilisia polttoaineita korvataan biopolttoaineilla. Tyypillisin polttoainetyyppi työkoneissa on diesel. Vähähiilisyyspotentiaali vaihtelee polttoaineiden väleillä.	(Nylund ym. 2016, 14)
Hybridisointi tai sähköistäminen	50 %	Esitetty arvo kuvaa työkonien voimansiirron toiminnan muuttamista hybriditekniikkaan tai sähköiseksi. Työkoneen moottorin kehittämisessä ja voimansiirron parantamisessa on havaittavissa merkittävä vähähiilisyyspotentiaali.	(Nylund ym. 2016, 14)
Käyttötapojen ja operoinnin tehostaminen automatisoinnilla	35 %	Esitetty arvo kuvaa sekä energiatehokkaiden käyttötapojen että automatisoinnin ja älykkyyden avulla mahdollisia käyttövaiheen CO ₂ -päästövähennyksiä. Käyttäjä voi vaikuttaa työn suorittamiseen optimaalisella kierrosluvulla ja välttämällä tyhjääkäyntiä, kun automatisoinnin ja älykkyyden avulla voidaan optimoida työsuoritteet mahdollisimman energiatehokkaiksi. Älykkäiden järjestelmien hankinnan takaisinmaksuaikaa kuvataan kohtuulliseksi.	(Nylund ym. 2016, 14)
Käyttövoimanmuutos biodieseliin	83–87 %	Esitetty arvo kuvaa mahdollisuutta vähentää työkonien aiheuttamia päästöjä korvaamalla fossiilinen diesel biodieselillä.	(KEINO 2020b)

Tuoteryhmään kuuluu lisäksi laaja kirjo muita koneita ja laitteita, joiden vähähiilisyttä ei ole voitu tarkastella yksittäisellä tasolla. Yleisesti voidaan kuitenkin todeta, että tämän hankintakategorian merkittävimpiin toimenpiteisiin kuuluvat tuotekohtainen energiatehokkuuden vertailu, sekä koneiden ja laitteiden vertailu niiden käyttämien energialähteiden välillä. Koneiden ja laitteiden tuotannon näkökulmasta tehokkain keino päästöjen hillitsemiseksi on yhteiskäyttö, jolloin päästöt jakautuvat useammalle taholle.

3.5.2 Koneiden ja laitteiden korjaus sekä kunnossapito

Koneiden ja laitteiden korjauksen- ja kunnossapidon osalta vähähiilisyyspotentiaalin arviointi on vaikeaa, koska sitä ei ole tarkasteltu kirjallisuudessa kovin kattavasti. Koneiden ja laitteiden osalta ei voida suoraan todeta, että korjauksien ja kunnossapidon avulla saavutettava pidempi elinkaari edistäisi vähähiilisyttä. Tämä johtuu erityisesti koneiden polttoaineenkulutuksesta, mikä voi olla vanhemmassa kalustossa suurta saavutettavaa tehoa kohti. Useissa tapauksissa koneiden ja laitteiden kunnossapidon ja korjauksien kuitenkin tiedetään pidentävän niiden elinkaarta, jolloin hankintaväli on pidempi ja kone- ja laitehankintojen päästöt pienenevät vuosittaisella tasolla tarkasteltuna.

Koska koneiden ja laitteiden kunnossapito sekä korjaukset ovat välttämättömiä, ei niistä syntyviä päästöjä voida täysin välttää. Vähähiilisyden näkökulmasta voidaan todeta, että korjausten sekä kunnossapitotoimenpiteiden suunnittelu ja aikataluttaminen on usein hyödyllistä. Lisäksi on syytä panostaa laadukkaisiin ja erityisesti kestäviin materiaaleihin, tuotteisiin ja komponentteihin, jotta korjausväli voidaan pitää pitkänä.

3.6 Siivous- ja pesulapalvelut sekä -tarvikkeet

HILMI-hankkeen (Kalimo ym. 2021, 22) tulosten mukaan noin 5 % julkisten hankintojen kokonaispäästöistä aiheutuu siivous- ja pesulapalveluiden sekä -tarvikkeiden hankinnoista. Siivous- ja pesulapalveluiden ja -tarvikkeiden osalta on olemassa ohjeistuksia ja kriteereitä, mutta kasvihuonekaasupäästöjen sijaan niissä keskitytään pääosin muihin ympäristöindikaattoreihin. Suurin osa niistä koskee kemikaaleja, joiden rooli ympäristövaikutusten näkökulmasta on merkittävä. Niiden vaikutusta kasvihuonekaasupäästöihin ei kuitenkaan ole juurikaan tutkittu.

Siivous- ja pesulapalveluiden ja -tarvikkeiden osalta vähähiilisyyspotentiaalia ei tässä tarkastelussa pystytty tunnistamaan. On kuitenkin todennäköistä, että puhtaanapidon ja pesulapalveluiden päästöistä

suuri osa syntyy palveluiden toimitilojen energiankulutuksesta sekä matkustamisesta ja kuljetuksista. Palveluntarjoajaa kilpailutettaessa olisi syytä kiinnittää huomioita palveluntarjoajien käyttämään energiaan ja matkustus- ja kuljetusmuotoihin. Palveluntarjoajien matkustus- ja kuljetuskalustossa voidaan kriteerien asetannassa ottaa huomioon samat seikat, kuin luvussa 3.3 on matkustuksen ja kuljetusten osalta esitetty. Energian osalta palveluntarjoajia voidaan vertailla tai niiltä voidaan edellyttää esimerkiksi uusiutuvan energian käyttöä ja energiatehokasta laitteistoa.

Puhdistusaineiden ja -tarvikkeiden hankinnasta ei synny erityisen suuria päästöjä julkisten hankintojen kokonaispäästöihin nähden. Kuten mainittu, tutkimus puhdistusaineiden ympäristövaikutuksista keskittyy enimmäkseen kemikaalien vaikutukseen, eikä kasvihuonekaasupäästöjä ole erityisesti tarkasteltu. Kun tuotevalinnoilla saavutettavalle vähähiilisyyspotentiaalille ei voida esittää arviota, on syytä tarkastella toimittajien valinnan näkökulmasta. Toimittajien valinnassa voidaan kiinnittää huomiota esimerkiksi tuotteiden valmistukseen käytettävään energiaan. Unilever arvioi tuotannossaan piilevää vähähiilisyyspotentiaalia 20 % suuruiseksi, jos siivous- ja pesuaineiden kemikaalituotanto muutettaisiin fossiilittomaksi. (Unilever 2020)

On mahdollista, että vähähiilisyyspotentiaalinen tuoma ohjausvaikutus voisi tämän hankintakategorian osalta johtaa ympäristölle haitallisempien tuotteiden hankintaan, mikäli se olisi ainoa arvioitava näkökulma, eikä muita merkittäviä ympäristönäkökohtia huomioitaisi samanaikaisesti.

3.7 Huonekalut

Huonekalujen vähähiilisyyspotentiaalia on tarkasteltu kierrätettyjen kalusteiden ja vähähiilisempien vaihtoehtojen osalta. Taulukossa 24 on esitetty hankinnoissa toteutettavia keinoja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi kierrätettyjen kalusteiden näkökulmasta. Kierrätettyjen huonekalujen vähähiilisyyspotentiaalia on arvioitu vertailemalla kierrätettyjen tuotteiden hiilijalanjälkeä uusien tuotteiden hiilijalanjälkeen. Kierrätettyjen huonekalujen ja kalusteiden osalta hiilijalanjälkilaskemissa on huomioitu ainoastaan kunnostuksen seurauksena aiheutuvat päästöt.

Taulukko 24. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto kierrätettyjen huonekalujen vähähiilisyyspotentiaalinen arvioimiseksi.

Tarkasteltu tapaus	Päästövähennelmä	Kommentit	Lähde
Kierrätetyt kalusteet	Ei tunneta	Malmön kaupunki vähensi kalustejätettä 70 tonnin vuosimäärällä hankkimalla kalusteet kierrätettyinä.	(Turun AMK 2019)
Käytetyt huonekalut	82 %	Lähteestä ei selviä, miten päästövähennelmä on laskettu ja millaisia rajoituksia laskenta on sisältänyt. Esitetty arvo kuvaa useampaa tuoteryhmää, joissa on mahdollista hankkia käytettyjä tuotteita.	(Island Senior Resources 2019)
Uudelleenkäytetyt työtuolit	74–100 %	Vertailutasona uudet työtuolit	(Martela 2021)
Uudelleenkäytetyt tuolit	34–100 %	Vertailutasona uudet tuolit	(Martela 2021)
Uudelleenkäytetyt sohvut	66–88 %	Vertailutasona uudet sohvut	(Martela 2021)
Uudelleenkäytetyt seinäkkeet	96–97 %	Vertailutasona uudet seinäkkeet	(Martela 2021)
Uudelleenkäytetyt pöydät	23–92 %	Vertailutasona uudet pöydät	(Martela 2021)
Uudelleenkäytetyt säilyttimet	78–80 %	Vertailutasona uudet säilyttimet	(Martela 2021)
Uudelleenkäytetyt muut toimistokalusteet	32–93 %	Vertailutasona uudet toimistokalusteet	(Martela 2021)

Taulukko 24: Esitetyt arviot kuvaavat mahdollisuutta vähentää päästöjä, kun huonekalut hankitaan uusien sijaan käytettyinä ja kunnostettuina. Martelan (2021) arvioihin perustuvien päästövähennemien laskennassa on huomioitu hyödyntämiskelvottomien materiaalien loppusijoittaminen ja uusien materiaalien tarve. Vertailutasona voidaan pitää uutena hankittuja huonekaluja.

Huonekalujen vähähiilisyyspotentiaalia ei voi esittää yhdellä luvulla, sillä vaihtoehdot eivät ole suoraan vertailukelpoisia. Suurin vähähiilisyyspotentiaali on kierrätettyjen ja käytettyjen huonekalujen hankinnassa, joskaan niidenkään vähähiilisyyspotentiaalia ei ole riittävän laajasti tutkittu, jotta voitaisiin esittää täysin luotettava arvio. Materiaalien ja tuotannon päästöt ovat huonekalujen valmistuksessa merkittävimmissä roolissa, joten vähähiilisyyspotentiaali voidaan olettaa suureksi. Kierrätetyt ja käytetyt huonekalut voivat myös vaatia kunnostusta ja kuljetusta ennen uudelleenkäyttöä, ja aiheuttaa siten päästöjä, jotka pienentävät potentiaalista päästösäästöä. Island Senior Resources (2019) on esittänyt käytettyjen tuotteiden keskimääräiseksi vähähiilisyyspotentiaaliksi 82 %.

Martelan (2021) hiilijalanjälkilaskelmat, joihin taulukossa 24 on viitattu, sisälsivät kymmeniä tuotteita tuolien, työtuolien ja pöytien osalta. Säilyttimien, sohvien, seinäkkeiden ja muiden toimistotarvikkeiden osalta aineisto oli suppeampi. Arvioiden mukaan vähähiilisyyspotentiaalit vaihtelevat tuoteryhmästä riippuen 23–100 prosentin välillä. Eri tuoteryhmien vähähiilisyyspotentiaalain välillä on hajontaa, mutta kuten myös Island Senior Resources on esittänyt, käytettyjen ja kunnostettujen huonekalujen vähähiilisyyspotentiaali on suurimmassa osassa tapauksista huomattava.

Tuotekohtaiset vähähiilisyyspotentiaalit esittävät suuruusluokkaa, eikä tarkkoja arvoja voida määrittää. Huonekaluvalintojen vähähiilisyyspotentiaalia tulee tarkastella hankinnoissa aina tapauskohtaisesti, sillä tuotteet eivät ole aina vertailukelpoisia muilta ominaisuuksiltaan. Tässä tarkastelussa ei oteta kantaa muihin hankinnoissa vertailtaviin näkökulmiin kuten hintaan, muihin syntyviin ympäristövaikutuksiin, ergonomiaan tai paloturvallisuuteen.

Hankintojen vähähiilisyttä voidaan edistää myös tarkastelemalla hankittavien tuotteiden materiaaleja. Vähähiilisyyspotentiaalia voidaan arvioida vertailemalla toisiaan vastaavista tuotteista tehtyjä ympäristöselosteita. Julkisten hankintojen tuotekohtaista lähtötasoa ei ole määritetty, mutta tuotekohtaisen vertailun vähähiilisyyspotentiaalain esittämiseksi on lähtötasoksi voitu valita kaikkien vertailtujen tuotteiden kasvihuonekaasupäästöjen keskiarvo. Ympäristöselosteita on kerätty laajasti eri tuoteryhmistä riittävän kattavan vertailun luomiseksi. Suomessa valmistetuille tuotteille on vielä vähän ympäristöselosteita, joten vertailukohteita on kerätty useista EPD-tietokannoista kansainvälisesti. Taulukkoon 25 on koottu ympäristöselosteiden tuloksien perusteella arvioita tuotekohtaisista päästövähennyismahdollisuuksista.

Taulukko 25. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto huonekalujen tuotevaihtoehtojen vähähiilisyyspotentiaalain arvioimiseksi.

Tarkasteltu tapaus	Päästövähenemä	Kommentit	Lähde
Toimistotuolit	10–30 %	Vertailutasona on vertailtujen tuotteiden keskiarvo.	Päästötietokannat ⁷
Tuolit, päämateriaalina puu	49 %	Vertailutasona on muoviset tai lasikuituiset tuolit.	Päästötietokannat ⁷
Tuolit, päämateriaalina puu	70 %	Vertailutasona on metalliset tuolit.	Päästötietokannat ⁷
Tuolit, päämateriaalina muovi/lasikuitu	41 %	Vertailutasona on metalliset tuolit.	Päästötietokannat ⁷
Tuolit, verhoilematon tuote, jonka päämateriaalina puu	59 %	Vertailutasona on puiset verhoillut tuolit.	Päästötietokannat ⁷
Tuolit, verhoilematon tuote, jonka päämateriaalina metalli	1 %	Vertailutasona on metalliset verhoillut tuolit. Tyypillisesti verhoilemattomien tuolien istuinosa on puinen tai muovia.	Päästötietokannat ⁷

⁷ Esitetyt tulokset ovat yhteenvetoa useiden EPD-tietokantojen ja tuotetoimittajien julkaisemien standardien mukaisen ympäristöselosteiden tuloksista. Päälähteinä on käytetty EPD international ja Ökobaudat – tietokantoja.

Tarkasteltu tapaus	Päästö- vähenemä	Kommentit	Lähde
Sähköpöydät	10–20 %	Vertailtujen tuotteiden keskiarvo.	Päästötietokannat ⁷
Suuret työpöydät	10–20 %	Vertailutasona on vertailtujen tuotteiden keskiarvo.	Päästötietokannat ⁷

Taulukko 25: Esitetyt arvot kuvaavat hankittavien tuotteiden tuotevaihtoehtojen välistä päästövähennystä, kun sitä on verrattu vastaavaan tuotteeseen. Kunkin tapauksen vertailutaso on esitetty kommentteissa.

Toimistotuolien tuotekohtaisessa vertailussa nousee esille materiaalien osuuden merkitys syntyviin kasvihuonekaasupäästöihin. Vertailtaessa eri valmistajien tuotteita, havaitaan toimistotuolien valmistuksessa lähes poikkeuksetta käytettävän tiettyjä materiaaleja. Koska toimistotuolien materiaalit ovat hyvin samankaltaisia, ei vertailua eri päämateriaalien välillä voida tehdä. Tuotteiden vertailun yhteydessä havaitaan, että noin 70–80 % syntyvistä päästöistä aiheutuu jo materiaalien hankinnan ja valmistamisen aikana. Toimistotuolien tuotannon kannalta merkittävimpiä yksittäisiä materiaaleja ovat metallit, kuten alumiini ja teräs sekä erilaiset muovit. Toimistotuoleihin käytettävien metallien päästöt ovat erityisen merkittävät niiden koko elinkaaren osalta. Metallien päästöt vaihtelevat metallien kierrätysasteen mukaan.

Tuolien ja jakkaroiden osalta päämateriaalit vaihtelevat merkittävästi eri tuotteiden välillä. Vertailuun on kerätty kattavasti ympäristöselosteita eri valmistajilta erilaisille tuolivaihtoehdoille. Vertailun perusteella voidaan todeta, että hankintavaiheessa voidaan vaikuttaa syntyviin päästöihin useilla valinnoilla. Yleisesti vähähiilisimpänä vaihtoehtona ovat puiset verhoilemattomat tuolit, kuten taulukosta 25 havaitaan. Puisten tuolien osalta verhoilulla on suuri merkitys syntyvään hiilijalanjälkeen. Myös lasikuituisten tai muovisten tuolien hankinnalla voidaan välttää päästöjä, kun vaihtoehtona on tavanomaiset metallirunkoiset tuolit. Metallirunkoisien tuolien osalta verhoilun merkitys jää suhteellisen pieneksi, sillä merkittävimmät päästöt syntyvät tuoliin käytetyn runkomateriaalin seurauksena.

Sähköpöytä- ja suurten työpöytä- tuotekohtaisessa vertailussa on havaittu, että tuotteet ovat hyvin samankaltaisia niiden sisältämien materiaalien osalta. Materiaalien osuudet eivät tuoteryhmän sisällä vaihtelee erityisen merkittävästi, mutta vaihtoehdot, joissa metallin osuus on vähäisempi, erottuvat edukseen. Erityisen suuri vaikutus vähähiilisyysasteeseen on pöytä- ja työpöytä- tuoteryhmien sähköistämisen osalta. Esimerkiksi huomattavasti suuremmat työpöydät, joiden äärellä mahtuu työskentelemään useita henkilöitä, ovat keskimäärin jopa 60 % vähähiilisempiä kuin yhdelle henkilölle tarkoitettuja sähköpöydyksiä.

Huonekaluhankintoja tehdessä voidaan sopimustoimittajalta edellyttää ensisijaisesti kierrätettyjen kalusteiden toimittamista, saatavuus ja kuljetusväilytykset huomioiden. Hankintavaihtoehtojen hiilijalanjälkeä voidaan myös suoraan verrata toisiinsa, jos tuotevaihtoehdoille on tehty ympäristöselosteet. Vähähiilisyyspotentiaalia tulee tarkastella aina hankintojen yhteydessä erikseen, jotta päästöihin vaikuttavat tekijät tulee huomioiduksi monipuolisesti. Kierrätettyjen kalusteiden ja huonekalujen vähähiilisyyspotentiaali laskee kuljetusmatkan kasvaessa. Myös puitesopimustoimittajien tarjoamalla kalusteiden huoltopalveluilla voidaan pidentää kalusteiden käyttöikä, jolloin kalustohankintojen päästöt alenevat.

3.8 Tekstiilit

Julkisten tekstiilihankintojen päästöt ovat verrattain pienet muihin tuoteryhmiin nähden. HILMI-raportin (Kalimo ym. 2021, 22) mukaan vaatehankintojen osuus päästöistä on noin 0,4 % julkisten hankintojen kokonaispäästöistä. Tekstiilihankinnoissa korostuvat vähähiilisyysasteen sijaan muut ympäristövaikutukset. Tekstiilien vähähiilisyyspotentiaalia kuitenkin tarkasteltiin tässä, koska tekstiileille on olemassa laadittuja ympäristökriteerejä. Tuoteryhmän vähähiilisyyspotentiaalin määrittämiseksi on taulukkoon 26 koottu aineistoa kirjallisuusselvityksistä tekstiilikuitujen ilmastovaikutuksista ja tekstiilien elinkaaren pituuden vaikutuksista.

Tekstiilikuitujen vähähiilisyyspotentiaalia arvioitaessa ei ole otettu huomioon muita ympäristövaikutuksia. Tekstiilikuitujen ympäristövaikutuksia arvioidaan useissa tutkimuksissa muiden kuin ilmasto-vaikutusten osalta. Erilaisten kuitujen päästöt eivät korreloi muiden ympäristövaikutusten kanssa, joten tekstiilikuitujen vähähiilisyyspotentiaali voi ohjata valitsemaan muilta ympäristövaikutuksiltaan huomattavasti kuormittavampia tuotteita. Tasapainottelu eri näkemystä edustavien ryhmien välillä on tekstiili ja vaatehankintojen kohdalla erityisen hankalaa.

Vaatteiden elinkaaren kasviuonekaasupäästöt syntyvät pääosin (80,4 %) tuotteen valmistuksen aikana. Valmistukseen sisältyy kuitujen valmistaminen, langan valmistaminen, kankaan valmistaminen ja lopullisen tuotteen valmistus kankaasta. Elinkaaren kasviuonekaasupäästöt mukailevat kaikissa elinkaaren vaiheissa energiankulutuksen suuruutta paitsi elinkaaren päättyessä loppukäsittelyn yhteydessä. Elinkaaren päättyminen on ainoa elinkaaren vaihe, jossa energiaa tuotetaan samanaikaisesti, kun kasviuonekaasupäästöjä syntyy. Energiankulutuksen ja kasviuonekaasupäästöjen korrelaatiosta voidaan päätellä, että eri elinkaaren vaiheiden päästöihin vaikuttaa merkittävästi energiankulutus ja siten myös energian tuotantomuoto. Paljon prosessointia ja materiaalia vaativien tekstiilien elinkaaren päästöt ovat luonnollisesti suuremmat kuin pienien ja yksinkertaisten tekstiilituotteiden. Myös tekstiilikuidut vaikuttavat oleellisesti hiilijalanjälkeen. Ruotsissa tehdyn tutkimuksen mukaan tyypillisimmät tekstiilikuidut ovat puuvilla ja polyesteri, kun tutkimukseen on sisällytetty kuusi päivittäisessä käytössä olevaa vaatekappaletta. (Sandlin ym. 2019)

Taulukko 26. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto tekstiilien ja vaatteiden vähähiilisyyspotentiaalnin arvioimiseksi.

Tarkasteltu tapaus	Päästövähenemä	Kommentit	Lähde
Tekstiilikuidut: luomupuuvilla	80 %	Esitetty arvo kuvaa mahdollisuutta välttää syntyviä päästöjä hankkimalla luomupuuvillaa puuvillan sijasta. Päästövähenemän arvo on luotu vertaamalla Ecoinvent-tietokannan sisältämiä puuvillan päästökertoimia toisiinsa. Päästökertoimia on vertailtu maailmanlaajuisten keskiarvojen osalta.	(Ecoinvent 2022)
Tekstiilikuidut: puuvilla	39–87 %	Esitetty arvo kuvaa puuvillan valmistuksen päästöjä verrattuna muihin tekstiilikuituihin. Vertailutasona on käytetty polyesteria, selluloosaa, polyamidia, hampppua ja villaa. Päästövähenemä on suurin, kun vertailutasona on villa.	(Niinimäki ym. 2020)
Tekstiilikuidut: polyesteri	60–81 %	Esitetty arvo kuvaa polyesterin valmistuksen päästöjä verrattuna muihin tekstiilikuituihin. Vertailutasona on käytetty polyamidia ja villaa. Päästövähenemä on suurin, kun vertailutasona on villa.	(Niinimäki ym. 2020)
Tekstiilikuidut: selluloosa	60–81 %	Esitetty arvo kuvaa selluloosan valmistuksen päästöjä verrattuna muihin tekstiilikuituihin. Vertailutasona on käytetty polyamidia ja villaa. Päästövähenemä on suurin, kun vertailutasona on villa.	(Niinimäki ym. 2020)
Tekstiilikuidut: polyamidi	51 %	Esitetty arvo kuvaa polyamidin valmistuksen päästöjä verrattuna muihin tekstiilikuituihin. Vertailutasona on käytetty villaa.	(Niinimäki ym. 2020)
Tekstiilikuidut: hamppu	6–82 %	Esitetty arvo kuvaa hampun valmistuksen päästöjä verrattuna muihin tekstiilikuituihin. Vertailutasona on käytetty polyesteria, selluloosaa, polyamidia ja villaa. Päästövähenemä on suurin, kun vertailutasona on villa.	(Niinimäki ym. 2020)
Käyttöikä: vaateen eliniän kaksinkertaistaminen	49 %	Esitetty arvo kuvaa käyttöiän pidentämisellä saavutettavaa päästövähenemää. Selvityksen lähtötasona on kansallinen taso Ruotsissa. Lähtötason laskentaan sisältyy ~ 100 000 tonnia vaatteita seuraavista tuoteriivistä: T-paidat, farkut, mekot, takit, sukut ja sairaalavaatteet. 49 % vaatteista on puuvillaa, 30 % polyesteriä ja loput muita materiaaleja.	(Sandlin ym. 2019)
Valmistuksen energiankäyttö:	18 %	Esitetty arvo kuvaa aurinkoenergian käytöllä saavutettavaa päästövähenemää. Selvityksen lähtötasona on kansallinen taso	(Sandlin ym. 2019)

Tarkasteltu tapaus	Päästövähenemä	Kommentit	Lähde
aurinkoenergialla tuotetut vaatteet		Ruotsissa. Lähtötason laskentaan sisältyy ~ 100 000 tonnia vaatteita seuraavista tuoteryhmistä: T-paidat, farkut, mekot, takit, sukat ja sairaalavaatteet. 49 % vaatteista on puuvillaa, 30 % polyesteriä ja loput muita materiaaleja.	
Käyttö: pesu matalassa lämpötilassa	0,01–0,83 %	Esitetty arvo kuvaa matalalla pesulämpötilalla saavutettavaa päästövähennystä korkean pesulämpötilan sijaan. Selvityksen lähtötasona on kansallinen taso Ruotsissa. Lähtötason laskentaan sisältyy ~ 100 000 tonnia vaatteita seuraavista tuoteryhmistä: T-paidat, farkut, mekot, takit, sukat ja sairaalavaatteet. 49 % vaatteista on puuvillaa, 30 % polyesteriä ja loput muita materiaaleja. Huomaa, että tutkimuksessa on käytetty keskimääräistä sähkön päästökerrointa Ruotsissa.	(Sandlin ym. 2019)

Vähähiilisyiden näkökulmasta puuvilla on kaikkein suotuisin kuituvaihtoehto, mutta monet muut ympäristövaikutukset ovat puuvillalla muita tekstiilikuituja suuremmat. Eri tekstiilikuidut eivät myöskään sovellu kaikkiin käyttötarkoituksiin yhtä hyvin, eikä tekstiilikuituja voida sen vuoksi aina verrata suoraan toisiinsa. Koska tekstiilikuitujen valmistamisprosessit eivät juuri eroa toisistaan kuitujen valmistamisen jälkeen, kankaiden ja tekstiilien valmistuksen vähähiilisyyspotentiaalin on oletettu olevan lähes samansuuruinen kuin tekstiilikuitujen. Koska tekstiilikuiduista valmistetaan hyvin erilaisiin käyttötarkoituksiin soveltuvia tekstiilejä, ei vähähiilisyttä voida välttämättä edistää materiaalivalintojen avulla. Tällöin vähähiilisyttä voidaan tarkastella tietyn tekstiilikuidun päästöarvojen avulla. Päästökertoimiin vaikuttaa tekstiilikuidun valmistusmaa ja erityisesti valmistusmaan energiaprofiili. Lisäksi esimerkiksi puuvillan osalta vähähiilisyttä voidaan merkittävästi edistää valitsemalla luomupuuvillalla tuotettuja tekstiilejä tavallisella puuvillalla tuotettujen sijaan.

Selkeästi tehokkain keino päästöjen vähentämiseen on tekstiilien käyttöön pidentäminen tai uusiokäyttö. Tekstiilien eliniän pidentämisellä voidaan harventaa hankintaväliä, minkä vuoksi tekstiilien päästöt laskevat. Esimerkiksi Ruotsissa tehdyn tutkimuksen mukaan vaatteiden eliniän kaksinkertaistamisen vähähiilisyyspotentiaaliksi on arvioitu 49 % (Sandlin ym. 2019). Uusiutuvan energian käytön vähähiilisyyspotentiaali vaihtelee tuoteryhmien välillä vaatekappaleen valmistuksen vaatimasta energiankulutuksesta riippuen. Energiankulutuksen päästöjä voidaan vähentää 27–44 % tuotteesta riippuen (Sandlin ym. 2019). Käytönaikaisilla pesukäytännöillä ei puolestaan ole juuri merkitystä hankintojen vähähiilisyteen. Pesu matalassa lämpötilassa ei tuota vaateen elinkaaren nähden edes prosentin suurista säästöä syntyviin kasvihuonekaasupäästöihin (Sandlin ym. 2019). Kierrätettyjen tekstiilikuitujen vähähiilisyyspotentiaalia ei ole esitetty, sillä kierrätys ei aina tuota ilmastohyötyjä. Mahdolliset ilmastohyödyt riippuvat menetelmästä, jolla tekstiilikuidut on käsitelty ja, mitä neitseellistä materiaalia niillä korvataan.

Osana CANEMURE -hanketta Helsingin kaupunki toteutti arvioinnin työvaatehankintojen elinkaari-vaikutuksista. Arviointi sisältää muiden ympäristövaikutusten arvioinnin lisäksi myös ilmastovaikutusten arvioinnin. Raportissa tutkittiin työvaatehankintoja eri hankintamuotojen välillä ja tuloksista ilmeni, että nykytila on vaihtoehtoista kaikkein vähähiilisin verrattuna erilaisiin palveluskenaarioihin. Selvitykseen sisältyi erilaisia työvaatteita kuten t-paitoja, kokintakkeja, esiliinoja ja ulkovaatteita. Lähtötilanteessa vaatteiden pesua tehtiin sekä työpaikalla että kotona, kun palveluskenaarioissa vaatteet kuljetaan palveluntarjoajan pestäväksi ja kuivattavaksi. Palvelumallin päästöjen suuruus selittyy pääosin palveluntarjoajan tavasta kuivata vaatteet. (Tertsunen ym. 2021, 10-21)

3.9 Elektroniikka ja tietotekniikka

ICT-sektorin rooli ilmastoystävällisemmän yhteiskunnan mahdollistajana on keskeinen, mutta samalla se aiheuttaa päästöjä materiaalien ja energiankulutuksen muodossa. Elektroniikan ja tietotekniikan vaatimien materiaalien ympäristövaikutuksia tarkasteltaessa huomio kohdistuu näiden laitteiden vaatimiin metalleihin: rautaan, alumiiniin ja kupariin. Suomi on hyvin tuontiriippuvainen useista elektroniikan kannalta kriittisistä raaka-aineista, joiden tuotanto keskittyy Aasiaan ja Afrikkaan. Toinen tärkeä näkökulma laitteiden ympäristövaikutusten arvioinnissa on laitteiden elinkaaren pituus, sillä laitteiden käyttöikä on useimmiten vain muutaman vuoden mittainen. Päätelaitteiden kuten tietokoneiden, tablettien, puhelimien, älykellojen, reitittimien ja älytelevisioiden lyhyeen käyttöikänsä vaikuttavia tekijöitä on useita. Tällaisia tekijöitä ovat esimerkiksi seuraavat: laskevat hinnat, jatkuva tuotekehitys, lyhyet tekniset käyttöiät, korjaamisen vaikeus ja ohjelmistojen lyhytikäisyys. Näiden tekijöiden vuoksi laitteita hyötään usein vielä käyttökelpoisina. (Ojala & Oksanen 2021)

Digitaalisektorin globaalien energiankulutuksen kannalta laitteiden valmistuksen energiankulutus ei yllä sille tasolle, mitä laitteiden käytöstä seuraa. Myös datakeskusten, optisten verkkojen, mobiiliverkkojen energiankulutus on huomattava. Energiankulutukseen vaikuttavat olennaisesti päätelaitteen koko ja verkon käyttö. Puhelinten kulutuksen on arvioitu olevan 5 kWh/vuosi, kun suurempien laitteiden, kuten tietokoneiden ja taulutelevisioiden, on arvioitu kuluttavan 100 kWh/vuosi. (Ojala & Oksanen 2021)

Tietokoneiden ja laitteiden vähähiilisyyspotentiaalia on arvioitu luvussa 3.9.1 ja ICT- ja tietoliikennepalveluiden, ATK:n sekä käyttöpalveluiden vähähiilisyyspotentiaalia on arvioitu luvussa 3.9.2. Elektroniikan ja tietotekniikan vähähiilisyyspotentiaalinen arvioimiseksi haastateltiin SYKEN asiantuntijoita soveltuvien kirjallisuuslähteiden löytämiseksi. Elektroniikan ja tietotekniikan osalta päästövähennemiä on tarkasteltu laitteiden koko elinkaaren ja käyttövaiheen näkökulmista. Lisäksi mahdollisia päästövähennemiä on pyritty tunnistamaan palveluntarjoajien osalta.

3.9.1 Tietokoneet ja laitteet

Tietokoneiden ja laitteiden vähähiilisyyspotentiaalia arvioitaessa eräs näkökulma on laitteiden elinkaaren pidentäminen. Hankintojen näkökulmasta laitteiden elinkaaren pituuteen voidaan vaikuttaa asettamalla kriteereitä korjattavuuteen, päivitettävyyteen, huollettavuuteen, uudelleenkäyttöön ja kierrätyksen ennakoivaan suunnitteluun. Lisäksi kriteerejä voidaan asettaa laitteiden energiatehokkuudelle, millä voidaan vaikuttaa käytönaikaisiin päästöihin. Energiatehokkuus on kehittynyt paremmaksi vuosien saatossa, joten kaikkien laitteiden osalta energiatehokkuuden rooli ei ole erityisen merkittävä päästöjen vähentämiseksi. Kuitenkin suurikulutteisien laitteiden, kuten isojen pöytä tietokoneiden ja näyttöjen osalta energiatehokkuuteen voi olla hyvä asettaa kriteereitä.

Päätelaitteet sisältävät paljon arvokkaita ja päästöintensiivisiä metalleja, kuten terästä, kuparia ja alumiinia muovien ja muiden päämateriaalien joukossa (Ojala & Oksanen 2021). Suuri osa Suomessa hankittujen laitteiden sisältämisestä metalleista tuodaan ulkomailta ja niiden aiheuttamien materiaalivirtojen seuraaminen voi olla hankalaa, minkä vuoksi myös hankkijan mahdollisuus vaikuttaa laitteiden sisältämiin päästöintensiivisiin materiaaleihin on vaikeaa. Tietokoneiden ja laitteiden vähähiilisyyspotentiaalia on tutkittu varsin vähän hankintojen näkökulmasta.

Taulukkoon 27 on kerätty aineistoa tietokoneiden ja laitteiden vähähiilisyyspotentiaalisen arvioimiseksi. Taulukossa on esitetty arvioita siitä, millainen päästövähennemä voidaan saavuttaa laitteiden energiatehokkuutta parantamalla, kompakteimmilla laitehankinnoilla ja erilaisilla hankintamalleilla. Eri-tyisesti hankintamalleilla, joilla voidaan edistää laitteiden käyttöiän pituutta, on mahdollista vaikuttaa hankintojen päästöihin pitkällä aikavälillä.

Taulukko 27. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto tietokoneiden ja laitteiden vähähiilisyyspotentiaalin arvioimiseksi. Osa arvioista on tehty elinkaaren päästöille, ja osa on tehty käyttövaiheen energiankulutuksen perusteella.

Toimenpide	Päästö- vähenemä	Kommentit	Lähde
Käytetyt tietokoneet uusien sijasta	Ei raportoitu	Esitetty arvo kuvaa Forssan yläkoulun hankinnalla saavutettua päästövähennystä, kun uusien laitteiden sijasta koululle hankittiin käytetyt tietokoneet. Hankintojen prosentuaalista päästövähennystä ei raportoitu lähteissä, mutta arviolta päästöt vähenevät oletetun kolmen vuoden mittaisena käyttöaikana vuosittain yli 21 tonnia, joka vastaa yli 114 tuhannen kilometrin ajoa henkilöautolla.	(KEINO 2018b, SYKE 2017)
Tietokoneiden käyttöiän pidentäminen kolmesta vuodesta seitsemään	50 %	Esitetty arvo kuvaa saavutettavaa päästövähennystä, kun laitteiden elinikää pidennetään suunnitellusta kolmesta vuodesta seitsemään vuoteen.	(Sitra 2017)
Leasing laitteet	30–50 %	Esitetty arvo kuvaa laitteiden tehokkaammalla käytöllä saavutettavaa päästövähennystä laitteen elinkaaren aikana.	(ERA 2019)
Energiatehokkaat näytöt	40 %	Esitetty arvo kuvaa suoranaista energiansäästöä A-energialuokan tietokonekäyttäjien avulla, kun vertailutasoksi on valittu tyypilliset C-luokan näytöt.	(Energiamerkintä 2022)
Energiatehokkaat tietokoneet (Energy Star)	25–40 %	Esitettyllä arvolla kuvataan käytönaikaista suoranaista energiasäästöä tietokonevaihtoehtojen välillä. Elinkaaren muu hiilijalanjälki ei ole sisällytetty arvioon.	(HomeSelfe 2022)
Kannettavan tietokoneen käyttö pöytäkoneen sijasta	80 %	Esitettyllä arvolla kuvataan käytönaikaista suoranaista energiasäästöä tietokonevaihtoehtojen välillä. Elinkaaren muu hiilijalanjälki ei ole sisällytetty arvioon.	(HomeSelfe 2022)
Kannettavan tietokoneen käyttö pöytäkoneen sijasta	67 %	Esitettyllä arvolla kuvataan käytönaikaisia suoranaisia energiasäästöjä tietokonevaihtoehtojen välillä. Elinkaaren muu hiilijalanjälki ei ole sisällytetty arvioon.	(Sahni ym. 2010)

Tietokoneiden ja laitteiden vähähiilisyyspotentiaalia on vaikeaa arvioida kokonaisuutena. Eräitä keinoja vähähiilisyyspotentiaalin edistämiseksi on varmistaa laitteille mahdollisimman pitkä käyttöikä. Tähän voidaan asettaa hankintoja tehdessä esimerkiksi kriteereitä koskien ohjelmistopäivityksiä ja laitteiden korjattavuutta. Lisäksi hankkimalla laitteet leasing-palveluntarjoajalta, ne päätyvät todennäköisemmin vielä uudelleen käytettäväksi. Jos mahdollisuudet sallivat, niin vähähiilisin vaihtoehto on hankkia laitteet suoraan käytettyinä, kuten Forssan yläkoulussa⁸ on tehty.

Energiatehokkuutta kannattaa tarkastella etenkin niiden laitteiden osalta, joiden energiankulutus on suuri. Tällaisia laitteita ovat yleensä televisiot, suuret näytöt ja pöytäkoneet. Yli kymmenen tutkimuksen tuloksista tehdyn yhteenvedon mukaan pöytä-tietokoneiden elinkaaren päästöistä keskimäärin 57 % aiheutuu käytön aikana, kun koko valmistusvaiheen päästöt jäävät noin 40 prosenttiin (Niemelä 2015, 5). Pienempien laitteiden kuluttaessa vähemmän energiaa, on ne myös vähähiilisempiä vaihtoehtoja, joita hankinnoissa voidaan suosia vähähiilisyyspotentiaalin edistämiseksi. Esimerkiksi valitsemalla kannettavan tietokoneen pöytäkoneen sijaan, jää käytönaikainen energiankulutus 67 % pienemmäksi (Sahni ym. 2010). Energiatehokkaiksi luokiteltujen näyttöjen ja tietokoneiden osalta puolestaan voidaan käytönaikaista energiankulutusta taulukon 16 mukaan vähentää jopa 40 %.

3.9.2 ICT- ja tietoliikennepalvelut, ATK, käyttöpalvelut

ICT- ja tietoliikennepalvelut sekä ATK:n käyttöpalvelut tuottavat noin yhden prosentin julkisten hankintojen päästöistä (Kalimo ym. 2021, 22). Konesalien ja datakeskusten on havaittu kuluttavan

⁸ <https://kestavyysloikka.ymparisto.fi/uusiotietokoneita-forssan-ylakoululaisille/> [viitattu 30.5.2022]

huomattavasti energiaa. Erään arvion mukaan 10 % maailman sähköstä kuluu tietotekniikkaan. ICT-alan energiankulutus on edelleen vain kasvussa ja vuoteen 2035 mennessä osuuden sähkökulutuksesta on arvioitu nousevan jopa neljännekseen (Partanen 2019). Todellisuudessa ICT- ja tietoliikennepalveluista aiheutuvaa hiilijalanjälkeä on vaikeaa arvioida.

Datakeskusten vähähiilisyys voidaan vaikuttaa energiatehokkuuden ja laitteiden jäähdytyksen osalta. Datakeskusten tuottamaa hukkalämpöä voidaan hyödyntää esimerkiksi kaukolämpöverkostossa ja tätä tekniikkaa hyödynnetään jo Suomessa (Partanen 2019). Kuitenkin tilanteissa, joissa omien datakeskusten hankinta ei ole välttämätöntä, on vähähiilisyys näkökulmasta parempi tukeutua pilvitekniikan tarjoamiin ulkopuolisiin palveluihin, jos palveluntarjoajalla on käytössään energiatehokkaampi laitteisto. Pilvitekniikalla on arvioitu pystyttävän vähentämään maailmanlaajuisia hiilijalanjälkeä jopa 38 %, joka saavutettaisiin erittäin energiatehokkaiden datakeskuksilla (Barlow 2021).

Taulukkoon 28 on koottu aineistoa datakeskusten vähähiilisyyspotentin määrittämiseksi. Datakeskuksia koskevat selvitykset perustuvat energiatehokkuustoimilla saavutettaviin energiasäästöihin. Päästövähennemää on arvioitu suoranaisesti vuosittaisen ostoenergian tarpeen vähenemisenä.

Taulukko 28. Kirjallisuuslähteistä kerätty aineisto ICT-palveluiden vähähiilisyyspotentiaalini arvioimiseksi.

Toimenpide	Päästövähenemä	Kommentit	Lähde
Konesalien jäähdytyksen optimointi ja palvelimien virtualisointi	40–50 %	Esitetty arvo kuvaa suoranaisesti vuosittain säästetyn energian määrää, kun järjestelmää tehostetaan.	(Laitinen 2011)
Datakeskuksen jäähdytyksen optimointi	50 %	Esitetty arvo kuvaa suoranaisesti vuosittain säästetyn energian määrää, kun järjestelmää tehostetaan.	(Laitinen 2011)
Datakeskuksen jäähdytyksen optimointi	48 %	Esitetty arvo kuvaa suoranaisesti säästetyn energian määrää, kun jäähdytyksen laitteisto tehostetaan. Tulos on peräisin Fujitsun kahdesta datakeskuksesta ja niissä saavutetuista energiasäästöistä.	(Barlow 2021)
Pilvipalvelut	72–98 %	Microsoftin mukaan heidän pilvipalveluidensa päästövähennemä on kuvatus arvon suuruinen verrattaessa perinteisten datakeskusten.	(Microsoft 2020)

Kuten taulukosta 28 ilmenee, datakeskusten jäähdytyksellä on tunnistettu olevan huomattava vähähiilisyyspotentiaali tarkasteltaessa hankintaa vuositasona. Datakeskusten koko elinkaaren vähähiilisyyspotentiaalia ei ole huomioitu, joten esimerkiksi materiaalien tuottamisen päästöt ovat jääneet tarkastelun ulkopuolelle. Datakeskusten jäähdytyksen optimoinnin vähähiilisyyspotentiaalini on arvioitu olevan lähes 50 %.

Konesalien ja datakeskusten vähähiilisyyspotentiaalini mukanaan tuomat hyödyt voivat ulottua asuntojen lämmitykseen asti. Lisääntyvä datankäyttö tarkoittaa myös lisääntyvää määrää lämpöä, jota datakeskuksissa syntyy. Lämpöä voidaan hyödyntää lähialueen rakennusten lämmittämiseen, kuten Helsingissä tehdään kesällä 2022 Telian datakeskuksen hukkalämmön suhteen (Helen 2021). Konesalien ja datakeskusten jäähdytys kuluttaa 30–50 % järjestelmän sähköstä. Usein konesaleja jäähdytetään tarpeettoman paljon, mikä kuluttaa enemmän energiaa (Motiva 2011). Suomessa konesalien hukkalämpöä otetaan talteen 0,2 TWh, kun konesalien hukkalämpöenergiasta arvioidaan olevan hyödynnettävissä 2 TWh (Ojala & Oksanen 2021). Suomessa konesalien kokonaisvähähiilisyyspotentiaalini hukkalämmöntalteenoton osalta on oletettu olevan 90 %. Vähähiilisyyspotentiaali perustuu suoraan säästettyyn energiaan.

Vähähiilisyys näkökulmasta pilvipalveluiden hankinnan voidaan katsoa olevan eräs vähähiilisyttä edistävä ratkaisu. Pilvipalveluiden vähähiilisyyspotentiaali perustuu suurten palveluntarjoajien laitteiston energiatehokkuuteen, joka on usein paremmalla tasolla kuin omaomisteisten datakeskusten tai

pienien toimijoiden palvelut. Yleisesti voidaan todeta, että suurilla ja ammattimaisilla palveluntarjoajilla on usein tehokkaammat järjestelmät. Kuten taulukosta 28 ilmenee, Microsoft suurena pilvipalveluiden tarjoajana on etsittänyt tarjoamiensa pilvipalveluiden olevan jopa 98 % vähähiilisempi kuin tavanomaisen datakeskusten. Hankintojen näkökulmasta kriteereillä voidaan edellyttää palveluntarjoajilta tiettyä energiatehokkuutta ja tämän lisäksi lopun energian hankintaa uusiutuvista lähteistä.

3.10 Lääkkeet ja hoitotarvikkeet

Lääkkeiden ja hoitotarvikkeiden hankintojen seurauksena syntyy HILMI-raportin (Kalimo ym. 2021, 22) mukaan noin 5 % julkisten hankintojen kokonaispäästöistä. Sen lisäksi, että hankintakategorian päästöt eivät ole erityisen suuret, niin vaikutusmahdollisuudet vähähiilisyteen jäävät rajallisiksi.

Lääkkeiden elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset painottuvat lääkkeiden kemikaalijäämiin ja niiden vähentämiseen (Sikanen 2016). Hankintojen avulla lääkejäämien päätymistä ympäristöön voidaan vähentää ottamalla käyttöön kehittyneempiä puhdistustekniikoita jätevedenpuhdistamoilla tai alkuperäisillä päästölähteillä. Varsinaisissa lääkehankinnoissa vähähiilisyden näkökulmasta korostuu tuotantovaihe, jonka päästöihin voidaan vaikuttaa energiatehokkailla tuotantomenetelmillä, mutta sen osuutta lääkkeen elinkaarenaikaisissa vaikutuksissa on kuitenkin vaikea arvioida. Lääkkeiden elinkaari-vaikutusten tarkempi selvittäminen vaatii edelleen lisää tutkimusta. (Sikanen 2019) Yksittäisen julkisen hankkijan neuvotteluvoima lääkehankinnoissa on rajallinen, sillä pitkiin ja globaaleihin toimitusketjuihin vaikutetaan yhteistyössä laajemman, esimerkiksi koko pohjoismaisen, markkinan avulla. Parhaiten julkinen hankkija voi vaikuttaa kriteerien kautta pakkauksiin, pakkausmateriaaleihin sekä kuljetuksen päästöihin, mutta näiden osuutta lääkkeiden elinkaarenaikaisesta päästövaikutuksesta ei tunneta (Ryding et al. 2018).

Hoitotarvikkeiden osalta vähähiilisyyspotentiaalia ei ole voitu arvioida, sillä arviointi edellyttäisi tarkastelua useiden yksittäisten hoitotarvikkeiden osalta. Suurikulutteisten hoitotarvikkeiden ja laitteiden osalta vähähiilisyttä voidaan kuitenkin pyrkiä edistämään energiatehokkuuden kriteereillä. Vähähiilisyystoimenpiteitä voidaan tehdä esimerkiksi tehostamalla tuotteiden kuljetuksia täysiksi kuormiksi ja optimoimalla reittisuunnittelua.

4 Yhteenveto hankintojen vähähiilisyyspotentiaalista

Tuoteryhmäkohtainen tarkastelu osoitti, että hankintakategoriat sisältävät hyvin heterogeenisen joukon erilaisia tuotteita ja tuote-palveluvaihtoehtoja, joiden päästövähennysmahdollisuuksiin vaikuttavat monet tekijät. Hankintakategorian vähähiilisyyspotentiaalin tunnistaminen mahdollistaa hankintojen hiilijalanjäljen toimenpiteiden suunnittelun ja seurannan.

4.1 Hankintakategoriat vähähiilisyyspotentiaalin suunnittelussa

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli arvioida eri hankintakategorioiden vähähiilisyyspotentiaalia (Taulukko 29). Tietoa voidaan hyödyntää esimerkiksi organisaation hankintojen hiilijalanjälkitarkastelussa osoittamaan toteutuneiden eurojen ja päästöjen lisäksi vähähiilisyyspotentiaali, eli missä hankintakategorioiden suurimmat mahdollisuudet saada aikaan vaikuttavia päästövähennyksiä.

Tässä luvussa hankintakategorian vähähiilisyyspotentiaalia arvioidaan perustuen yksittäisistä toimenpiteistä löydettyyn tutkimustietoon ja asiantuntija-arvioihin. Tutkimustulokset oli esitetty prosentteina, mutta koska kukin hankintakategoria sisältää lukuisan määrän erilaisia toimenpiteitä, on mahdollista antaa tarkkaa arviota potentiaalista hankintakategoriatasolla. Siksi tässä yhteenvedossa käytetään kolmiportaista asteikkoa hankintakategorian vähähiilisyyspotentiaalin arviointiin: erittäin merkittävä, suuri ja kohtalainen.

Erittäin merkittävä -luokittelu korostaa sitä, että tutkimusten perusteella löytyi runsaasti esimerkkejä siitä, että tietyillä hankintakategorian toimenpiteillä voidaan saada aikaan suhteellisesti suuri tai erittäin suuri päästövähennys. Nämä toimenpiteet ovat myös usein hankkijan toteutettavissa kohtuullisella tai pienellä vaivalla, esim. energiatehokkuusinvestoinnit. Suuri potentiaali kertoo siitä, että hankintakategoriaan sisältyy ainakin joku tai joitain toimenpiteitä, joilla voidaan aikaansaada suuria päästövähennyksiä. Kohtalainen vähähiilisyyspotentiaali puolestaan kertoo, että hankintakategoriaan sisältyy mahdollisuuksia, joita kannattaa edistää, mutta niillä saavutettava hyöty ei ainakaan yksittäisen hankinnan osalta nouse suureksi, vaikka voikin olla merkittävä skaalautuessaan. Tarkastelussa ei ollut lähtökohtaisesti mukana hankintakategorioita, joissa olisi pieni vaikutuspotentiaali, sillä tarkasteltavat kategoriat valittiin sen mukaan, että ne oli jo aiemmissa tutkimuksissa tunnistettu tärkeimmiksi ja niille on olemassa vähähiilisyyspotentiaalin asettuja kriteerejä tai tavoitteita. Sen sijaan esimerkiksi lääkkeet osoittautuivat tuoteryhmäksi, jonka hiilijalanjälki nousee esiin kansallisessa tarkastelussa, mutta sen elinkaaren aikaisista kasvihuonekaasupäästöistä ja niihin kohdistettujen toimenpiteiden vaikutuksesta ei ole vielä riittävästi tietoa.

On huomioitavaa, että hankintakategorioita ei voida vertailla toisiinsa niiden vähähiilisyyspotentiaalin suhteen, vaan toimenpiteitä voidaan tarkastella ainoastaan hankintakategorian sisällä. Vähähiilisyyspotentiaalia on arvioitu nykyhetkellä saatavilla olevien ja hankinnoissa realistisesti toteutettavissa olevien vaihtoehtojen perusteella. Esimerkiksi ruokapalveluissa 10 % päästövähennystä voidaan pitää kohtuullisen suurena, mutta energiankäytön tai rakentamisen sektorilla vastaava prosentuaalinen vähenemä tulkittaisiin pieneksi, koska näissä hankintakategorioiden suurin mahdollista saavuttaa jopa yli 90 % päästövähennyksiä tietyillä toimenpiteillä. Arvioon voi myös vaikuttaa markkinoiden valmius vastata vähähiiliseen hankintaan. Hankinta ei voi toteutua, jos markkinoiden valmius vastata on riittämätöntä, vaikka yksittäisen hankinnan kohdalla vähähiilisyyspotentiaali voi olla erittäin merkittävä. Siksi hankintakategorioiden toimenpiteitä on tarkasteltava ainoastaan kyseisen hankintakategorian sisällä.

Tarkastelussa on huomioitava myös se, että toimenpiteiden päästövähennyspotentiaalia on tässä tutkimuksessa arvioitu suhteessa tuotteen tai palvelun elinkaarenaikaiseen hiilijalanjälkeen. Näin ollen esimerkiksi monen tavarahankinnan osalta kuljetuksen tai pakkausmateriaalin vaikutus on pieni. Käytännössä hankintakriteerit kuitenkin usein kohdistuvat juuri kuljetuksen päästöihin tai

pakkausmateriaaleihin. Vaikka niiden merkitys onkin pieni yksittäisen tavarahankinnan elinkaaren näkökulmasta, on niillä kuitenkin tärkeä merkitys skaalautumisen näkökulmasta. Esimerkiksi rakennustyömaan päästöt ovat vain muutama prosentti rakennuksen elinkaaren päästöistä, mutta kansallisella tasolla työmaiden päästöillä on huomattava merkitys, minkä vuoksi on tärkeää, että ne huomioidaan järjestelmällisesti kaikissa hankinnoissa. Vastaavasti kuljetuspalveluiden osalta vähäpäästöisen kaluston vaatiminen tukee kansallisia tavoitteita vähähiilisen liikenteen edistämisestä ja antaa signaalin markkinoille, vaikka se ei yksittäisen tuotteen elinkaaren näkökulmasta olisikaan merkittävä päästölähde.

Taulukko 29. Hankintakategorioiden vähähiilisyyspotentiaalit ja merkittävimmät toimenpiteet.

Hankintakategoria	Merkittävimmät päästölähteet	Merkittävimmät toimenpiteet	Vähähiilisyys-potentiaali
Rakennusten energia: sähkö	Fossiilisen sähkön hankinta	Uusiutuvan sähkön hankinta ja energiatehokkuustoimenpiteet rakennuksissa	Erittäin merkittävä
Rakennusten energia: lämpö	Fossiilisen lämmitysenergian hankinta	Matalamman päästökertoimen polttoaineiden hankinta soveltuviin lämmitysjärjestelmiin, lämmitystapamuutokset ja energiatehokkuustoimenpiteet rakennuksissa.	Erittäin merkittävä
Rakentaminen ja rakennukset: Rakennusten rakentaminen ja korjaaminen	Rakennusten päämateriaalien tuotanto, kuten betonien, metallien ja eristeiden	Edellytetään hankinnoissa päämateriaalien valintaa suosien vähähiilisiä materiaaleja.	Suuri
Rakentaminen ja rakennukset: Alueiden rakentaminen ja korjaaminen	Materiaalien tuotannon päästöt sekä kuljetukset	Edellytetään hankinnoissa seuraavia toimenpiteitä: resurssiviisaat materiaalivalinnat, kuten purkubetonin käyttö maarakentamiseen ja kuljetuksen tarpeen minimointi.	Erittäin merkittävä
Rakentaminen ja rakennukset: Rakennusten ja alueiden rakentamis- ja kunnossapitopalvelut	Fossiiliset polttoaineet työkoneissa ja kuljetuksissa	Työmaatoimintojen hankinta päästöttömän tai fossiilitoman konseptin mukaisesti sekä kuljetuksien valinta vähäpäästöisten käyttövoimien mukaan.	Erittäin merkittävä
Matkustaminen ja kuljetukset: Kuljetusvälineet	Fossiiliset polttoaineet kalustossa: päästöt heijastuvat polttoaineiden hankintaan	Kuljetusvälineiden hankinta vähäpäästöisten käyttövoimien ja kulutuksen mukaan. Huomaa, että tämän hankintakategorian päästöt voivat kasvaa, kun hankitaan sähköllä toimivia kuljetusvälineitä.	Erittäin merkittävä (heijastusvaikutuksen kautta)
Matkustaminen ja kuljetukset: Matkustus- ja kuljetuspalvelut	Fossiiliset polttoaineet kalustossa sekä epätehokkaat matkustus- ja kuljetussuoritteet	Uusiutuvaa energiaa tai sähköä hyödyntävien matkustus- ja kuljetuspalveluiden hankinta. Edellytetään hankinnoissa ensisijaisesti käyttötapa-muutoksia tehokkaampien matkustus- ja kuljetuspalveluiden pariin.	Erittäin merkittävä
Elintarvikkeet ja ravitsemuspalvelut	Ruoka-ainesisältö ja hävikki	Tarjontaan vähäpäästöisempien ruoka-aineiden osuuden lisäämisen sekä hävikin minimoinnin edellyttäminen hankinnoissa.	Suuri
Muut koneet ja laitteet	Koneiden ja laitteiden käytön edellyttämät polttoaineet, energia ja materiaalit	Energiatehokkaiden ja vähäpäästöisten käyttövoimien käyttöön soveltuvien koneiden ja laitteiden hankinta.	Erittäin merkittävä
Siivous, pesulapalvelut ja tarvikkeet	Palveluntarjoajien toimiltojen energiankäytön sekä matkustuksen ja	Palveluntarjoajien keskinäinen vertailu merkittävimpien päästölähteiden osalta.	Kohtalainen

Hankintakategoria	Merkittävimmät päästölähteet	Merkittävimmät toimenpiteet	Vähähiilisyys-potentiaali
	kuljetuksen aiheuttamat päästöt		
Huonekalut	Huonekalujen materiaalit ja tuotannon päästöt	Kierrätettyjen ja kunnostettujen kalusteiden hankinta sekä niille pitkän elinkaaren takaaminen huoltopalveluiden avulla.	Suuri
Tekstiilit	Tekstiilikuitujen materiaalit ja tuotanto	Uusiutuvan energian edellyttäminen tuotannossa	Kohtalainen
Elektroniikka ja tietotekniikka: Tietokoneet ja laitteet	Laitteiden materiaalit ja tuotanto	Uusiutuvan energian edellyttäminen tuotannossa	Kohtalainen
Elektroniikka ja tietotekniikka: ICT- ja tietoliikennepalvelut, ATK, käyttöpalvelut	Palveluntarjoajien energiankulutus	Uusiutuvan energian sekä energia-tehokkuuden edellyttäminen palveluntarjoajilta	Kohtalainen
Lääkkeet ja hoitotarvikkeet	Lääkkeiden ja hoitotarvikkeiden tuotanto	-	Ei raportoitu

4.2 Vähähiilisyyspotentiaaliin vaikuttavat lähtötaso, innovaatiot ja teknologinen kehitys

Hankintakategoriakohtaisen vähähiilisyyspotentiaalin suuruusluokka-arvion lisäksi tämä tutkimus tuotti lisätietoa hankintakategorioihin sisältyvistä vähähiilisistä toimenpiteistä ja vaihtoehdoista, jota julkinen hankintayksikkö voi käyttää oman hankintojen hiilijalanjäljen pienentämisen suunnittelussa. Kirjallisuuden avulla tarkennettiin tuoteryhmäkohtaista tietoa siitä, mitä olemassa olevilla ratkaisulla on mahdollista saavuttaa ja mistä hankintayksikkö voisi kohtuullisen helposti ja vaivattomasti saada aikaan vaikuttavia päästövähennyksiä. Tässä tarkastelussa ei tuotu esiin innovaatioiden sisältämää potentiaalia vaan keskityttiin jo tehtyjen ratkaisujen tai koeteltujen teknologioiden aikaansaamaan päästövähennysmahdollisuuksiin. Jos hankintayksikkö kuitenkin asettaa tavoitteet ”tavanomaista” tasoa huomattavasti korkeammalle, on mahdollista, että markkinat tarjoavat siihen innovatiivisia ratkaisuja, joilla päästövähennyksiä voidaan tuottaa vielä merkittävästi enemmän kuin olemassa olevilla ratkaisulla. Innovaatioiden mahdollisuuksien lisäksi eri toimenpiteiden vähähiilisyys tulee oletettavasti muuttumaan, kun energiantuotannon päästökerroin muuttuu. Vähähiilisyyspotentiaali siis muuttuu sekä vertailukohtana olevan lähtötason mukaan että teknologioiden muutoksen myötä.

Hankintayksikön hankintojen vähähiilisyyspotentiaalin tarkastelussa lähtötaso on ratkaiseva. On mahdollista, että hankintayksikkö on jo tehnyt merkittäviä ympäristöparannuksia, jolloin mahdollisuus kustannustehokkaihin lisävähennyksiin on pienempi. Yksittäisen hankinnan osalta esimerkkinä on vihreän sähkön hankinta. Jos hankintayksiköllä on olemassa 100 % vihreän sähkön sopimus, ei laskennallista vähennyspotentiaalia ole, joskin sähkön kulutuksen ja ostoenergian vähentäminen on suotavaa myös kustannussyistä.

Kuntatasolla on järkevää pohtia myös toimenpiteiden merkitystä laajemmin ja suhteuttaa hankintojen avulla saatavat päästövähennykset muihin kunnassa tehtäviin toimenpiteisiin. Jos esimerkiksi liikenteen osalta on jo tehty merkittäviä parannuksia, niin kustannustehokkaammat lisäpäästövähennykset voitaisiin ehkä toteuttaa rakentamisen toimialalla, jossa mahdollisuuksia päästövähennyksiin hankintojen kautta on olemassa, tai päinvastoin.

4.3 Vähähiilisyyspotentiaali mahdollistaa tavoitteiden asettamisen ja mittaamisen

Hankinnat, erityisesti isot investoinnit, kohdentuvat epätasaisesti eri vuosille, minkä vuoksi vuotuinen hankintojen hiilijalanjäljen seuranta ei välttämättä anna oikeaa kuvaa hiilijalanjäljen kehittymisestä. Hankintojen hiilijalanjäljen seuranta tulisikin toteuttaa joko hankintakohtaisesti arvioimalla tai hankintakategoriakohtaisesti vuoden aikana tehdyt hankinnat ja niissä toteutetut toimenpiteet huomioiden. Sen sijaan läpileikkaava päästövähennystavoite kaikille hankinnoille ei riittävästi huomioi hankintakategorioiden ja niihin sisältyvien toimenpiteiden erilaisuutta vähähiilisyden näkökulmasta. Tavoitteita asetettaessa on siis huomioitava hankintakategorioiden erilainen vaikutusmahdollisuus päästövähennyksiin. Myös hankintayksiköiden valmius toteuttaa vähähiilisiä hankintoja poikkeaa lähtötasoltaan toisistaan. Hankintakategoriakohtainen tarkastelu hankintayksikön hankintojen hiilijalanjäljestä sekä oman osaamisen tunnistaminen ja kartoitus auttavat laatimaan vähähiilisten hankintojen toimintasuunnitelman, jossa tulisi ensisijaisesti keskittyä niihin hankintoihin, joissa on:

- merkittävin vähähiilisyyspotentiaali, mahdollisesti alhainen lähtötaso,
- olemassa olevia keinoja, kriteerejä ja muita toimenpiteitä,
- sekä hankintayksikön osaamista ja resursseja tarttua toimeen.

Hankinnoilla voi tällöin olla ohjausvaikutusta julkisen sektorin ilmastotavoitteiden vauhdittajana. Ohjausvaikutuksen näkökulmasta on toki myös hyvä tunnistaa sellaiset hankintakategoriat, joiden hiilijalanjälkeen ei voida hankinnoilla juuri vaikuttaa, vaikka niillä päästöjä onkin. Esimerkki tällaisesta hankintakategoriasta on asiantuntijapalvelut, joka nousee hankintojen hiilijalanjälkitarkastelussa melko suureksi päästölähteeksi. Vähähiilisyyspotentiaalitarkastelu kuitenkin osoitti, että juuri tähän hankintayksiköillä on melko vähän vaikutusmahdollisuuksia. Asiantuntijapalveluissa syntyy toki päästöjä palvelun tuotannosta, kuten tilojen lämmityksestä, sähkönkäytöstä ja matkustamisesta, mutta hankintojen kautta näihin ei voida vaikuttaa, koska hankinnan kriteerien tulee kohdistua ensisijaisesti hankittavaan tavaraan tai palveluun. Tällaisissa tapauksissa voi olla muita keinoja kannustaa toimittajaa energiatehokkaaseen ja ympäristöystävälliseen toimintatapaan.

5 Johtopäätökset

Julkisten hankintojen hiilijalanjälkitietoa ja vähähiilisyyspotentiaalin arviota voidaan hyödyntää sekä kansallisella että organisaatiotasolla. Kansallisella tasolla vähähiilisyystietoa voidaan hyödyntää hankintojen ohjausvaikutuksen kohdentamisessa vaikuttaviin tuoteryhmiin sekä tavoitteiden asetannan suunnittelussa ja mittaamisessa. Tuoteryhmäkohtainen vähähiilisyystieto auttaa tunnistamaan sellaiset sektorit ja toimialat, joissa voidaan saada aikaa merkittäviä päästövähennyksiä hankintojen kautta.

Organisaatiotasolla hankintayksiköt voivat täsmentää omien hankintojensa nykytilaa esimerkiksi analysoimalla Hankintapulssin avulla laskettua vuotuista hankintojen hiilijalanjälkeä ja käytettyjä euroja hankintakategoriakohtaisen vähähiilisyyspotentiaalin näkökulmasta. Edelleen hankintayksikkö voi tarkastelun pohjalta asettaa tavoitteita yksittäisille hankintakategorioille ja suurimmille hankinnoille. Vähähiilisyyspotentiaalitarkastelu kannustaa hankintayksiköitä edistämään hankintojensa vähähiilisyttä ja pienentämään niiden hiilijalanjälkeä ns. jatkuvan parantamisen keinoilla, eli valitsemaan työkalupakista kuhunkin lähtötilanteeseen sopivat keinot ja nostamaan rimaa sitä mukaa kun sekä omat että markkinoiden valmiudet vähähiilisten ratkaisujen käyttöönotossa paranevat.

Vähähiilisyyspotentiaalin tarkastelu yksittäisessä hankinnassa edellyttää usein tarkempaa tuoteryhmäkohtaista tuntemusta sekä toimittajamarkkinatietoa olemassa olevista ratkaisuista. Hiilijalanjälki sellaisenaan ei riitä kilpailukriteeriksi vaan se edellyttää läpinäkyvää ja kaikille yhtäläistä laskentatapaa, sekä tietojen todentamista. Hiilijalanjälki on herättänyt kiinnostusta kilpailutus-kriteerinä, mutta siihen soveltuvia menetelmiä on vielä vähän. Toimittajalta voi kuitenkin jo nyt pyytää hiilijalanjälkitietoa tuotteista sekä toimenpiteistä, joilla toimittaja pyrkii vähentämään tuotteen tai palvelun päästöjä koko sen elinkaaren aikana. Hiilijalanjäljen ja tuotekohtaisen elinkaaritiedon tuominen markkinavuoropuheluun antaa selkeän signaalin markkinoille asian tärkeydestä hankintayksikölle.

Vähähiilisyyspotentiaalin tarkastelu hakee vastauksia ensisijaisesti hankintojen ilmastovaikutusten pienentämiseen sekä hankintayksiköiden ilmastotavoitteiden toteutukseen. Vähähiilisyys on kuitenkin vain yksi hankintojen kestävyystavoitteista. Käytännössä hankintojen hinnan, laadun ja yhteiskunnallisten tavoitteiden toteutumisen tasapaino löytyy näiden tavoitteiden yhteensovittamisesta tavalla, joka tuottaa kustannuksiltaan järkevän ja laadultaan hyvän sekä ilmastotavoitteita ja muuta ekologista kestävyttä edistävän julkisen palvelun.

Lähteet

- Agenda2030. 2022. Global Agenda for Sustainable Development. <https://kestavakehitys.fi/en/agenda2030> [Viitattu 23.4.2022.]
- Ahola, R. & Liljeström, K. 2018. Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen pienentäminen kustannustehokkaasti vuokratilokohdeissa. ARA. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen raportteja 2018:08. https://joutsenmerkki.fi/wp-content/uploads/2018/12/Hiilijalanj%C3%A4ljen-pienent%C3%A4minen-kustannustehokkaasti_2018.pdf
- Alhola, K., Karhinen, S. & Lounasheimo, J. 2020. Julkisten hankintojen vaikutukset bussihankinnoissa: Esimerkkinä HSL:n sähköbussihankinnat 2015-2020. <https://www.hankintakeino.fi/fi/keinokkaat-esimerkit/sahkobussien-hankinta-case-hsl-0>. [Julkaistu 05.06.2020; selvitys laadittu 02.04.2020.]
- Alhola, K., Sankelo, P., Antikainen, R., Helonheimo, T., Kaljonen, M., Karjalainen, L., Linjama, J., Lounasheimo, J., Peltonmaa, J., Pesu, J., Sederholm, C. & Tainio, P. 2019. Vähähiilisyys ja kiertotalous julkisissa hankinnoissa. Kiihdyttämö-hankkeen tulokset, opit ja kokemukset. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 45/2019. <http://hdl.handle.net/10138/306901>
- Alhola, K. & Kaljonen, M. 2017. Kestävät julkiset hankinnat – nykytila ja kehittämisehdotuksia. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 32/2017. <http://hdl.handle.net/10138/228340>
- Andersen, C., Rasmussen, F., Zimmermann, R., Kanafani, K. & Birgisdottir, H. 2019. Livscyklusvurdering for cirkulære løsninger med fokus på klimapåvirkning: Forundersøgelse. Polyteknisk Boghandel og Forlag. SBI Bind 2019:08. https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/328959571/SBI_2019_08.pdf
- Barlow, S. 2021. Infrastruktuuriratkaisujen johtaja, Fujitsu, Oseania. Green data centers: the key to energy efficiency in a digital world. <https://www.datacenterdynamics.com/en/opinions/green-data-centers-the-key-to-energy-efficiency-in-a-digital-world/>. [Julkaistu 07.08.2021.]
- Bieker, G. 2021. A global comparison of the life-cycle greenhouse gas emissions of combustion engine and electric passenger cars. International Council on Clean Transportation Europe – ICCT, Berlin. https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/12/Global-LCA-passenger-cars-jul2021_0.pdf
- Calculus. 2020. ISOVER-lasivillaeristeet ovat tutkitusti vähähiilisiä – päästövertailu auttaa päätöksenteossa. <https://news.calculus.com/isover-lasivillaeristeet-ovat-tutkitusti-vahahiilisia-paastovertailu-auttaa-paatoksenteossa/> [Viitattu 10.05.2022.]
- CGI. 2021. CGI Aromi ja Satokausikalenteri vievät sesonkiajattelua nyt Ruotsin ammattikeittiöihin. <https://www.cgi.com/fi/fi/uutinen/aromi/cgi-aromi-ja-satokausikalenteri-vievat-sesonkiajattelua-nyt-ruotsin> [Julkaistu 07.04.2021.]
- Dettenborn, T., Kohonen, R., Känkänen, R. & Niemelin, T. 2018. CO₂-päästölaskennan kehittäminen Skanssin alueella Turun kaupungin infrarakentamisessa. Turun kaupunki.
- Ecoinvent. 2022. For the availability of environmental data worldwide. Database <https://ecoinvent.org/> [Viitattu 10.05.2022.]
- Energiamerkintä. 2022. Yleisesti ja UKK. <https://energiamerkinta.fi/energiamerkinta/> [Viitattu 10.05.2022.]
- Energiavirasto. 2022. Sähkön alkuperätakuu. <https://energiavirasto.fi/sahkon-alkupera> [Viitattu 29.03.2022.]
- ERA. 2019. Carbon Footprint of Construction Equipment. European Rental Association - ERA, Climate Neutral Group - CNG.
- Fingrid. 2021. Sähköntuotannon CO₂-päästöarvio. Helsinki. <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinainformaatio/co2/> [Viitattu 25.11.2021.]
- Helen. 2021. Konesalien hukkalämmöstä hiilineutraalia kaukolämpöä: Telian datakeskus lämmittää helsinkiläisiä koteja, Helsinki: <https://www.helen.fi/uutiset/2021/konesalien-hukkalammosta-hiilineutraalia-kaukolampoa> [Helen-uutisartikkeli, julkaistu 21.04.2021.]
- Hirvonen, J., Jokisalo, J., Sankelo, P., Niemelä, T. & Kosonen, R. 2020. Emission Reduction Potential of Different Types of Finnish Buildings through Energy Retrofits. Buildings 10(12)234. <https://doi.org/10.3390/buildings10120234>
- HomeSelfe. 2022. Energy Efficient Computers vs. Regular Computers. <https://www.homeselfe.com/energy-efficient-computers-vs-regular-computers/#top> [Viitattu 19.05.2022.]
- Huomo, R., Juvonen, H.-M., Petäjäniemi, K., Herzon, M. & Turula, S. 2022. Hiilijalanjäljen soveltaminen julkisissa hankinnoissa. Selvitys laskentamenetelmien kehitystyöstä rakentamisessa ja ruokahankinnoissa. CANEMURE -hankkeen julkaisu. https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/ilmastoteot/hankkeet/canemure/canemure_raportti0703_3.pdf [Viitattu 1.6.2022.]
- IMO. 2009. Second IMO GHG Study 2009. International Maritime Organization (IMO), London.

- Institute for sensible transport. 2018. Transport Strategy Refresh: Transport, Greenhouse Gas Emissions and Air Quality. Melbourne.
- Island Senior Resources. 2019. Shop Sustainably. <https://senior-resources.org/senior-thrift-good-for-environment/>. [Julkaistu 15.09.2019.]
- Jääskeläinen, T. 2015. Viisas liikkuminen: Kestävät liikkumisvalinnat. Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä, Helsinki. [Päivitetty 16.01.2015.]
- Kalimo, H., Alhola, K., Virolainen, V., Miettinen, M., Pesu, J., Lehtinen, S., Nissinen, A., Heinonen, T., Suikkanen, J., Soukka, R., Kivistö, T., Kasurinen, H., Jansson, M., Mateo, E. & Ünekbas, S. 2021. Hiili- ja ympäristöjalanjälki hankinnoissa – lainsäädäntö ja mittaaminen (HILMI). Valtioneuvoston kanslia, Helsinki. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:2. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-097-4> S
- Kangas, H., Sankelo, P., Kautto, P., Ruokamo, E., Lazarevic, D., Mattinen-Yuryev, M., Turunen, T. & Nissinen, A. 2019. Taloudellisten kannusteiden käyttö vähähiilisen rakentamisen ohjauksessa: TALO-hankkeen loppuraportti. Ympäristöministeriö, Helsinki. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-039-2>
- KEINO. 2018a. Päästöttömät työmaat -green deal sopimus. <https://www.hankintakeino.fi/fi/yhteistyö-ja-verkostoituminen/hankintojen-green-deal-sopimukset/kaynnistyneet-green-dealit-0>. [Julkaistu 29.11.2018.]
- KEINO. 2018b. Vastuullinen laitehankinta, uusiolaitteita yläkoululaisille - Case Forssa. <https://www.hankintakeino.fi/fi/keinokkaat-esimerkit/vastuullinen-laitehankinta-uusiolaitteita-ylakoululaisille-case-forssa>. [Julkaistu 29.08.2018.]
- KEINO. 2020a. Vähähiilisen urakan hankinta, Länsirannan koulu - Case Kuopio. <https://www.hankintakeino.fi/fi/keinokkaat-esimerkit/vahahiilisen-urakan-hankinta-lansirannan-koulu-case-kuopio>. [Julkaistu 10.02.2020.]
- KEINO. 2020b. Päästöttömän työmaan pilotti: Kulosaaren puistotien urakka - Case Helsingin kaupunki. <https://www.hankintakeino.fi/fi/keinokkaat-esimerkit/paastottoman-tyomaan-pilotti-kulosaaren-puistotien-urakka-case-helsingin>. [Julkaistu 30.11.2020.]
- KEINO. 2021. Vähähiilisten hankintojen pelikirja. <https://www.hankintakeino.fi/sites/default/files/media/file/KEINO-pelikirja-08122021.pdf> [Julkaistu 7.12.2021.]
- Koskela, S., Korhonen, M., Seppälä, J., Häkkinen, T. & Vares, S. 2011. Materiaalinäkökulma rakennusten ympäristöarvioinnissa. Suomen ympäristökeskus, Suomen ympäristökeskuksen raportteja 16/2011:16. <http://hdl.handle.net/10138/39687>
- Koskinen, A. 2014. Ilmalämpöpumpun kannattavuus pientalon eri päälämmitysjärjestelmien tukena. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Ympäristötekniikan koulutusohjelma, Lappeenranta. Kandidaatintyö.
- Kuittinen, M. 2014. Rakennusten ilmastovaikutusten vertailu, Katsaus 2000-luvulla tehtyihin tutkimuksiin. Rakennustuoteteollisuus ry ja Puutuotejaosto.
- Laitinen, J. 2011. Energiatohokas konesali. Motiva Oy ja Insinööritoimisto Olof Granlund Oy, Ympäristömerkitty painotuote 44/017.
- Lindgren, S. 2019. Rakentamisen ympäristövaikutusten ohjaus – vaikuttava teko hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä. <https://tulevaisuudenrakentaminen.samk.fi/2019/05/31/rakentamisen-ymparistovaikutusten-ohjaus-vaikuttava-teko-hiilidioksidipaastojen-vahentamisessa/>. [Rakentamisen ympäristövaikutusten ohjaus – vaikuttava teko hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä – Tulevaisuuden rakentaminen (samk.fi). [Julkaistu 31.05.2019.]
- Lounasheimo, J., Helonheimo, T., & Kaljonen, M. 2019. Turun ruokapalveluiden hiilijalanjäljen vähentäminen. Turun kaupungin ympäristöjulkaisuja 1/2019, Helsinki. Kiihdyttämö-hanke https://www.turku.fi/uutinen/2019-09-06_koulu-ja-paiva-kotiruokailun-hiilidioksidipaastoja-voidaan-vahentaa-merkittavasti [Julkaistu 6.9.2019.]
- LUT University. 2019. Aurinkoenergia ja aurinkosähkö Suomessa. <https://www.lut.fi/fi/artikkelit/aurinkoenergia-ja-aurinkosahko-suomessa>. [Julkaistu 27.02.2019.]
- Lyng, K. & Brekke, A. 2019. Environmental Life Cycle Assessment of Biogas as a Fuel for Transport Compared with Alternative Fuels. *Energies*, 12(3): 532. <https://doi.org/10.3390/en12030532>
- Martela. 2021. Hiilijalanjälki. <https://www.martela.com/fi/tietoa-meista/vastuullisuus/hiilijalanjalki>. [Viitattu 15.12.2021.]
- Meriläinen, S., Tani, A., Koskinen, K., Suominen, M., Paatsema, M., Immonen, K., Lassila, S., Pahkakangas, S., Sankelo, P., Pätynen, A., Rantsi, J., Haapamäki, T. & Heinonen, O. 2020. Kohti hiilineutraalia kaupunkia - Millä on merkitystä? Vartiokylänlahden rakentamisalueiden elinkaaren aikaisten ilmastopäästöjen arviointi. Helsingin kaupunki, Helsinki. Kaupunkiympäristön toimiala.
- Microsoft. 2020. The carbon benefits of cloud computing, A study on the Microsoft Cloud in partnership with WSP. Microsoft corporation.

- Mobinet Oy. 2022. Kattava kuva työmatkaliikenteen nykytilasta ja muutospotentiaalista. <https://www.mobinet.fi/palvelut/henkilokuntakysely/> [Viitattu 20.05.2022.]
- Motiva. 2012. Kiinteistön energiatehokkaat sähkötekniset ratkaisut. https://www.motiva.fi/files/7974/Kiinteiston_energiatehokkaat_sahkotekniset_ratkaisut.pdf [Julkaistu 2012.]
- Motiva. 2016. Tutkittua energiansäästöä ilmalämpöpumpulla. Motiva Oy, Elvari-ohjelma.
- Motiva. 2019. Henkilökuljetukset, Ohje ympäristökriteereistä julkisissa hankinnoissa. Motivan julkaisu, Motiva Oy, Ympäristömerkitty painotuote 441/017.
- Motiva. 2020. Rakentaminen ja rakennukset. https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kestavat_julkiset_hankinnat/tietopankki/rakentaminen_ja_rakennukset [Päivitetty 10.08.2020.]
- Motiva. 2021 a. Mikä on energiatodistus? https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatodistusneuvonta/mika_on_energiatodistus#:~:text=Energiatodistus%20on%20ty%C3%B6kalu%20rakennusten%20energiatehokkuuden,ominaisuuksiin%20ja%20niist%C3%A4%20johdettuun%20energiankulutukseen [Päivitetty 29.11.2021.]
- Motiva. 2021 b. Lämmitysverkoston perussäätö. https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian kaytto/lammitusverkoston_perussaato [Päivitetty 29.03.2022.]
- Motiva. 2021 c. Patteriverkon perussäätö. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot_-_yhdedssa_energiatehokkaasti/lammitys/patteriverkon_perussaato [Päivitetty 10.9.2021.]
- Niemelä, J. 2015. Pöytätietyöelinten elinkaariarviointi ja ekologinen käyttö. Hämeen ammattikorkeakoulu, Tietotekniikan koulutusohjelma, Forssa. Opinnäytetyö.
- Niinimäki, K., Peters, G., Dahlbo, H. Perry, P., Rissanen, T. & Gwilt, A. 2020. The environmental price of fast fashion. *Nature Reviews Earth Environment* 1, 189–200. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0039-9>
- Nissinen, A. & Savolainen, H., toim., Alhola, K., Mäenpää, I., Nurmela, J. & Salo, M. 2019. Julkisten hankintojen ja kotitalouksien kulutuksen hiilijalanjälki ja luonnonvarojen käyttö – ENVIMAT-mallin tuloksia. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 15/2019.
- Nylund, N., Söderena, P & Rahkola, P. 2016. Työkoneiden CO₂ päästöt ja niihin vaikuttaminen. Tutkimusraportti, VTT-R-04745-16.
- Ojala, T. & Oksanen, P. 2021. ICT-alan ilmasto- ja ympäristöstrategia. Liikenne- ja viestintäministeriö, Helsinki. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 4/2021. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-587-3>
- Pahkakangas, S., Nuotio, A., Mölsä, K., Vienonen, S., Räsänen, J., Parkkisenniemi, J., Hälikkä, J. & Matilainen, T. 2020. Hämeentien CO₂-päästölaskenta ja ilmastoviisaat tarkastelut. Helsingin kaupunki, Helsinki. Kaupunkiympäristön aineistoja 30/2020.
- Parma Oy. 2021. Parman vähähiilinen ontelolaatta. <https://parma.fi/tuote/parman-vahahiilinen-ontelolaatta/> [Viitattu 24.5.2022.]
- Partanen, P. 2019. ICT-ilmastotalkoot tapahtuvat konesaleissa. <https://www.tek.fi/fi/uutiset-blogit/ict-ilmastotalkoot-tapahtuvat-konesaleissa> [Julkaistu 24.9.2019.]
- Pasanen, P. 2012. Hiilidioksidipäästöjen vähentämismahdollisuudet betonirakentamisessa. Betoniteollisuus.]
- Pavlenko, N., Comer, B., Zhou, Y., Clark, N. & Rutherford, D. 2020. The climate implications of using LNG as a marine fuel. International Council on Clean Transport (ICCT).
- Petkar, S. 2016. Environmental Impact of Construction Materials and Practices. doi:10.13140/RG.2.1.2581.0001
- Posti. 2020. Postin Rahtipalveluille Suomen suurin biokaasukäyttöinen raskaan liikenteen rekkakalusto – kymmenen uutta bio-kaasurekkaa käyttöön ympäri Suomea tänä vuonna. <https://www.posti.com/media/mediauutiset/2020/postin-rahtipalveluille-suomen-suurin-biokaasukayttoinen-raskaan-liikenteen-rekkakalusto--kymmenen-uutta-biokaasurekkaa-kayttoon-ympari-suomea-tana-vuonna/> [Julkaistu 27.10.2020.]
- Raivio, T., Laine, A., Klimscheffskij, M., Heino, A. & Lehtomäki, J. 2020. Vähähiilinen rakennusteollisuus 2035, Rakennusteollisuuden ja rakennetun ympäristön vähähiilisuuden tiekartta 2020-2035-2050. (Osa 4. Lopullinen versio). Rakennusteollisuus, Helsinki.
- Rakennusteollisuus. 2020. KEKRI – Kestävät kriteerit rakennusten vähähiilisuuden arviointiin. Rakennusten hiilijalanjälkitarkastelut. Rakennusteollisuus ja Vesitaito. KEKRI-hankkeen loppuraportti.
- Rakentaja. 2022. Yleisimmät rakentamiseen käytetyt puulajit Suomessa. <https://rakentaja.pro/artikkelit/puu-rakennusmateriaalina-yleisimm%C3%A4t-rakentamiseen-k%C3%A4ytetyt-puulajit-suomessa/> [Päivitetty 21.04.2022.]

- READ Xamk. 2018. Meriliikenne – suurin saastuttaja vai kestävin kuljetusmuoto? Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun verkkolehti 2018:4.
- Ripatti, H. 2014. Pienkerrostalon hiilijalanjäljen laskenta. Satakunnan ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
- Rokkanen, P. 2021. Petri Rokkanen: Aurinkosuojausessa vielä paljon hyödynnettävää. <https://www.articstore.fi/ajankoh-taista/petri-rokkanen-aurinkosuojausessa-viela-paljon-hyodynnettavaa/> [Viitattu 7.12.2021.]
- Rose, L., Hussain, M., Ahmed, S., Malek, K., Costanzo, R. & Kjeang, E. 2013. A comparative life cycle assessment of diesel and compressed natural gas powered refuse collection vehicles in a Canadian city. *Energy Policy* 52:453-461. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.09.064>.
- Rudus. 2021. Rudus Vihreä betoni. <https://www.rudus.fi/tuotteet/betoni/vihrea-betoni> [Viitattu 7.12.2021.]
- Ryding, S.-O., Alhola, K., Audra A., Grazvydas, J., Äystö, L., Moch, K. & Pagh-Skov, L. 2018. Green Public Procurement of Pharmaceuticals in the Baltic Sea Region (GrePPP). Report on the state of play including an overview of national policies and ongoing activities. <https://interreg-baltic.eu/project/greppp/>
- Saarinen, M., Kaljonen, M., Niemi, J., Antikainen, R., Hakala, K., Hartikainen, H., Heikkinen, J., Joensuu, K., Lehtonen, H., Mattila, T., Nisonen, S., Ketoja, E., Knuutila, M., Regina, K., Rikkinen, P., Seppälä, J. & Varho, V. 2019. Ruokavaliomuutoksen vaikutukset ja muutosta tukevat politiikkayhdistelmät. Valtioneuvosto, Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2019:47. (RuokaMinimi-hankkeen loppuraportti) <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-773-4>
- Saarinen, S., Kurppa, S., Virtanen, Y., Usva, K., Mäkelä, J. & Nissinen, A. 2012. Life cycle assessment approach to the impact of home-made, ready-to-eat and school lunches on climate and eutrophication. *Journal of Cleaner Production* 2012(28): 177-186. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.11.038>
- Sahni, S., Boustani, A., Gutowski, T.G. & Graves, S.C. 2010. Reusing Personal Computer Devices – Good or Bad for the Environment? Sustainable Systems and Technology (ISSST), IEEE International Symposium. <http://dx.doi.org/10.1109/ISSST.2010.5507714>
- Salmu, M. 2021. Luomumaidon ilmastovaikutus tavanomaista pienempi. <https://www2.helsinki.fi/fi/ruralia-instituutti/koulutus/luomutietoverkon-materiaalit/luomumaidon-ilmastovaikutus-tavanomaista-pienempi>. [Viitattu 07.12.2021.]
- Sandlin, G., Roos, S., Spak, B. & Zamani, B. 2019. Environmental assessment of Swedish clothing consumption – six garments, sustainable futures. Mistra Future Fashion. Göteborg. ISBN:978-91-89049-05-5
- Sankelo, P. & Alhola, K. 2020. Kohti vähäpäästöistä rakennuskantaa. Canemure-hankkeen ja KEINO-osaamisverkoston taustamuistio. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. - 17 s.
- Sederholm, C. 2019. Kiertotalouden rakennusmateriaalien markkinakatsaus, Esimerkkejä rakentamisen uusiutuotteista ja -materiaaleista. <https://www.hankintakeino.fi/fi/ajankohtaista/uutiset-artikkelit/uusiomateriaaleista-tehdyt-ja-vahahiiliset-rakennusmateriaalit>. [Julkaistu 27.05.2019.]
- Senaatti. 2020. Hiilijalanjälki rakennushankkeen ohjauksessa-case Suomalais-venäläinen koulu. Senaatti-kiinteistöt, Helsinki.
- Sikanen, T. 2016. Ympäristövaikutukset lääkkeen elinkaareissa. *Sic!*:3. <https://www.julkari.fi/handle/10024/131112>
- Sitra. 2017. Laadukas tietokone käytettynä. <https://www.sitra.fi/caset/laadukas-tietokone-kaytettyna/> [Julkaistu 28.12.2017.]
- Soimakallio, S., Häkkinen, T. & Seppälä, J. 2021. Puutuotteet hiilivarastona ja uusiutumattomien materiaalien korvaajina: Puurakentamisen lisäämisen vaikutukset kasvihuonekaasutaseisiin Suomessa vuoteen 2035 mennessä. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 45/2021. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-5437-9>
- SSAB. 2022. Teräksen elinkaari. <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/kestava-kehitys/kestava-tuotevalikoima/teraksen-elinkaari> [Viitattu 25.5.2022.]
- SYKE (Suomen ympäristökeskus). 2017. Uusiotietokoneita Forssan yläkoululaisille. <https://kestavyysloikka.ymparisto.fi/uusiotietokoneita-forssan-ylakoululaisille/> [Julkaistu 27.11.2017.]
- SYKE (Suomen ympäristökeskus). 2022. Rakentamisen päästötietokanta. <https://co2data.fi/> [Viitattu 10.05.2022.]
- Tertsunen, P., Ankuri, T., Leino, M. & Uusitalo, V. 2021. Työvaatehankinnan elinkaari-vaikutukset: Ilmastovaikutukset, vedenkulutus ja kustannukset. Helsingin kaupunki, Helsinki. Kaupunkiympäristön aineistoja 6/2021. <https://www.hel.fi/sta-tic/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/aineistot/aineistoja-06-21.pdf>
- Tikkanen, T. 2020. Rakennusmateriaalien vaikutus kerrostalorakentamiseen. Tampereen yliopisto, Rakennetun ympäristön tiedekunta, Tampere. Diplomityö.

- Torniainen, S. 2022 Perinteisen tierakenteen ja OKTO-tuoterakenteen hiilijalanjälkivertailu. CO₂-ekv. päästölaskenta Case Valatie 4 välillä Viantie-Maksniemi, Simo. <https://www.destia.fi/palvelut/kiviaines-ja-kiertotalous/okto-rakennustuotteet/> [Julkaistu 01.04.2022.]
- Traficom. 2021. Liikenteen CO₂-päästöt liikennemuodoittain sekä maakunnittain. <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/liikenteen-co2-paastot-liikennemuodoittain-seka-maakunnittain#:~:text=Tieliikenteen%20hiilidioksidip%C3%A4%C3%A4st%C3%B6ist%C3%A4%20noin%2053%20%25%20synty,%25%20mootto-ripy%C3%B6rist%C3%A4%20mopoista%20ja%20mopoautoista> [Päivitetty 09.12.2021.]
- Tuusjärvi, A. 2021. Ympäristövaikutusten kartoitus ja päästöjen vähentäminen infrahankkeessa. Metropolia Ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikka, Helsinki. Opinnäytetyö.
- Turun AMK. 2019. Malmön kaupungin kierrätettyjen kalusteiden hankinta. <https://kestavyysoikka.ymparisto.fi/malmon-kaupungin-kierratettyjen-kalusteiden-hankinta/> [Julkaistu 02.10.2019.]
- Unilever. 2020. Unilever to eliminate fossil fuels in cleaning products by 2030. <https://www.unilever.com/news/press-and-media/press-releases/2020/unilever-to-invest-1-billion-to-eliminate-fossil-fuels-in-cleaning-products-by-2030/> [Julkaistu 02.09.2020.]
- UUMA4. 2021. Tutkittua tietoa uusiomateriaalien käytöstä maarakentamisessa. <https://www.uusiomaarakentaminen.fi/> [Viitattu 07.12.2021.]
- Valtonen, O. 2020. Ensimmäiset LSL:n liikennöimät linja-autot ajavat nyt biodieselillä – päästöt jopa 90 prosenttia pienemmät. Etelä-Suomen Sanomat, verkkouutinen.
- Vares, S. 2018. Moduulirakentamisen elinkaarenaikainen hiilijalanjälki. VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo. VTT Asiakasraportti No. VTT-CR-05695-18.
- Vares, S. 2022. Rakennusmateriaalien merkitys vähähiilisessä rakentamisessa. KEINO vähähiilisen palvelurakentamisen webinaari. [10.02.2022.]
- Viitaharju, L., Kujala, S., Hakala, O. & Trogen, A. 2020. Lähiruoka puheissa ja teoissa - Julkiskeittiöiden lähiruoan käytön muutos 2013 ja 2019 välillä. Helsingin yliopisto, Ruralia-instituutti, Helsinki. Raportteja 201. ISBN: 978-951-51-3785-2
- VR. 2022. Tulevaisuus liikkuu raiteilla – ilmastoystävällinen juna vähentää koko Suomen päästöjä. <https://www.vrgroup.fi/fi/vrgroup/uutiset/tulevaisuus-liikkuu-raiteilla-ilmastoystavallinen-juna-vahentaa-koko-suomen-paastoja-020920211012/> [Viitattu 09.05.2022.]
- Weiste, H., Metsäranta, H. & Rinta-Piirto, J. 2020. Rataverkon toimenpiteiden liikennejärjestelmä- ja ilmastovaikutukset. Väylävirasto, Helsinki. Väyläviraston julkaisuja 39/2020. https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vj_2020-39_rataverkon_toimenpiteiden_web.pdf
- WorldGBC. 2019. Bringing embodied carbon upfront. Coordinated action for the building and construction sector to tackle embodied carbon. World Green Building Council – WorldGBC, London and Canada.
- Ympäristöhallinto. 2016. Ilmalämpöpumppu säästää energiaa – tietyin ehdoin. <https://www.ymparisto.fi/fi-fi/rakentaminen/korjaustieto/pientalot/Energiatohokkuus/Energialahteet/Ilmalampopumppu> [Viitattu 28 3 2022.]
- Ympäristöministeriö. 2021. Vähähiilinen rakentaminen. <https://ym.fi/vahahiilinen-rakentaminen>. [Viitattu 25.5.2022.]



S Y K E

ISBN 978-952-11-5501-7 (PDF)

ISBN 978-952-11-5502-4 (nid.)

ISSN 1796-1726 (verkkoy.)

ISSN 1796-1718 (pain.)