

Konsta Pöytäkivi

YMPÄRISTÖYSTÄVÄLLISET KONEET JA LAITTEET RAKENNUSTYÖMAALLA

Kandidaatintyö
Rakennetun ympäristön tiedekunta
Toukokuu 2024

TIIVISTELMÄ

Konsta Pöytäki: Ympäristöystävälliset koneet ja laitteet rakennustyömaalla
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Rakennustekniikka
Toukokuu 2024

Koneet ja laitteet ovat tärkeä osa jokaista modernia rakennustyömaata. Koneet ja laitteet kuitenkin aiheuttavat merkittävän määrän erilaisia päästöjä, jotka ovat ympäristölle haitallisia. Ympäristöystävällisten valintojen merkitys kasvaakin jatkuvasti ja sen takia on tärkeää, että myös rakennettua ympäristöä pyritään tekemään yhä ympäristöystävällisemmäksi. Työn tavoite on selvittää, mitkä ovat ympäristöystävällisiä vaihtoehtoja tavanomaisesti rakennustyömaalla käytetyille koneille ja laitteille.

Kandidaatin työ jakaantuu kuuteen eri lukuun ja työ suoritettiin kirjallisuustutkimuksena. Johdannon jälkeisessä toisessa luvussa käsitellään yleisimpiä koneita ja laitteita, joita rakennustyömaalla käytetään. Toisessa luvussa käsitellään myös näiden koneiden ja laitteiden käyttötarkoituksia. Kolmannessa luvussa määritellään ympäristöystävällisyys ja sen merkitys. Luvussa käsitellään myös ympäristöystävällisyyttä erityisesti rakennustyömaalla. Neljännessä luvussa on esitetty erilaisia ympäristöystävällisiä vaihtoehtoja yleisesti rakennustyömaalla käytetyille koneille ja laitteille. Viidennessä luvussa käsitellään näiden ympäristöystävällisten koneiden ja laitteiden vaikutuksia rakennustyömaan talouteen, ja niiden käytännöllisyyttä verrattuna perinteiseen kalustoon.

Kirjallisuustutkimus osoittaa, että suurimmalle osalle rakennustyömaalla käytetyistä koneista ja laitteista löytyy ympäristöystävällinen vaihtoehto. Suurin osa ympäristöystävällisistä vaihtoehtoista oli sähkökäyttöisiä, jotka eivät kaikki kuitenkaan ole vielä käytännöllisyydeltään perinteisten polttomoottoristen koneiden ja laitteiden tasolla varsinkaan akunkeston puolesta. Ympäristöystävälliset koneet ja laitteet eivät olleet hankinta- ja käyttöhintaa huomioon ottaen huomattavasti kalliimpia kuin tavanomaiset koneet ja laitteet. Kuitenkin tulevaisuudessa näiden sähkökäyttöisten koneiden ja laitteiden akunkeston parantuessa on todennäköistä, että ne tulevat korvaamaan suuren osan polttomoottorisesta kalustosta. Jatkotutkimusta kannattaisi toteuttaa siitä, miten ympäristöystävällisten koneiden ja laitteiden käyttöönottoa rakennustyömaalla saataisiin tehostettua.

Avainsanat: kalusto, koneet, laitteet, rakennustyömaa, ympäristöystävällinen

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

ABSTRACT

Konsta Pöytäkivi: Environmentally friendly machinery and equipment on construction sites
Bachelor's thesis
Tampere University
Civil engineering
May 2024

Machinery and equipment constitute an integral part of any modern construction site. However, they also generate a significant amount of various emissions, which are harmful to the environment. The importance of environmentally friendly choices is constantly growing, making it essential to strive for greater environmental sustainability in the built environment as well. The aim of this work is to explore various environmentally friendly alternatives to the commonly used machinery and equipment on construction sites.

The bachelor's degree is divided into six different chapters and conducted as a literature review. The second chapter, following the introduction, discusses the most common machinery and equipment used on construction sites, along with their purposes. The third chapter defines environmental friendliness and its significance, particularly in the context of construction sites. The fourth chapter presents various environmentally friendly alternatives to commonly used machinery and equipment on construction sites. The fifth chapter examines the impact of these environmentally friendly machines and equipment on the construction site's economy and their practicality compared to traditional equipment.

The research indicates that environmentally friendly alternatives exist for the majority of machinery and equipment used on construction sites. Most of these alternatives are electrically powered, although not all are yet as practical as traditional combustion engine machines and equipment, especially in terms of battery life. Taking into account both acquisitions and operation costs, environmentally friendly machinery and equipment were not significantly more expensive than conventional ones. However, as the battery life of these electrically powered machines and equipment improves in the future, it is likely that they will replace a large portion of the combustion engine fleet. Further research should be conducted on how to enhance the adoption of environmentally friendly machinery and equipment on construction sites.

Keywords: equipment, machinery, tools, construction site, environmentally friendly

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin Originality Check service.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. RAKENNUSTYÖMAAN KALUSTO	3
2.1 Kalusto yleisesti	3
2.2 Koneiden ja laitteiden käyttö	3
3. YMPÄRISTÖYSTÄVÄLLISYYS	7
3.1 Ympäristöystävällisyyden määritelmä	7
3.2 Ympäristöystävällisyys rakennustyömaalla	7
4. YMPÄRISTÖYSTÄVÄLLISET KONE- JA LAITEVAIHTOEHDOT	9
4.1 Maanrakennuskoneet	9
4.2 Nosto- ja siirtokalusto	10
4.3 Henkilönostimet	11
4.4 Betonointikalusto	11
4.5 Lämmitys- ja kuivauskalusto	12
4.6 Valaistus ja sähköistys	12
4.7 Rakennussahat ja käsityökoneet	12
4.8 Betonin ja elementtien käsittelykoneet	14
5. YMPÄRISTÖYSTÄVÄLLISTEN KONEIDEN JA LAITTEIDEN KÄYTTÄNNÖLLISYYS JA TALOUDELLISUUS	15
5.1 Käytännöllisyys	15
5.2 Taloudellisuus	16
6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	18
LÄHTEET	20

1. JOHDANTO

Rakentaminen, rakennusten lämmittäminen ja sähkön käyttö aiheuttavat 30 % Suomen kasvihuonepäästöistä. Eriteltynä Suomen päästöistä rakennetun ympäristön käyttövaiheen energiankulutuksen päästöt ovat 23 %, rakennusmateriaalien päästöt 5 % ja rakennustoiminnan päästöt 2 %. (Raivio et al. 2020) Rakennusmateriaalien ja energiankulutuksen päästöjen leikkaamisesta on tutkittu paljon, ja esimerkiksi materiaalien tuotantoa ja rakennusten energiatehokkuutta on tehostettu paljon vuosien kuluessa. Kuitenkin rakennustoiminnan päästöjen leikkaamisessa on vielä paljon potentiaalia, minkä takia aihetta on tärkeä tutkia. (Finnsementti 2020; Puttkamer 2024) Rakennustoiminnan aikana käytettävä kalusto ja sen päästöt ovat osa tätä kokonaisuutta. Olen itse kiinnostunut tästä kalustosta ja siitä, miten kaluston aiheuttamia päästöjä voitaisiin hillitä. Tässä työssä on tarkoitus tutkia työmaan koneita ja laitteita ja löytää niille ympäristöystävällisiä vaihtoehtoja.

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, mitkä ovat ympäristöystävälliset vaihtoehdot rakennustyömaalla yleisesti käytetyille koneille ja laitteille. Työssä tutkitaan pääasiassa talonrakennustyömaalla käytettyä kalustoa. Työssä tutkittu kalusto on rajattu rakennustyömaalla käytettyihin koneisiin ja laitteisiin, eli pääasiassa kalustoon, joka kuluttaa energiaa joko polttoaineen tai sähkön muodossa. Työssä ei myöskään tutkita työmaakaluston, materiaalien, rakennusosien tai koneiden kuljetuksen ympäristöystävällisiä vaihtoehtoja, pois lukien maansiirron ja betonin kuljetuksen ympäristöystävälliset vaihtoehdot. Työn päätutkimuskysymys on seuraava: mitkä ovat ympäristöystävällisiä vaihtoehtoja rakennustyömaalla käytetyille koneille ja laitteille? Alatutkimuskysymykset ovat seuraavat: mitkä ovat työmaalla käytetyt koneet ja laitteet ja mitä tarkoitetaan ympäristöystävällisyydellä?

Tutkimuksen toisessa luvussa käsitellään sitä mitä työmaalla käytetty kalusto on ja mihin sitä käytetään. Tutkimuksen kolmannessa luvussa selvitetään ympäristöystävällisyyden merkitys ja määritelmä. Ympäristöystävällisyyttä tarkastellaan erityisesti rakennustyömaan näkökulmasta, ja tutkitaan sitä mistä nämä kaluston aiheuttamat päästöt koostuvat. Neljännessä luvussa rajataan kalusto yleisimpiin laitteisiin ja koneisiin ja tutkitaan erilaisia vaihtoehtoja kalustolle, jotka ovat ympäristöystävällisiä. Viidennessä luvussa tutkitaan vielä ympäristöystävällisten koneiden ja laitteiden taloudellista vaikutusta ja niiden käytännöllisyyttä.

Koen että eri yrityksillä on vielä paljon potentiaalia viedä heidän käyttämänsä kalustoa ympäristöystävällisempään suuntaan, minkä takia haluan tutkia ympäristöystävällisempiä kalustovaihtoehtoja. Uskon myös, että tulevaisuudessa tulee olemaan enemmän vaatimuksia kaluston ympäristöystävällisyydelle, minkä takia rakennusalalla täytyy olla tietoinen näistä erilaisista vaihtoehdoista. Työ toteutetaan kirjallisuuskatselmuksena. Työn kirjallisuutta on pääosin etsitty käyttäen Googlea, Andoria ja Google Scholaria. Kirjallisuutta on etsitty käyttäen pääosin seuraavia hakusanoja: ympäristöystävälliset koneet ja laitteet, energiatehokkaat koneet ja laitteet, environmentally efficient construction machinery and equipment, low emission construction machinery ja effects of low emission construction machinery and equipment.

2. RAKENNUSTYÖMAAN KALUSTO

2.1 Kalusto yleisesti

Rakennustyömaalla on erilaista kalustoa työmaan aloituksesta jokaisen vaiheen läpi luovutusvaiheeseen saakka, ja sen käyttöä pyritään optimoimaan jokaisessa vaiheessa. Hyvä projektinhallinta pyrkii jatkuvaan työvoiman, materiaalien ja kaluston parempaan hyödyntämiseen ja kulujen optimointiin. Modernin teknologian vuoksi rakennusala on muuttunut ja kehittynyt paljon. Nykyaikaisen kaluston ansiosta on mahdollista rakentaa nopeammin ja tehokkaammin kuin koskaan aikaisemmin, ja siksi lähes jokaisella rakennusyrityksellä on käytössään koneita ja laitteita rakennustyön tehostamiseksi. (Manikandan et al. 2018)

Ratu KI-6020 (2010) kertoo eri rakentamisvaiheista ja siinä ohessa niissä käytetyistä koneista. Koneet on jaettu seuraaviin kategorioihin: maanrakennuskoneet, nosto- ja siirtokalusto, henkilönostimet, betonointikalusto, lämmitys- ja suojauskalusto sekä muut koneet ja laitteet, jotka sisältävät muun muassa sähköistyslaitteet. Ratu KI-6032 (2018) jakaa rakentamisessa käytetyt pienemmät koneet ja laitteet seuraaviin kategorioihin: rakennussahat ja yleiskoneet, käsityökoneet, betonin ja elementtien käsittelykoneet. Nämä kattavat pääasiassa kaiken rakentamiseen tarvittavan kaluston. Jokaisella laitteella on oma käyttötarkoituksensa jossakin rakennusprojektin vaiheessa. (Koski 2010, s. 34, 261–268; Ratu KI-6032 2018, s. 112-126, 184-209)

2.2 Koneiden ja laitteiden käyttö

Koneita ja laitteita käytetään eri työvaiheisiin työn tehostamisen ja mahdollistamisen vuoksi. Tavanomainen talonrakennusprojekti voidaan jakaa vaiheisiin rakennusprojektin alusta loppuun: perustusvaihe, runkovaihe, vesikattovaihe, sisävalmistusvaihe, pihatyöt ja luovutusvaihe. (Huhtala 2021) Kussakin mainituista vaiheista on käyttöä tietyille koneille ja laitteille.

Perustusvaiheeseen kuuluu usein maanraivaus ja purku, jotta voidaan aloittaa maankaivuu ilman häiriötekijöitä. Raivaus käsittää kantojen, juurakoiden, puiden ja irtokivien poiston, kuormauksen ja poiskuljetuksen tai hävittämisen rakennuspaikalla. Myös poistettavaksi määrätyt rakennukset ja rakennelmat puretaan. Perustusvaiheessa maa kaivetaan ja louhitaan sellaiseen kuntoon, että rakennuksen perustuksia voidaan alkaa rakentamaan. Perustusvaiheessa suoritetaan myös mahdollinen paalutus, maa- ja kalliovahvistus, täyttö, tiivistys ja putkiasennuksia. Kaikkeen tähän maan

muokkaamiseen ja siirtoon tarvitaan seuraavaksi kuvailtavaa kalustoa. Puskutraktoria käytetään massan irrotukseen ja levitykseen, mutta talonrakennustyömaalla hydraulinen kaivinkone pystyy yleensä hoitamaan vastaavat tehtävät. Hydraulista kaivinkonetta käytetään maan irrotukseen ja kuormaukseen. Hydraulinen kaivinkone voi olla pyöräalustainen tai tela-alustainen ja siihen voidaan liittää erilaisia lisälaitteita. Traktorikaivuria käytetään myös erilaiseen maan irrotukseen, mutta se eroaa hydraulisesta kaivinkoneesta siten, että siinä ei ole kääntyvää ylävaunua. Pyöräkuormaajaa käytetään maanrakennustöissä pääasiassa kuormaukseen, koska sillä on kätevä ja nopea liikuttaa suhteellisen suuria maamassoja. Tarvittaessa jos maata täytyy siirtää suuria määriä pidempiä välimatkoja, siihen voidaan käyttää erilaisia kuorma-autoja, kuten maansiirtoautoa. Perustusvaiheessa suoritetaan myös maan lujitus tiivistäen tai jollakin muulla menetelmällä, usein kaivinkoneita käyttäen. Perustusvaiheen paalutuksessa käytetään siihen erikseen tarkoitettua paalutuskonetta. (Koski 2010, s. 32–45)

Perustusvaiheessa maanrakennustyöt jatkuvat usein samaan aikaan, kun rakennuksen perustuksia aletaan valmistamaan. Tavanomaisimmat perustusrakenteet ovat paalut, pilarit, perustusmuurit, anturat, kantava alapohja ja maanvarainen laatta. Näiden perustusten valmistamista varten hyödynnetään erilaista kalustoa. Betonista valmistetut perustukset valmistetaan siten, että betoni valetaan valmistettujen muottien sisälle, ja usein betoniset rakenteet sisältävät myös raudituksen. Kun betoni on kuivunut tarpeeksi, voidaan muotit poistaa sen ympäriltä. Perustusten muottien valmistus tehdään usein käsin, ja niiden valmistamiseen hyödynnetään erilaisia rakennussahoja puutavaran muokkaamiseen ja pieniä käsikäyttöisiä koneita, kuten naulaimia, muottikaluston kiinnittämiseksi. Betonin raudituksen valmistamisessa hyödynnetään betoniraudan leikkaamiseen pieniä käsikäyttöisiä laitteita, kuten sirkkeleitä. Raudituksen sitomiseen käytetään siihen tarkoitettua käsikäyttöistä sitojaa. Betonoinnissa käytetään erilaista betonointikalustoa. Betoni siirretään muottiin erilaisilla menetelmillä. Tavanomaisesti betoni tuodaan rakennustyömaalle betoniautolla, ja pumppuautoa hyödyntäen betoni pumpataan haluttuun paikkaan. Betoni voidaan myös joissakin tapauksissa siirtää nostokaluston avulla haluttuun paikkaan. Lähes kaikessa työmaanaikaisessa betoni- tai laastirakentamisessa myös lämmitys ja kuivauskalusto ovat tärkeässä roolissa, jotta aineet saadaan ajallaan kuiviksi. Kaikkien rakentamisen vaiheiden ajan myös sähköistyslaitteet ovat keskeisessä roolissa, jotta tarvittavia laitteita ja koneita voidaan käyttää. Ilman sähköistystä kalusto ei saa energiaa eikä täten toimi. (Koski 2010, s. 47–60)

Runkovaiheessa talon runkoa aletaan nostamaan. Pääasiassa talon rungot on valmistettu betonista, puusta tai teräksestä. Kaikissa näissä tapauksissa tarvitaan erilaista nostokalustoa, jolla voidaan nostaa raskaita runko-osia halutuille paikoille. Jos rungossa on valettavia osia, niiden valmistus tapahtuu pääasiassa samankaltaisilla menetelmillä kuin perustusvaiheessa. Tosin muotit eivät välttämättä ole kokonaan puusta valmistettu, vaan usein käytetään valmista muottikalustoa esimerkiksi seinien valmistuksessa. Talon rungon ollessa betonielementtirakenteinen, sen toteutusprosessiin käytetään paljon työmaan kalustoa. Betonielementit nostetaan joko ajoneuvonosturilla tai torninosturilla paikoilleen. Kun betonielementit ovat paikoillaan suoritetaan saumojen valaminen, minkä valuprosessi on hyvin samanlainen kuin esimerkiksi betonisten perustusten valamisprosessi. Betonirunkoa rakentaessa olennaisessa roolissa ovat myös erilaiset henkilönostimet, joiden avulla siirrytään niin, että rakenteita voidaan asentaa. Rungon ollessa teräsrakenteinen tarvitaan paljon vastaavanlaista kalustoa kuin betonirungon nostossa. Teräsosat nostetaan oikeille paikoilleen joko torninosturilla tai ajoneuvonosturilla. Asennusta varten tarvitaan erilaisia henkilönostimia, jotta asentajat pääsevät riittävään työetäisyyteen, että osat voidaan kiinnittää toisiinsa. Rungon ollessa puuelementtirakenteinen, asennuskalusto on hyvin samankaltaista kuin teräs- tai betonirunkoisessa talossa. Pientalot voidaan rakentaa ”perinteisellä” puurunkotyötavalla mikä tarkoittaa, että talo valmistetaan joko valmiiksi mitatusta puutavarasta tai työmaalla erikseen mitatusta ja leikatusta tavarasta. Tavarankorjaukseen käytetään rakennussahaa tai pienempiä käsikäyttöisiä sahoja. Puutavaran asennuksessa käytetään muun muassa käsikäyttöisiä naulaimia ja porakoneita. (Koski 2010, s. 61–142)

Vesikaton on tarkoitus estää sade- ja sulamisvesien pääsy yläpohjaan ja sen alapuolisiin rakenteisiin. Täten vesikattovaiheessa on tarkoitus tehdä rakennuksesta vesitiivis. Yleensä rakennuksen katon vedeneristys tarkoittaa kattorakenteessa aluskatetta, vedeneristyskerrosta kuten bitumihuopaa ja peltiä tai kattotiiliä. Katolla työskennellessä nostot suoritetaan usein erilaisilla ajoneuvonostureilla. Bitumihuopa asennetaan polttamalla se kiinni, jolloin täytyy käyttää kaasukäyttöistä kaasupoltinta huovan kiinnitykseen. Peltikatteet kiinnitetään yleensä katetuilla ruuveilla, jolloin tarvitaan porakoneita. Tavanomaisesti kattotöissä käytetyt laitteet ovat muutoinkin pieniä käsikäyttöisiä koneita. (Koski 2010, s. 147–163)

Sisävalmistusvaihe alkaa yleensä, kun rakennus on vesitiivis. Sisävalmistusvaihe sisältää tavanomaisesti talotekniset työt, väliseinätyöt, pintarakennetyöt ja kalusteasennukset. Sisävalmistusvaiheen aikana voi olla usein käytössä jonkinlainen rakennushissi logistiikan helpottamiseksi. Sisävalmistustöiden suorittamista varten

tarvittavat koneet ja laitteet ovat pääosin käsikäyttöisiä laitteita, kuten porakokeita, sahoja, naulaimia ja sekoituslaitteita. Sisävalmistusvaiheessa valaistus ja sähköistys ovat tärkeässä roolissa, sillä olosuhteiden on oltava sen mukaiset, että työskentely onnistuu turvallisesti ja tehokkaasti. Tämä tarkoittaa valaistuja olosuhteita ja tehokkaita mahdollisuuksia saada sähköä lähellä omaa työskentelypistettä. Sisävalmistusvaiheen aikana lämmitys- ja kuivauslaitteet ovat myös tärkeässä asemassa, sillä usein erilaisia pintatöitä varten betonia täytyy kuivattaa pisteeseen, jossa on sallittua aloittaa pintatyöt. (Koski 2010, s. 198–257)

Piharakennetyöt aloitetaan usein talonrakennusprojektin loppuvaiheessa. Pihatyöt ovat usein hyvin samankaltaisia kuin maanrakennustyöt, ja pihatöissä käytettävät laitteet ovat myös hyvin saman tyyppisiä kuin maanrakennuksessa käytettävät koneet. Piharakenteiden viimeiseen pintakerrokseen ei välttämättä käytetä paljon koneita, sillä kyse on usein istutuksista tai jonkinlaisista kivetyksistä.

Rakennusprojektin luovutusvaiheessa projektin olisi tarkoitus olla mahdollisimman valmis tilaajaa varten, jolloin ihanteellisessa tilanteessa korjaustöitä olisi mahdollisimman vähän. Tällöin korjaukset ovat yleensä vain pieniä pintapuolisia töitä, joihin vaaditaan usein vain käsikäyttöisiä pienkoneita. (Huhtala 2021, s. 39–40)

3. YMPÄRISTÖYSTÄVÄLLISYYS

3.1 Ympäristöystävällisyyden määritelmä

Ympäristöystävällisyydellä tarkoitetaan sellaisia tavaroita, palveluita, lakeja ja käytäntöjä, joiden haitallisia vaikutuksia ympäristölle väitetään vähäisiksi. Ympäristöystävällisyydelle itsessään ei ole kansainvälistä standardia. (Wikipedia 2022) Ympäristölle haitallisilla vaikutuksilla tarkoitetaan yleisesti ottaen sellaisia toimia, jotka tuottavat kasvihuonekaasuja ilmakehään. Ilmakehässä on kasvihuonekaasuja luontaisesti, joiden määrää ihmisen toiminta kuitenkin lisää, minkä seurauksena kasvihuoneilmiö voimistuu ja maapallo lämpenee. Rakennustyömaalla merkittävät päästöt tulevat myös dieselmootoreiden tuottamista pienhiukkaspäästöistä ja erilaisten öljyjen tai muiden haitallisten aineiden mahdollisista vuodoista. Tässä työssä ei kuitenkaan käsitellä mahdollisia öljy- tai muiden haitallisten aineiden vuotoja. Kasvihuonepäästöistä hiilidioksidi (CO₂) on kaikista merkittävin. EU:n kasvihuonepäästöistä hiilidioksidin osuus on noin 80 % kaikista kasvihuonepäästöistä, kun metaanin osuus on noin 11 %, dityppioksidin noin 6 % ja fluorihilivetyjen osuus noin 2 %. (Euroopan parlamentti 2023)

Kasvihuonekaasuja syntyy erilaisista ihmisen aiheuttamista toiminnoista. Pääsääntöisesti rakennustyömaan kaluston tuottamat päästöt syntyvät kalustojen vaatiman energian tuotossa. Energiaa tuotetaan yleensä erilaisilla menetelmillä, joissa esimerkiksi hiiltä, öljyä tai kaasua poltetaan ja tästä syntyy hiilidioksidia ja typpioksiduulia. Fluorattuja kaasuja vapautuu kun käytetään sellaisia laitteita ja tuotteita, joissa fluorattuja kaasuja käytetään. Fluorattujen kaasujen päästöjen vaikutus ilmaston lämpenemiseen on erittäin voimakas, jopa 23 000 kertaa voimakkaampi kuin hiilidioksidin. (Euroopan komissio 2023)

3.2 Ympäristöystävällisyys rakennustyömaalla

Pääsääntöisesti rakennustyömaatoiminnassa syntyvät päästöt ovat kaluston tuottamia. Suuri osa raskaasta rakennuskalustosta, kuten maanrakennuskoneet, ovat dieselkäyttöisiä. Dieselkäyttöiset koneet kuluttavat polttoainetta luoden hiilidioksidipäästöjä ja pienhiukkaspäästöjä, jotka ovat ominaisia dieselkoneille. Valmistajat ovat kiinnostuneita viemään dieselkoneita entistä energiatehokkaampaan suuntaan, jotta päästöjä saataisiin vähennettyä. (Hansen ja Sjöström 2023)

On selvää, että myös rakennustyömaalla ollaan menossa sähkökäyttöisten laitteiden suuntaan. Niiden käyttö vapauttaa huomattavasti vähemmän päästöjä kuin polttomoottorisen kaluston käyttö. Sähkökäyttöisen kaluston käyttö aiheuttaa päästöjä vain sen käyttämän energian tuotossa, jota voidaan hankkia monesta eri lähteestä ja itse sähkötoimisen kaluston valmistuksessa. Sähkömoottoreissa itsessään on jo suuri hyötyaste, mikä tarkoittaa, että hyvin suuri osa käytetystä energiasta kuluu laitteen käyttöön, eikä mene hukkaan, verraten esimerkiksi dieselmoottoreihin. Suurin osa pienemmistä koneista ja laitteista, kuten käsikäyttöiset pienkoneet, ovatkin jo sähkökäyttöisiä. Suuremmissa koneissa, kuten maanrakennuskoneissa, on vielä hieman rajalliset käyttömahdollisuudet niiden akun keston takia. Kuitenkin sähkökäyttöisissä suuremmissa koneissa on vielä paljon kehityspotentiaalia, jotta niiden energian käytöstä saataisiin mahdollisimman paljon irti. Monet valmistaja tarjoavat myös hybridivaihtoehtoja, jotka ovat usein paljon ympäristöystävällisempiä kuin pelkästään polttomoottorilla toimivat kalustot. (Hansen ja Sjöström 2023; Huang et al. 2023)

Vetykäyttöiset koneet ja laitteet saattavat myös olla tuleva ympäristöystävällinen vaihtoehto rakennustyömaalla. Vety tarjoaa hyvin samanlaisia ominaisuuksia kuin perinteinen dieselpolttomoottori. Vetykäyttöiset laitteet voidaan tankata vedyllä yhtä nopeasti kuin dieselkäyttöinen kone dieselillä, vetykäyttöisen koneen tuottaessa vähemmän päästöjä. Tällä hetkellä vetykäyttöinen kalusto ei ole tarvittavalla tasolla kustannusten ja muiden ominaisuuksien suhteen, jotta ne olisivat suurimmalla osalla rakennustyömaista varteenotettava vaihtoehto, mutta tulevaisuudessa vetykäyttöisellä kalustolla saattaa olla paikkansa rakennustyömaalla. (Hansen ja Sjöström 2023)

Ympäristöystävällisyyttä ajatellessa on kuitenkin otettava huomioon, että yksittäisen koneen tai laitteen päästöt sitä käytettäessä eivät ole kokonaiskuva syntyvistä päästöistä. Koneen valmistus kuluttaa energiaa kuitenkin jossakin määrin, ja esimerkiksi litiumakkujen kierrätys niiden käyttöään loppuessa on haasteellista. Tämän vuoksi on otettava huomioon myös koneen tai laitteen käyttöikä ja se, kuinka usein laite tai kone tulee uusia sen käyttöään tai toimivuuden loppuessa. (Melin 2019)

4. YMPÄRISTÖYSTÄVÄLLISET KONE- JA LAITEVAIHTOEHDOT

4.1 Maanrakennuskoneet

Tavanomaisimpia maanrakennuskoneita ovat kaivinkone, pyöräkuormaaja, paalutuskone ja maansiirtoauto tai samaan tarkoitukseen kuorma-auto. Kaivinkoneet ovat tyypillisesti dieselkäyttöisiä. Nykyään markkinoilla on myös sähkökäyttöisiä kaivinkoneita. Volvon EC230 Electric on täysin sähkömoottorilla toimiva hydraulinen kaivinkone, jonka käytönaikaiset pakokaasupäästöt ovat nollassa. Kaivinkoneen käyttö on myös ympäristöystävällisempää sen sähkömoottorin ansiosta. Volvolla on myös hybridikäyttöisiä kaivinkoneita, EC300E Hybrid käyttää Volvon hydraulista hybriditeknologiaa, jonka seurauksena polttonestetehtokkuus paranee 17 prosenttia suorituskyvyn pysyessä samana. Vähäisempi polttonesteen kulutus on ympäristöystävällisempää. Volvolla on myös pienikokoisia kaivinkoneita sähkökäyttöisinä versioina, kuten ECR18 Electric, EC18 Electric tai ECR25 Electric. Volvo valmistaa myös sähkökäyttöisiä pyöräkuormaajia L25 Electric ja L20 Electric, joilla on samat edut kuin sähkökäyttöisillä kaivinkoneilla (Volvo construction equipment 2024)

Ekologisia paalutuskoneita ei ole rakennustyömailla vielä laajassa käytössä, mutta niitä on tullut markkinoille. Konevalmistaja Junttanilla on nykyään kaksi erilaista sähkökäyttöistä paalutuskonetta, joilla on vastaavat ominaisuudet kuin perinteisillä dieselkäyttöisillä paalutuskoneilla, mutta koneet ovat huomattavasti energiatehokkaampia, eivätkä päästä pienhiukkasia tai tuota käytön aikana hiilidioksidipäästöjä. Junttanin valmistamat kaksi sähkökäyttöistä paalutuskonetta ovat pienemmän kapasiteetin omaava PMx2e ja suuremman kapasiteetin omaava PMx4e. (Junttan 2024)

Suurikokoisia pyöräkuormaajia ei sähkökäyttöisenä ole tullut vielä markkinoille, mutta pieni- ja keskikokoisia sähkökäyttöisiä pyöräkuormaajia on jo tarjolla. Volvo valmistaa kahta erilaista sähkökäyttöistä pyöräkuormaajaa, joita ovat isomman kapasiteetin omaava L25 Electric ja hieman pienemmän kapasiteetin omaava L20 Electric. Myös muilla valmistajilla on sähkökäyttöisiä pyöräkuormaajia, JCB valmistaa pienikokoista pyöräkuormaajaa 403E. Sähkökäyttöiset pyöräkuormaajat eivät tuota pienhiukkaspäästöjä eivätkä tuota käytössään hiilidioksidipäästöjä. (JCB 2024; Volvo construction equipment 2024)

Kuorma-autot ovat tyypillisesti olleet dieselkäyttöisiä, mutta markkinoilla on jo jonkin verran sähkökäyttöisiä kuorma-autoja. Nykyään Volvo tarjoaa erilaisia sähkökäyttöisiä kuorma-autoja, joita voidaan hyödyntää erilaisissa käyttötarkoituksissa. Volvon FMX sähkökäyttöistä kuorma-autoa voidaan käyttää erilaisiin käyttötarkoituksiin, kuten esimerkiksi maansiirtoon. Volvon FMX kuorma-auto ei päästä pienhiukkaskaasuja eikä tuota käytön aikana hiilidioksidipäästöjä. (Volvo Kuorma-autot 2024)

4.2 Nosto- ja siirtokalusto

Nosto- ja siirtokalustoa käytetään lähes kaikissa rakennustyömaan vaiheissa jonkin verran. Tavallisimpana talonrakennustyömaalla on torninosturi. Torninostureita on erilaisia, mutta yleisesti ottaen kaikista ympäristöystävällisin vaihtoehto on sähkökäyttöinen torninosturi. Esimerkiksi keskisuurille ja suurille rakennustyömaille suunnatusta Liebherrin EC-H-sarjasta löytyy monia sähkökäyttöisiä torninostureita, kuten Liebherr 550 EC-H 20 Litronic. (Liebherr Cranes 2024)

Rakennustyömaalla paljon käytetyt ajoneuvonosturit ovat perinteisesti myös dieselkäyttöisiä, mutta viime vuosina on nähty kehitystä sähkökäyttöisten ajoneuvonostureiden suuntaan. Liebherr on kehittänyt LTC 1050-3 mallistaan myös sähkökäyttöisen version. Liebherr LTC 1050-3.1 ajoneuvonosturissa on myös sähkömoottori nostinta varten, jolloin voidaan halutessa käyttää sähkömoottoria nostojen suorittamiseen, tällöin nostojen suorittaminen tapahtuu ilman pienhiukkaspäästöjä tai hiilidioksidi päästöjä. (Liebherr 2024)

Työmaalla on usein erilaisia logistisia tarpeita varten minikurottaja käytössä. Monesti kuljetusten tullessa työmaalle on helppoa siirtää materiaaleja tai tarvikkeita minikurottajan avulla. Minikurottajat ovat tavallisesti dieselkäyttöisiä, mutta monet valmistajat myyvät jo sähkökäyttöisiä minikurottajia. Yksi suurimmista työkoneiden valmistajista, Dieci, valmistaa sähköisiä minikurottajia. Diecin Mini Agri-e on täysin sähkökäyttöinen ja siten hyvin ympäristöystävällinen. Mini Agri-e ei käytön aikana päästä pienhiukkasia eikä hiilidioksidia. (Dieci 2024)

Rakennustyömaalla käytetyt rakennushissit ovat pääasiassa sähkökäyttöisiä, vaikkakin jotkin vanhemmat mallit ovat dieselillä toimivia. Rakennushissejä valitessa voidaan myös tehdä ympäristöystävällisiä päätöksiä. Uudemmat rakennushissit on valmistettu ekologisuus huomioiden, ja ne kuluttavat vähemmän sähköä kuin vanhemmat vastaavat versiot. Monet uudemmat rakennushissit painavat vähemmän, ja ovat älykkäitä käyttönopeuden suhteen, minkä vuoksi ne kuluttavat vähemmän energiaa käytön

aikana. Esimerkiksi Alimak Scando 650a Alimakin valikoimasta on ympäristöystävällinen valinta. (Alimak 2024)

4.3 Henkilönostimet

Henkilönostimia on monia erilaisia erilaisiin käyttötarkoituksiin. Pääasiassa henkilönostimia käytetään siihen, että päästään työskentelemään oikeaan paikkaan, johon ei muuten ylettäisi. Saksinostinta käytetään pystysuunnassa liikkumiseen, modernit saksinostimet ovat pääasiassa kaikki sähkökäyttöisiä, mutta niiden energiatehokkuuksissa on eroja. Genie tarjoaa monia erilaisia vaihtoehtoja saksilavoille. Genien saksilavoista yksi energiatehokkaimmista vaihtoehtoista on GS-1932m E-drive. (Genielift 2024)

Rakennuksen julkisivuja tehdessä kuukulkija on usein käytännöllinen. Kuukulkijalla pääsee liikkumaan hyvin vapaasti jokaiseen suuntaan, joten se on hyvin ketterä. Tavanomaisesti kuukulkijat ovat dieselkäyttöisiä, mutta tarjolla on jo paljon sähkökäyttöisiä kuukulkijoita, jotka eivät päästä pienhiukkaspäästöjä tai tuota käytön aikana hiilidioksidia. Hyvä ympäristöystävällinen vaihtoehto dieselkäyttöiselle kuukulkijalle on Genien S-60 DC sähkökäyttöinen kuukulkija. (Genielift 2024)

4.4 Betonointikalusto

Betonointikalustolla tarkoitetaan tässä tapauksessa betonin pumppaukseen tarkoitettua kalustoa eli pääasiassa betonin kuljetusautoa ja betonin pumppausautoa. Betonin kuljetusautot ovat pääasiassa olleet dieselkäyttöisiä, mutta viimeisinä vuosina on kehitetty sähkökäyttöisiä betonin kuljetusautoja. Sähköisiä betonin kuljetusautoja on vielä aika vähän, mutta esimerkiksi Ruotsissa on ollut jo noin vuoden käytössä täysin sähköinen betonin kuljetusauto, joka on Volvo Groupin ja Heidelberg Materials Northern European yhteistyön tulos. Auto on nettopäästöiltään nollapäästöinen. (Heidelberg Materials 2024)

Sähkökäyttöisiä betonin pumppausautoja on jo jonkin verran työmailla käytössä. Näissä sähkökäyttöisissä pumppausautoissa betonin pumppausjärjestelmä toimii perinteisen dieselin sijaan sähkömoottorilla, joka on huomattavasti ympäristöystävällisempi vaihtoehto. Esimerkiksi CIFA:n K42E tai CSSE ovat sähkökäyttöisiä betonin pumppausautoja. (CIFA 2024)

4.5 Lämmitys- ja kuivauskalusto

Tavallisesti rakennusta tulee lämmittää, jotta voidaan varmistaa olosuhteet esimerkiksi betonin kuivumiselle, varsinkin suomalaisissa talviolosuhteissa. Lämmitykseen käytetty energiamäärä on usein hyvin merkittävä. Perinteisesti rakennustyömaata lämmitetään diesel- tai kaasulämmittimillä, jotka molemmat tuottavat suuren määrän kasvihuonekaasuja ilmastoon. Myynnissä ei ole vielä suurta määrää vaihtoehtoisia rakennustyön aikaisia lämmitysmenetelmiä, mutta esimerkiksi Romy Clima on kehittänyt SmartHeater-lämmityskontin, joka lämmittää lämpöpumppujen ja ilmanvaihdon avulla rakennusta sähkökäyttöisesti. SmartHeater on huomattavasti ympäristöystävällisempi vaihtoehto rakennuksen työmaa-aikaiseen lämmitykseen. (RoMy Clima 2024)

4.6 Valaistus ja sähköistys

Valaistusta tarvitaan enemmän tai vähemmän lähes koko rakennustyömaan ajan. Valaistus kuluttaakin sähköä jonkin verran, minkä vuoksi on hyvä pyrkiä käyttämään mahdollisimman energiatehokkaita valaisimia. Monesti työmaata saatetaan valaista erilaisilla mastovalaisimilla niin, että koko työmaa-alue saadaan valaistua pimeällä. Näitä valaisimia kiinnitetään usein korkeisiin pisteisiin. Esimerkiksi Nordiclighsin Gemini-valaisin on hyvä tähän tarkoitukseen. Se on tehokas LED-valaisin, joka on energiatehokas verrattuna esimerkiksi vanhanaikaisiin hehkulamppuihin, ja täten käyttää vähemmän energiaa. (Nordiclighs 2024)

Sisätiloissa on aina oltava tarpeellinen valaistus, jotta voidaan rakentaa turvallisesti ja laadukkaasti. Tietyissä työvaiheissa saatetaan monesti käyttää kohdevalaisimia. Esimerkiksi PROF-tuotemerkin 45W 4950lm työmaavalaisin on hyvä vaihtoehto. Valaisin on LED-toiminen, ja valaisinta voidaan käyttää myös puolella teholla eli jos valoa ei tarvita niin paljon, voidaan käyttää vähemmän energiaa. Myös esimerkiksi LED-nauhat voivat olla käytännöllisiä, sillä niillä saadaan hyvin nopeasti valaistua suuria alueita hyvin energiatehokkaasti. Runkovaiheessa voidaan valaista hyvin energiatehokkaasti esimerkiksi rakennuksen kuiluja OPAL 7,6W/m Led-valonauhalla. (K-rauta 2024)

4.7 Rakennussahat ja käsityökoneet

Lähes kaikilta rakennustyömailta löytyy rakennussaha, jota käytetään työmaan ajan erilaisen puutavaran leikkaukseen. Useimmiten tällainen rakennussaha on pöytäsiirkeli. Pääosin kaikki pöytäsiirkelit ovat sähkökäyttöisiä ja melko ympäristöystävällisiä. Suomalainen Esko valmistaa muun muassa pöytäsiirkkeitä, jotka ovat tehokkaita

hyötysuhteeltaan, jolloin pöytäsiirkeli käyttää vähemmän energiaa käytön aikana. (ESKO Finland Oy 2024)

Koko rakennustyömaalla työskentelyn ajan tarvitaan erilaisia käsityökoneita. Suuri osa käsityökoneista on sähkökäyttöisiä, ja nämä käsityökoneet käyttävätkin aika vähän energiaa rakennustyömaan elinkaaren aikana. Käsityökoneita hankkiessa onkin tärkeitä ostaa ammattilaiskäyttöä varten kestäviä ja laadukkaita koneita, jotta niitä voitaisiin käyttää mahdollisimman pitkään.

Porakoneita käytetään koko rakennusprojektien ajan erilaisten reikien poraamiseen tai erilaisten asennusten kiinnityksessä. Erilaisten reikien porausta varten, esimerkiksi porattaessa tiiliseiniin, kivimateriaaliin, puuhun tai metalliin, on hyvä käyttää erilaisia iskeviä porakoneita. Esimerkiksi Boschin GBH 18V-26F Professional-akkuporavasara on suunniteltu pitkäikäiseksi, joten se on ympäristöystävällinen valinta raskaita töitä tehtäessä. GBH 18V-26F on hiiliharjaton vaihtoehto, mikä tarkoittaa, että moottori on hieman energiatehokkaampi kuin perinteinen hiiliharjainen akkuporavasara. Asennuksissa käytettävä Bosch GSR 18V-90 C on myös hiiliharjaton vaihtoehto ollen hieman energiatehokkaampi kuin hiiliharjainen akkuporavasara. GSR 18V-90 C on myös kestävä ammattilaiskäyttöön soveltuva akkuporakone, jolloin se on pitkäikäinen ja ympäristöystävällinen valinta. (Bosch 2024)

Runkorakentamisessa naulaimet ovat usein kovassa käytössä esimerkiksi muottien rakentamisessa tai puisten runkojen kasaamisessa. Naulaimet voivat olla kaasun-, sähkö- tai kompressorikäyttöisiä. Kaasukäyttöiset naulaimet toimivat propaanin ja butaanin seoksesta, jota ei ole hyvä päästää ympäristöön. Hyvä ympäristöystävällinen naulain on esimerkiksi Milwaukeeen sähkökäyttöinen M18 FFN-502C naulain, joka ei käytä kaasuja, mutta on pitkäikäinen. (Milwaukee 2024)

Betonia valettaessa sitä joudutaan välillä jälkeensä piikkaamaan tai poistamaan eri paikoista tarpeen vaatiessa. Monet vanhanaikaiset piikkauskoneet ovat polttoainekäyttöisiä. Hyvä ympäristöystävällinen vaihtoehto keskikokoiselle käsikäyttöiselle piikkauskoneelle on verkkovirralla toimiva Makitan HM1512 piikkausvasara, joka ei käyttönsä aikana tuota hiilidioksidipäästöjä. (Makita 2024)

Pöytäsiirkelin lisäksi työmaalla käytetään usein jonkinlaisia käsikäyttöisiä sahoja erilaisten materiaalien leikkaukseen. Moottorisahat ovat tyypillisesti olleet polttoainekäyttöisiä, mutta niitä on nykyään jo jonkin verran sähkökäyttöisinä. Ympäristöystävällinen vaihtoehto perinteiselle polttomoottorikäyttöiselle moottorisahalle on Makitan UC3041A, joka on sähkökäyttöinen. Työmaalla yleisessä käytössä olevat puukkosahat ovat sähkökäyttöisiä. Markkinoilla on nykyään hiiliharjattomia

puukkosahoja, jotka ovat energiatehokkaampia ja pitkäaikaisempia kuin hiiliharjalliset puukkosahat, esimerkiksi Makitan DJR187, joka on muutenkin vanhempiin malleihin verraten hyvin energiatehokas. Hieman ohuemman puutavaran, kuten vanerien, leikkaamiseen työmaalla käytetään usein erilaisia pyörösahoja. Makitan DHS680 on hiiliharjaton pyörösaha, joka tekniikkansa ansiosta kuluttaa hyvin vähän virtaa. (Makita 2024)

4.8 Betonin ja elementtienkäsittelykoneet

Betonia valettaessa, tulee se täryttää, jotta päästään eroon ylimääräisistä huokosista betonissa ja saavutetaan halutut ominaisuudet. Betonin täristimiä onkin monia erityyppisiä. Polttoainekäyttöisen täristimen sijaan ympäristöystävällinen valinta on esimerkiksi sähkökäyttöinen Makitan DVR850 betonitärytin, joka ei käytön aikana tuota päästöjä. (Makita 2024)

Joskus betonia joudutaan vielä sen valamisen tai asentamisen jälkeen muokkaamaan eri tavoin. Betonia saatetaan joissain tapauksissa joutua leikkaamaan, jolloin tarvitaan betonileikkuria. Perinteiset betonileikkurit ovat polttoainekäyttöisiä, mutta tarjolla on myös sähkökäyttöisiä betonileikkureita, jotka ovat ympäristöystävällisiä. Esimerkiksi Makitan sähkökäyttöinen 4114S-betonileikkuri ei käytön aikana tuota päästöjä. Monesti betonipintoja joudutaan hiomaan, jotta päästään haluttuun lopputulokseen. Markkinoilla on paljon erilaisia hiomakoneita, mutta esimerkiksi Festool RG 130 ECI-Plus-hiomakone on täysin hiiliharjaton, minkä vuoksi se on hyvin energiatehokas ja pitkäikäinen. (Festool 2024; Makita 2024)

Betoniin syviä tai suurempia porauksia tehtäessä ei usein riitä tavanomainen akkuporakone. Kun betoniin pitää porata suurempikokoinen reikä niin, että myös betonin raudoitusta tulee vastaan, tarvitaan timanttiorakonetta. Timanttiora on myynnissä monia erilaisia. Milwaukeeen sähkökäyttöinen MX Fuel 150mm-timanttiorakone on hiiliharjattomalla energiatehokkaalla teknologialla varusteltu, jolloin se on käytön aikana päästötön, ympäristöystävällinen timanttiorakone. (Milwaukee 2024)

5. YMPÄRISTÖYSTÄVÄLLISTEN KONEIDEN JA LAITTEIDEN KÄYTTÄNNÖLLISYYS JA TALOUDELLISUUS

5.1 Käytännöllisyys

Vaikkakin monet ympäristöystävälliset koneet ja laitteet ovat kehittyneet paljon käytännöllisyyden suhteen, monet ympäristöystävälliset koneet ja laitteet eivät ole vielä sellaisella tasolla, että ne olisivat kovin käytännöllisiä korvaajia tavanomaiselle polttomoottoriselle kalustolle, varsinkaan raskaista koneista puhuttaessa. On huomattu, että sähköllä toimivat koneet ja laitteet toimivat vain tiettyjen olosuhteiden alaisena luvatus mukaisesti tarkoittaen, että esimerkiksi hyvin kylmällä säällä akkujen kesto tyypillisesti laskee. Käytännössä eniten akun keston riittävyyteen vaikuttaa itsessään akun kapasiteetti, toisena työskentelyrytmi, kolmantena ympäristön olosuhteet ja viimeisenä maantieteelliset muodot ajettavista koneista puhuttaessa. Kuitenkin tästä huolimatta on myös huomattu, että sähköllä toimivat koneet ja laitteet eivät ole suorituskvyyltään ja kestävyydeltään kovin kaukana tavanomaisista polttomoottorillisista koneista ja laitteista. Usein sähköisiä koneita ja laitteita käyttäessä ne voidaan esimerkiksi tauolle lähtiessä laittaa lataukseen, jolloin akun kesto on usein riittävä työtehtävien suoritusta varten. Sähkökäyttöiset koneet ja laitteet saattavat tulevaisuudessa korvata tietyt polttomoottoriset koneet ja laitteet, kun akkujen energiatiheys tulee nousemaan, akkujen hinta tulee laskemaan ja lakiasetuksia tehdään ilmaston hyväksi. (Kristiansson ja Mohammed 2022; Huang et al. 2023)

Hyvin usein ympäristöystävälliset koneet ja laitteet eivät itseasiassa ole suorituskvyyltään paljonkaan huonompia kuin esimerkiksi tavanomaiset polttomoottoriset koneet ja laitteet. Suurin osa käsikäyttöisistä pienkoneista ja laitteista on joka tapauksessa sähköisiä, ja niiden ominaisuuksia pidetään yleisesti hyvinä käyttäjien keskuudessa. Suurimmaksi osaksi epäilykset kohdistuvat raskaampiin työkoneisiin kuten maanrakennuskalustoon. Kuitenkin yleisestä uskuksesta huolimatta, raskaammat ympäristöystävälliset koneet ja laitteet, kuten sähkökäyttöiset koneet, ovat usein akun kestävyys poisluettuna lähes identtisiä ominaisuuksiltaan verrattuna vastaaviin dieselkäyttöisiin koneisiin. Esimerkiksi Volvon ECR25 sähköinen kaivinkone ja L25 sähköinen pyöräkuormaaja ovat käytännössä kaikilta ominaisuuksiltaan, kuten teholtaan ja nostokvyyltään, käytännössä identtisiä verrattuna vastaaviin dieselkäyttöisiin koneisiin. Sähkökäyttöiset koneet ja laitteet ovat yleensä

huomattavasti hiljaisempia ja tärisevät vähemmän kuin polttomoottorikäyttöiset koneet, mikä tekee niistä mukavia käyttää. (Arnold 2021)

5.2 Taloudellisuus

Kaluston käyttökulut voivat viedä rakennusprojektin budjetista jopa 5–10 %. Rakennusyritysten ollessa voittoa tavoittelevia yrityksiä, on selvää, että ympäristöystävällisten koneiden ja laitteiden vaikutuksella talouteen on suuri merkitys niiden käyttöönotossa. Kaluston korkean hinnan takia yritysten on tehtävä isoja päätöksiä sen suhteen, että uusitaanko jo vanhaa, mutta edelleen toimivaa kalustoa ympäristöystävällisillä koneilla ja laitteilla vai onko parempi vaihtoehto esimerkiksi vuokrata tarvittavaa kalustoa. (Siddharth, Vyas et al. 2015)

Koneissa ja laitteissa kustannuksia aiheutuu niiden hankintahinnasta, polttoaineen tai energian kulutuksesta ja mahdollisista huolloista tai korjauksista. On kuitenkin osoitettu, että esimerkiksi tietyömaakäytössä John Deere 644k hybridipyöräkuormaajan käyttö tulee halvemmaksi kuin John Deere 644k dieselkäyttöisen pyöräkuormaajan käyttö. Koneiden hankintahinta on sama, mutta hybridikäyttöistä konetta tuli huoltaa ja korjata keskimääräisesti hieman suuremmalla hinnalla. Tästä huolimatta hybridipyöräkuormaajan käyttö tuli halvemmaksi, suurimmaksi osaksi polttoainesäästöjen vuoksi. Täysin sähkökäyttöisen pyöräkuormaajan käyttö on todettu myös kaivoskäytössä halvemmaksi polttoainesäästöjen takia. Suurin osa hybridi- tai sähkökäyttöisistä koneista ja laitteista on samalla periaatteella halvempia käyttää. Hybridi- ja täysin sähkökäyttöisten koneiden ja laitteiden käyttöhintaa on riippuvainen myös sähkön hinnasta, joka voi kuukausittain vaihdella paljon. (Jacobs 2013; Pena 2020)

Kuitenkin ympäristöystävällisen kaluston käytön ollessa mahdollisesti halvempaa, usein yrityksillä saattaa olla jo suuria määriä kalustoa, joilla pystytään suorittamaan tehokkaasti tarvittavat tehtävät. Yritysten täytyykin miettiä, milloin on taloudellisesti kannattavaa myydä vanhaa kalustoa ja korvata se uudella ympäristöystävällisellä kalustolla. Usein, kun kalusto alkaa vaatimaan tasaisemmin ajoin huoltoa ja korjaamista, sen energian tai polttoaineen kulutus kasvaa ja sillä työskentelyn tehokkuus laskee, on kannattavaa sijoittaa uuteen ympäristöystävällisempään kalustoon, jos se on mahdollista. Uusi energiatehokkaampi kalusto tulee nostamaan työtehoa ja laskemaan sen käytön aikaisia kuluja. Esimerkiksi Volvon L25 Electric-pyöräkuormaajalla 500 käyttötunnilla vuodessa käyttäen sähkön hintaa 15 €/kWh säästäisi energiakustannuksissa 18 570 euroa kuuden vuoden aikana verrattuna vastaavanlaiseen dieselkäyttöiseen pyöräkuormaajaan. Tällöin pelkästään

energiakustannusten avulla, mahdollinen hieman suurempi ympäristöystävällisen koneen tai laitteen hankintahinta tulisi nopeasti maksettua käyttäen tätä ympäristöystävällistä hankintaa. (Gocodes 2022; Volvo construction equipment 2024)

Ympäristöystävällisen kaluston vuokraus voi myös olla hyvä vaihtoehto, sillä vuokraaja maksaa vain koneen tai laitteen sovitusta käyttö hinnasta, ja mahdollisesti laitteen tai koneen kuljetuksesta ja tankkauksesta. Tällöin laitteen tai koneen hankinta hinta ei vaikuta käyttäjään yhtä voimakkaasti. (Skanska rental 2024)

Rakennuskalustovuokraamojen hinnoissa ei ole kovinkaan suurta eroa riippumatta siitä valitseeko tavanomaisen vai ympäristöystävällisen tuotteen. Esimerkiksi rakennuskalustovuokraamo Cramolta vuokrattuna tavallinen Yanmar VIO50 Rt-pienkaivinkone maksaa 248,96 euroa yhdeltä päivältä, kun vastaavasta pienkaivinkoneesta vähäpäästöinen Yanmar VIO 6B RT-versio maksaa 259,94 euroa päivältä. Hintiero ei ole suuri, ja tällöin käyttäjälle jääkin valinta, että tahtooko tehdä ympäristöystävällisen valinnan hieman kalliimmalla kustannuksella. (Cramo 2024)

6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tehdyn kirjallisuuskatselmuksen perusteella käy ilmi, että suurimmalle osalle rakennustyömaalla käytettävistä laitteista löytyy jokin ympäristöystävällinen vaihtoehto. Monet ympäristöystävälliset koneet tai laitteet ovat sähkökäyttöisiä perinteisen polttomoottorin sijaan, ja markkinoille tulee koko ajan enemmän sähkö- ja hybridikalustoa. Varsinkin maanrakennuskaluston sähköistymiseen on panostettu merkittävästi viime vuosina, sillä suuri osa sähköisestä maanrakennuskalustosta on tullut markkinoille vasta lähivuosien aikana. Kuitenkin osa koneista ja laitteista ovat vielä polttomoottorikäyttöisiä, mutta niiden polttomoottorit ovat huomattavasti energiatehokkaampia kuin vanhemmissa versioissa.

Vaikka ympäristöystävällisten koneiden ja laitteiden saatavuus on jo kohtuullisen hyvä, ja niiden määrä lisääntyy jatkuvasti ei kuitenkaan ole itsestäänselvyys, että kaikki rakennusalan tekijät alkavat heti käyttämään tätä ympäristöystävällistä kalustoa. Uuden kaluston hankintahinta on merkittävä, ja ympäristöystävällisen kaluston hankintahinta voi olla suurempi kuin perinteisen polttomoottorikäyttöisen kaluston hankintahinta. Tästä huolimatta ympäristöystävällisten koneiden ja laitteiden käytöllä voidaan myös päästä taloudellisiin tuloksiin niiden alhaisemman käyttöhinnan ansiosta. Kaikki ympäristöystävällinen kalusto ei myöskään ole käytännöllisyydeltään vielä aivan samalla tasolla kuin esimerkiksi perinteinen polttomoottorikäyttöinen kalusto esimerkiksi pitkäköjen latausaikojen vuoksi.

Tässä työssä käytetyt lähteistä vain osa oli vertaisarvioituja, tieteellisiä artikkeleja. Työn luonteen vuoksi monet lähteistä olivat koneiden ja laitteiden valmistajien, vuokraajien tai myyjien sivustoja, varsinkin luvussa 4. Tämän vuoksi on suhtauduttava osittain kriittisesti näiden valmistajien omiin teksteihin puolueellisuuden vuoksi. Kuitenkin monesti valmistajat tekevät myös koneita ja laitteita, joita ei pidetä työn kontekstissa ympäristöystävällisinä. Tämän takia on uskottavaa, kun kyseiset valmistajat esittelevät heidän ympäristöystävällistä valikoimaansa.

Rakennustyömailla ei vielä usein näe näitä kaikkia mainittuja ympäristöystävällisiä koneita ja laitteita, joiden käyttö voisi kuitenkin olla monien tahojen eduksi. Päästöjä vähentäessä olisi tärkeitä, että urakoitsijat alkaisivat investoimaan uuteen vähäpäästöiseen kalustoon. Myös urakoitsijoiden mielenkiinnosta huolimatta on mahdollista, että tullaan asettamaan vaatimuksia esimerkiksi kaluston päästöjen

suhteen. Tämän takia jatkotutkimusta voitaisiin tehdä siitä, kuinka ympäristöystävällisten koneiden ja laitteiden käyttöönottoa rakennustyömaalla saataisiin tehostettua.

LÄHTEET

Alimak (2024). alimak.com. Saatavissa (viitattu 3.3.2024): <https://alimak.com/product/alimak-scando-650a/>

Bosch (2024). bosch.fi. Saatavissa (viitattu 15.3.2024): <https://www.bosch-professional.com/fi/fi/products/gbh-18v-26f-0611910000>

CIFA (2024). cifa.com. Saatavissa (viitattu 3.3.2024): <https://www.cifa.com/en/energya>

Dieci (2024). dieci.com. Saatavissa (viitattu 3.3.2024): <https://e.dieci.com/en/electric-telehandler-mini-agri-e/>

ESKO Finland Oy (2024). eskofinland.fi. Saatavissa (viitattu 15.3.2024): <https://www.eskofinland.fi/en/products/table-saws/>

Festool (2024). festool.fi. Saatavissa (viitattu 16.3.2024): <https://www.festool.fi/tuotteet/hionta/saneeraushiomakoneet/577045---rg-130-eci-plus#Kuvaus>

Finnsementti (2020). Finnsementti ympäristöraportti 2020.

Genielift (2024). genielift.com. Saatavissa (viitattu 6.3.2024): <https://www.genielift.com/en/aerial-lift/slab-scissor-lifts>

Hansen, S. & Sjöström, R. (2023). Challenges for the construction equipment industry to shift towards zero-emission machines. Maisterityö Mälardalen yliopisto. Saatavissa (viitattu 27.3.2024): <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:mdh:diva-63307>

Heidelberg Materials (2024). heidelbergmaterials.com Saatavissa (viitattu 3.3.2024): <https://www.heidelbergmaterials-northerneurope.com/en/heidelberg-materials-introduces-first-electric-concrete-truck-in-sweden-with-full-load-capacity>

Huhtala, T. (2021). Normaalin elementtikerrostalon rakentaminen. Opinnäytetyö Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/496377/Huhtala_Totti.pdf?sequence=2.

Euroopan komissio (2023). Ilmastonmuutoksen syyt. Saatavissa (viitattu 15.2.2024): https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change_fi

JCB (2024). jcb.com. Saatavissa (viitattu 1.3.2024): <https://www.jcb.com/en-gb/products/wheel-loaders/403e>

Junttan (2024). junttan.com. Saatavissa (viitattu 1.2.2024): <https://junttan.com/products/pile-driving-rigs/>

Euroopan parlamentti (2023). Kasvihuonekaasupäästöt EU:ssa ja maailmalla. Saatavissa (viitattu 15.2.2024): <https://www.europarl.europa.eu/topics/fi/article/20180301STO98928/kasvihuonekaasupaastot-eu-ssa-ja-maailmalla-infografiikka>

Koski, H. (2010). Ratu KI-6020 Rakentamisen tuotantotekniikka. Talonrakennusteollisuus ry, Rakennustietosäätiö RTS ja Rakennustieto Oy, Helsinki.

K-rauta (2024). k-rauta.fi. Saatavissa (viitattu 6.3.2024): <https://www.k-rauta.fi/tuote/tyomaavalaisin-prof-led-45w-4950lm-2-x-pistorasia-3m-ip54/6438056221577>

Liebherr (2024). liebherr.com. Saatavissa (viitattu 2.3.2024): <https://www.liebherr.com/en/aus/products/mobile-and-crawler-cranes/customer-magazine/all-about-cranes/zero-emission-full-power.html>

Liebherr Cranes (2024). liebherr.com. Saatavissa (viitattu 2.3.2024): <https://www.liebherr.com/en/fin/products/construction-machines/tower-cranes/top-slewing-cranes/high-top-ec-h/details/72359.html>

Makita (2024). makita.fi. Saatavissa (viitattu 15.3.2024): <https://www.makita.fi/product/hm1512.html>

Manikandan, M., Adhiyaman, M. & Pazhani, D.K.C. (2018). a Study and analysis of construction equipment management used in construction projects for improving productivity. International Research Journal of Engineering and Technology, 2018(03). Saatavissa: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56785527/IRJET-V5I3294-libre.pdf?1528863244=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DA_STUDY_AND_ANALYSIS_OF_CONSTRUCTION_EQU.pdf&Expires=1707575980&Signature=OXFfkBTugG2JwK6FeNjq~hiRtItY7dpkJ3LjSCaWW7VZufA8tXHgwwMxjHtshrk1HGqYJCI-JuAR6TKbGAMM2XreOIVctC0LTUgQjIOv~ULy6VxFkxIVDY2I~HfOHQ~6DIbgCFbi-LOPQ85QYrDw-wulNd8DfP4b5y2-9QdsRYtGwZw1LsonSur9Wg4NsbHbctC-GgEtIh35SeBS5zN1hKKqGusxtAFtBknousKwLguPRLrmBKtPzvt193EV4Hj9hDyUwNudYnJjy-PlvSwFYp5qMICHhgIINNZCGgk48DrVuSXbEpmBPre82A6Pw8vFNoljaLzr-PITNdW8s0H8PgDViTw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA.

Melin, H.E. (2019). Analysis of the climate impact of lithium-ion batteries and how to measure it, circular energy storage. Saatavissa: https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/2019_11_Analysis_CO2_footprint_lithium-ion_batteries.pdf.

Milwaukee (2024). fi.milwaukeetool.eu. Saatavissa (viitattu 15.3.2024): <https://fi.milwaukeetool.eu/fi-fi/m18-fuel-34-176;-2-toimintoinen-runkonaulain/m18-ffn/>

Nordiclights (2024). nordiclights.com. Saatavissa (viitattu 5.3.2024): <https://www.nordiclights.com/techtalk/construction/>

Gocodes (2023). gocodes.com. Pros and cons of renting heavy construction equipment. Saatavissa (viitattu 12.2.2024): <https://gocodes.com/renting-construction-equipment-pros-cons/>

Puttkamer, L. (2024). neste.com. Construction industry and sustainability, Neste. Saatavissa (viitattu 21.2.2024): <https://www.neste.com/news-and-insights/sustainability/construction-industry-and-sustainability>

Raivio, T., Laine, A., Klimscheffskij, M., Heino, A. & Lehtomäki, J. (2020). Vähähiilinen rakennusteollisuus 2035 Osa 4. Rakennusteollisuuden ja rakennetun ympäristön vähähiilisyyden tiekartta 2020 - 2035 - 2050. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <https://rt.fi/wp-content/uploads/2023/11/rt-4-vahahiilisyiden-tiekartta.pdf>.

Ramirent (2013). Ramirent vastuullisuusraportti 2013. Saatavissa: [file:///C:/Users/kpvil/Downloads/Ramirent%20Vastuullisuusraportti%202013%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/kpvil/Downloads/Ramirent%20Vastuullisuusraportti%202013%20(1).pdf).

Ratu KI-6023 Raturva – rakennustöiden ja -koneiden turvallisuusohjeet (2017). Talonrakennusteollisuus ry, Rakennuskonepäälliköt. r.y, Mittaviiva Oy ja Rakennustietosäätiö RTS sr.

RoMy Clima (2024). romyclima.no. Saatavissa (viitattu 6.3.2024): <https://romyclima.no/english/>

Siddharth, J., Vyas, C.M. & Pitroda, J. (2015). a Critical literature review on comparative analysis of construction equipments -rent and buy. Journal of International Academic research for Multi-disciplinary, 2(12). Saatavissa: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54951050/136_SJ-CMV-JRP_JIARM_paper19892_Volume_2_Issue_12_January_2015-libre.pdf?1510166458=&re-

sponse-content-disposition=inline%3B+filename%3DA_CRITICAL_LITERATURE_REVIEW_ON_COMPARIT.pdf&Expires=1707749098&Signature=HLYmo6xIHMW1okEHNOYJmIRx1G4mfJMdtYbSQUe48CRV-tsqP0N1AJ054nj3jmt~I3xbFF07kxw8jobDV182E8xTaqZDizWayeyHFE9JbSOB-HwogiCh7IHI3bu6CWLDhLLOLX1-fa2m179x0dOTAsMOV9zLpOQyKHUu9dgwgMpfETz3cBZEOd9qL75L5wq8IVDvzEtAwNAV-krQ8U~0r8Diw0THP0IDJo6mb10hwh0hngp7CUC04izM7b63xWC6A2mMkVf~RI7eODJHv6ivCYrf7D9YSpJULapMbl2gArNhWxR5Npz~Ki9gL7RFnkA4UNb3B9NCxRHQqs4-HQsHMs2VA__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA.

Skanska Konevuokraus (2024). skanskakonevuokraus.fi. Saatavissa (viitattu 12.2.2024): <https://skanskakonevuokraus.fi/vahvuudet/>

Volvo consturction equipment (2024). volvoce.com. Saatavissa (viitattu 29.2.2024): <https://www.volvoce.com/suomi/fi-fi/>

Volvo Kuorma-autot (2024). volvotrucks.fi. Saatavissa (viitattu 2.3.2024): <https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/trucks/electric/volvo-fmx-electric.html>

Wikipedia (2022). wikipedia.org. Ympäristöystävällinen. Saatavissa (viitattu 15.2.2024): <https://fi.wikipedia.org/w/index.php?title=Ymp%C3%A4rist%C3%B6yst%C3%A4v%C3%A4llinen&oldid=21146380>