

Taustaraportti - työkoneet

Päivitetty 21.2.2025 (R1.05): Diesel- ja bensiinityökoneiden bio-osuudet on nyt huomioitu Tilastokeskuksen polttoaineluokituksen mukaisesti. Bio-osuudet tuottavat päästöjä JEC v5-version mukaisesti suhteessa fossiiliseen biodieseliin.

~~Päivitetty 23.1.2025 (R1.04): Alituskoneen nimi muutettu suuntaportaksi~~

~~Päivitetty 28.6.2023 (R1.03): Päivitys, mm. uusia työkoneita~~

~~Alkuperäinen 8.12.2022~~

Taustaraportti - työkoneet.....	1
1 Tausta.....	2
1.1 Työkoneiden hiilijalanjälki	2
1.2. Polttoaineen hankinnan lisäys päästökertoimiin.....	2
2 Työkoneet	3
2.1. Hiilijalanjälki	3
2.2. Laskentamenetelmät	5
2.2.1. Menetelmä A, esimerkkinä ”Kurottaja”	6
2.2.2. Menetelmä B, esimerkkinä ”Suuntapora ja voimayksikkö, pieni”, ” Suuntapora ja voimayksikkö, keskisuuri” ja ” Suuntapora ja voimayksikkö, suuri”	6
2.2.3. Menetelmä C, regressioyhtälö	6
2.2.4. Menetelmä D, sähkökäyttöiset työkoneet	6
Lähteet	7

1 Tausta

1.1 Työkoneiden hiilijalanjälki

Työkoneet muodostavat erittäin laajan ja monimuotoisen joukon erilaisia koneita, jotka ovat suunniteltu tietynlaisiin työsovelluksiin. Erityistä työkoneille on niiden käyttöprofiilin laaja jakauma riippuen koneen käyttötarkoituksesta. Vuosittaiset käyttötunnit saattavat vaihdella muutamasta kymmenestä useaan tuhanteen koneesta ja käyttötarkoituksesta riippuen.

Työkoneiden yhteenlaskettu polttoaineen kulutus Suomessa on noin 770 000 t/a. Työkoneiden kasvihuonekaasupäästöt olivat vuonna 2019 2,4 Mt CO₂-ekv., mikä on noin 4,5 prosenttia Suomen kokonaispäästöistä ja 8 prosenttia taakanjakosektorin päästöistä (Tilastokeskus 2021a). Työkoneiden päästöt ovat pysyneet viime vuosina suurin piirtein samalla tasolla. Työkoneiden kasvihuonekaasupäästöjen jakautumatietojen mukaan vuonna 2020 kaivinkoneiden osuus oli 19 prosenttia, pyöräkuormaajien 17 prosenttia ja dieseltrukkien 17 prosenttia.

Työkoneiden voimanlähteenä on edelleen lähes yksinomaan polttomoottori. Päästöistä dieselin tai kevyen polttoöljyn osuus työkonepolttoaineissa on lähes 90 prosenttia. Päästöjä vähentävät toimenpiteet tulisi tästä syystä kohdistaa ensisijaisesti dieselkäyttöisiin koneisiin. Vuonna 2035 työkonesektorin kasvihuonekaasupäästöt ovat perusennusteen mukaan noin 20 prosenttia nykyistä pienemmät. Työkoneiden hiilidioksidipäästöjä pyritään vähentämään tällä hetkellä useilla eri keinoilla. Vuonna 2019 voimaan astuneen lain (418/2019) mukaisesti kevyen polttoöljyn bio-osuuden jakeluvolvoite on 3 prosenttia vuonna 2021 ja nousee 10 prosenttiin vuoteen 2028 mennessä, jolloin vaikutus vuosipäästöihin on noin 0,2 Mt CO₂-ekv. Polttoöljyn veronkorotukset vaikuttavat työkoneiden polttoaineen hintaan ja sitä kautta kysyntään (YM, 2021, Kaisu-raportti)

Työkonepuolella öljyn korvaaminen muilla energialähteillä on huomattavasti vaikeampaa kuin rakennuksissa ja esimerkiksi sähkökäyttöisiä työkoneita on toistaiseksi vain rajallisesti saatavilla. Biopolttoöljyn kohdentamisessa työkonekäyttöön voidaan nähdä enemmän hyötyjä kuin sen kohdentamisessa lämmityskäyttöön, koska lämmitykseen on tarjolla runsaasti muita kuin öljyyn perustuvia lämmitysjärjestelmiä. Työkoneiden osalta myös biokaasun mahdollisuuksia selvitetään. Työkoneiden sähköistyksellä on ollut toistaiseksi vähäinen vaikutus sektorin kokonaispäästöihin.

TYKO on VTT:ssä kehitetty Suomen työkoneiden päästölaskentamalli. Mallilla tuotetaan Suomen viralliset vuosittaiset päästömäärät EU:lle, YK:lle ja Suomen tilastoihin. Malli laskee lisäksi käytetyt polttoainemäärät. Laskenta perustuu kahteen pääelementtiin: kunkin konetyypin vuotuisen työmäärään ja suoritekohtaisiin päästökertoimiin ja kulutukseen. TYKO on osa VTT:n kehittämää LIPASTO –laskentajärjestelmää (<http://lipasto.vtt.fi>). TYKO:ssa koneiden pääluokat ovat ajettavat ja siirrettävät koneet, jälkimmäiseen luokkaan sisältyy myös käsikäyttöiset koneet.

LIPASTO-laskentajärjestelmässä työkoneiden polttoaineissa ei ollut bio-osuutta. Bio-osuudet perustuvat Tilastokeskuksen polttoaineluokituksen kevyen polttoöljyn mukaisiin arvoihin.

1.2. Polttoaineen hankinnan lisäys päästökertoimiin

Polttoaineen hankintaprosessia kuvataan JRC:n JEC v.5 kaivosta-tankkiin-raportissa (engl. well-to-tank). Siinä kuvataan polttoaineiden tuotanto-, kuljetus-, valmistus- ja jakeluprosesseja erityyppisille polttoaineille, tuotantoreiteille ja kuljetusmenetelmille sekä näiden prosessien päästöt. Jalostamon valmiit tuotteet kuljetetaan joko säiliöautolla suoraan kauppa-asemalle tai pääosin varastolle putkilinjalla, junalla tai proomulla. Laskennassa on käytetty eri kuljetusmuotojen yhdistelmää kunkin muodon todellisen osuuden mukaan Euroopassa.

JEC v.5-raporttiin perustuva dieselhankinta lisätään kunkin työkonekonetyypin yksikköpäästöihin. (Prussi ym. 2020).

Työkoneiden osalta on käytetty samoja polttoaineen polton ja hankinnan päästöarvoja kuin kuljetuksissa.

Polttoaineen polton päästöt:

Diesel (fossiilinen): 2633 g CO₂e/l

Bensiini mix: 2022 g CO₂e/l

Polttoaineen hankinnan päästöt:

diesel hankinta: 676,2 g CO₂e/l

bensiini hankinta: 545,7 g CO₂e/l

Fossiilisen dieselin päästökerroin saadaan kertomalla polton päästöt luvulla 1,257.

2 Työkoneet

2.1. Hiilijalanjälki

Seuraavassa esitetään työkoneiden hiilijalanjälkilaskennan taustatiedot (elinkaarivaiheelle A4). Taulukossa 2. on listattuna kaikki tietokantaan kuuluvat työkoneet päästökertoimineen. Kaikkien työkoneiden päästöt on ilmoitettu yksikössä [kg CO₂e /h]. Lisäksi ilmoitetaan mitä laskentamenetelmää kunkin koneen päästöjen laskennassa on käytetty. Osa päästöarvoista on laskettu käyttäen TYKOsta saatuja koneluokan keskiarvolukuja (menetelmä A). Osa koneista pitää sisällään useita painoluokkia, joille on laskettu tyyppiä arvon jonkin laitevalmistajan vastaavien koneiden avulla (menetelmä B). Luokassa C koneissa on runsaasti erilaisia painoluokkia ja niihin on määritetty päästöarvot usean laitevalmistajan koneiden keskiarvona (menetelmä C). Sähkökäyttöisten työkoneiden päästöt on laskettu käyttämällä TYKOsta löytyvää työkoneen keskimääräistä kuormitusastetta, laitteen tehoa sekä sähkön päästökerrointa (menetelmä D). Ainoa maakaasua käyttävä laite laskennoissa on pikipata. Sen päästöt laskettiin erikseen käyttäen fossiilisen maakaasun päästöjä. Yksittäisten työkoneiden päästölaskennat löytyvät erillisestä excel-tilukosta.

Infrarakentamisen päästötietokantaan laaditut työkonenimikkeet ovat lueteltuna seuraavassa taulukossa:

Taulukko 2. Tietokantaan sisältyvät työkoneet, päästökertoimet ja laskentamenetelmä.

Nimike	Yksikkö	Arvo	Laskenta- menetelmä
Aggregaatti	kg CO ₂ e /h	3,6	A
Ajoneuvonosturi	kg CO ₂ e /h	25	A
Asfaltinjiyrin	kg CO ₂ e /h	13	A
Asfaltinlevityskone, koko 1, 75 kW	kg CO ₂ e /h	27	B
Asfaltinlevityskone, koko 3, 160 kW	kg CO ₂ e /h	58	B
Asfaltinlevityskone, koko 2, 120 kW	kg CO ₂ e /h	44	B
Betonimylly	kg CO ₂ e /h	0,15	D
Betonipumppu (dieselkäyttöinen)	kg CO ₂ e /h	29	A
Betonipumppu (sähkökäyttöinen)	kg CO ₂ e /h	15	D
Hiekkapuhallus	kg CO ₂ e /h	0,77	A
Hinattava täryjiyrä, koko 1, 45 kW	kg CO ₂ e /h	14	A
Hinattava täryjiyrä, koko 2, 80 kW	kg CO ₂ e /h	25	A
Hinattava täryjiyrä, koko 3, 120 kW	kg CO ₂ e /h	37	A
Hitsauskone	kg CO ₂ e /h	0,8	D
Iskuporakone	kg CO ₂ e /h	0,15	D

Jyrsintäkone, asfaltti	kg CO ₂ e /h	145	B
Jyrä 7-15 tn	kg CO ₂ e /h	28	C
Jyrä alle 7 tn	kg CO ₂ e /h	10	C
Jyrä yli 15 tn	kg CO ₂ e /h	45	C
Kallioporavaunu	kg CO ₂ e /h	17	B
Kasteluauto	kg CO ₂ e /h	51	A
Kiinteistötraktori TR 80	kg CO ₂ e /h	25	A
Kiskoporakone	kg CO ₂ e /h	1,5	A
Kiskopyöräkaivinkone	kg CO ₂ e /h	26	A
Kiskopyöräkone	kg CO ₂ e /h	26	A
Kivileikkuri	kg CO ₂ e /h	0,40	D
KKH 08, kaivinkone, tela-alustainen	kg CO ₂ e /h	13	C
KKH 11, kaivinkone, tela-alustainen	kg CO ₂ e /h	17	C
KKH 14, kaivinkone, tela-alustainen	kg CO ₂ e /h	22	C
KKH 17, kaivinkone, tela-alustainen	kg CO ₂ e /h	27	C
KKH 21, kaivinkone, tela-alustainen	kg CO ₂ e /h	33	C
KKH 25, kaivinkone, tela-alustainen	kg CO ₂ e /h	40	C
KKH 30, kaivinkone, tela-alustainen	kg CO ₂ e /h	47	C
KKH 35, kaivinkone, tela-alustainen	kg CO ₂ e /h	55	C
KKH 45, kaivinkone, tela-alustainen	kg CO ₂ e /h	71	C
KKH 55, kaivinkone, tela-alustainen	kg CO ₂ e /h	86	C
Kompressor	kg CO ₂ e /h	43	A
Kurottaja	kg CO ₂ e /h	22	A
Kuukävelijä	kg CO ₂ e /h	7,1	B
Louhinta	kg CO ₂ e /h	35	A
Luiskanmuotoilukone	kg CO ₂ e /h	40	B
Maaporavaunu	kg CO ₂ e /h	17	B
Massastabilointikone	kg CO ₂ e /h	33	A
Murskauskone	kg CO ₂ e /h	101	B
Nosturi	kg CO ₂ e /h	25	A
Paalutuskone alle 40 t	kg CO ₂ e /h	44	B
Paalutuskone yli 40 t	kg CO ₂ e /h	84	B
Paalutuskone, sähkö	kg CO ₂ e /h	8,5	B
Pienkoneet, muut sillan tukirakenteet	kg CO ₂ e /h	1,1	A
Pienoispyöräkuormaaja, KUP 00 tai KUP 03 (bobcat)	kg CO ₂ e /h	9,9	B
Piikkauskone	kg CO ₂ e /h	0,46	D
Pikipata	kg CO ₂ e /h	7,0	
Pilaristabilointikone	kg CO ₂ e /h	33	A
Porajumbo, sis. kuljettaja	kg CO ₂ e /h	39	B
Porajumbo, sähkö	kg CO ₂ e /h	0,80	B
Porauskalusto (kalliorakentaminen)	kg CO ₂ e /h	17	B
Poravaunu	kg CO ₂ e /h	17	B
Pumppuauto	kg CO ₂ e /h	56	A
Pyöräkuormaaja, KUP 100-130 (13-19tn)	kg CO ₂ e /h	38	B
Pyöräkuormaaja, KUP 100-130 (13-19tn) harjalla	kg CO ₂ e /h	38	B
Pyöräkuormaaja, KUP 150-210 (20 tn tai yli)	kg CO ₂ e /h	60	B
Pyöräkuormaaja, KUP 30-90 (alle 12,5 tn)	kg CO ₂ e /h	20	B
Pyöräkuormaaja, KUP 30-90 (alle 12,5 tn) harjalla	kg CO ₂ e /h	20	B
Pyörätraktori 2 + tärymuokkain	kg CO ₂ e /h	25	A

Raidenosturi	kg CO ₂ e /h	25	A
Sekoitinsäiliö	kg CO ₂ e /h	2,3	
Stabilointijyrsin	kg CO ₂ e /h	127	B
Suuntapora ja voimayksikkö, keskisuuri	kg CO ₂ e /h	27	B
Suuntapora ja voimayksikkö, pieni	kg CO ₂ e /h	15	B
Suuntapora ja voimayksikkö, suuri	kg CO ₂ e /h	46	B
Sähköratatyökone, TTE	kg CO ₂ e /h	47	B
Tasoseula, 20-30 tn	kg CO ₂ e /h	29	B
Tasoseula, alle 20 tn	kg CO ₂ e /h	20	B
Tasoseula, yli 30 tn	kg CO ₂ e /h	41	B
Telapuskutraktori, PT 15	kg CO ₂ e /h	44	A
Telapuskutraktori, PT 21	kg CO ₂ e /h	44	A
Tiehöylä	kg CO ₂ e /h	54	A
Traktori, TR 80	kg CO ₂ e /h	25	A
Traktoridumpperi TRD	kg CO ₂ e /h	45	A
Traktorikaivuri	kg CO ₂ e /h	25	A
Tukemiskone	kg CO ₂ e /h	134	B
Työkone pylvään lyöntikoneella	kg CO ₂ e /h	65	A
Tärylevy	kg CO ₂ e /h	4,1	A
Tärysauva (bensiniikäyttöinen)	kg CO ₂ e /h	2,2	A
Tärysauva (sähkökäyttöinen)	kg CO ₂ e /h	0,20	D
Vaihteen tukemiskone	kg CO ₂ e /h	119	B

2.2. Laskentamenetelmät

Suomen työkoneiden päästölaskentajärjestelmä (TYKO) tuottaa seuraavien yhdisteiden päästömäärät [g/kWh]: hiilimonoksidi (CO), hiilivedyt (HC), typen oksidit (NO_x), hiukkaset (PM), metaani (CH₄), typpioksiduuli (N₂O), rikkidioksidi (SO₂) sekä hiilidioksidi (CO₂). Lisäksi laskentatuloksena on polttoaineenkulutus, energiankäyttö ja urealisäaineen kulutus (AdBlue).

TYKO-laskentajärjestelmän tarkka kuvaus sekä tulokset on saatavilla esimerkiksi alla olevasta linkistä:

[LIPASTO \(vtt.fi\)](http://lipasto.vtt.fi)

Infrarakentamisen kansallisen päästötietokannan työkoneiden päästölaskentaan on otettu TYKO-mallista mukaan hiilidioksidin lisäksi hiilimonoksidi, typpioksiduuli ja metaani. Muiden yhdisteiden vaikutus päästöihin on katsottu hyvin vähäiseksi. Kasvihuonekaasujen suhteellista voimakkuutta kuvaavina GWP-kertoimina alla olevan taulukon 3. mukaisia arvoja.

Taulukko 3. Kasvihuonekaasujen GWP-kertoimet

CO ₂	1
CO	1,57
N ₂ O	298
CH ₄	36,8

TYKOssa ilmoitetaan kullekin konetyypille myös kuormitusaste, eli se, millä teholla suhteessa maksimitehoon kyseistä konetta keskimäärin käytetään (esim. 0,30). Samoin ilmoitetaan konetyypin keskimääräinen nimellisteho [kW], sekä se, paljonko kyseinen konetyyppi kuluttaa polttoainetta tuotettua kilowattituntia kohti [g/kWh].

Bio-osuudet huomioidaan Tilastokeskuksen polttoaineluokituksen mukaisesti. Polttoaineen bio-osuus tuottaa päästöjä JEC v5-mukaisesti päästövähennyksenä verrattuna fossiiliseen polttoaineeseen. Bio-osuus tuottaa noin 40 % fossiilisen dieselin päästöistä.

2.2.1. Menetelmä A, esimerkkinä ”Kurottaja”

Päästöarvot sekä kasvihuonekaasujen GWP-kertoimet saadaan TYKO-tietokannasta kohdasta ”Teleskooppikurottajat”

$$\begin{aligned}\text{Päästöt [g CO}_2\text{e /kWh]} \\ &= (831,6 \text{ g CO}_2 \text{ /h}) + (4,1 \text{ g CO /kWh} * 1,57) + (0,0132 \text{ g N}_2\text{O /kWh} * 298) + (0,050 \text{ g CH}_4 \text{ /kWh} * 36,8) \\ &= 843,8 \text{ g CO}_2\text{e /kWh}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Työkoneen päästökerroin [kg CO}_2\text{e /h]} \\ &= 0,28 (\text{keskim. kuormitusaste}) * 78 \text{ kW (keskim. nimellisteho)} * 843,8 \text{ g CO}_2\text{e /kWh} * 1,254 (\text{polttoaineen hankintakerroin} / 1000 = 22,6 \text{ kg CO}_2\text{e /h})\end{aligned}$$

2.2.2. Menetelmä B, esimerkkinä ”Suuntapora ja voimayksikkö, pieni”, ” Suuntapora ja voimayksikkö, keskisuuri” ja ” Suuntapora ja voimayksikkö, suuri”

Valitaan yhden tai useamman tunnetun valmistajan mallistosta kokoluokkiin riittävästi eri kokoluokkien laitteita, tässä tapauksessa seitsemän mallia Vermeerin mallistosta. Konevalmistajan tiedoista saadaan myös kaikkien, painoltaan erilaisten laitteiden tehot. Sijoitetaan jokaisen koneen tehot alla olevaan laskentaan.

Päästöarvot sekä kasvihuonekaasujen GWP-kertoimet saadaan TYKO-tietokannasta kohdasta ”Muut ajettavat dieseltäykoneet”

$$\begin{aligned}\text{Päästöt [g CO}_2\text{e /kWh]} \\ &= (820 \text{ g CO}_2 \text{ /h}) + (3,0 \text{ g CO /kWh} * 1,57) + (0,0131 \text{ g N}_2\text{O /kWh} * 298) + (0,050 \text{ g CH}_4 \text{ /kWh} * 36,8) \\ &= 830,0 \text{ g CO}_2\text{e /kWh}\end{aligned}$$

Eritehoisten suuntaporien päästökerroin [kg CO₂e /h] saadaan sijoittamalla laitteen teho alla olevaan kaavaan kohtaan TEHO.

$$= 0,36 (\text{keskim. kuormitusaste}) * \text{TEHO kW (keskim. nimellisteho)} * 830 \text{ g CO}_2\text{e /kWh} * 1,254 (\text{polttoaineen hankintakerroin} / 1000 = \text{Päästökerroin [kg CO}_2\text{e /h]})$$

Tämän jälkeen jaetaan tulokset (7 kpl) painon perusteella luokkiin ja lasketaan kunkin luokan päästöjen keskiarvot. Näitä keskiarvoja käytetään suuntaporien luokkien ”pieni, keskisuuri ja suuri” päästökertoimina.

2.2.3. Menetelmä C, regressioyhtälö

Menetelmä C vastaa menetelmää B muuten, paitsi että tässä muodostetaan regressioyhtälö koneen painon ja sen päästöjen välille. Yhtälöön sijoitetaan halutut painoluokat ja tuloksena saadaan kunkin luokan päästökertoimet. Esimerkiksi lukuisia painoluokkia sisältävä kaivinkoneiden luokka on laskettu tällä tavoin.

2.2.4. Menetelmä D, sähkökäyttöiset työkoneet

Sähkökäyttöisten työkoneiden päästöt on laskettu käyttämällä TYKOsta löytyvää työkoneen tai sitä lähinnä vastaavan laitteen keskimääräistä kuormitusastetta, laitteen tehoa sekä sähkön päästökerrointa vuonna 2021.

Lähteet

LIPASTO TYKO 2019. Calculation model for working machines. (in Finnish).http://lipasto.vtt.fi/tyko/tyko_menetelma.pdf

Nylund, N., Söderena, P. ja Rahkola, P., Työkoneiden CO₂-päästöt ja niihin vaikuttaminen. VTT-R-04745-16

Prussi, M., Yugo, M., De Prada, L., Padella, M., Edwards, R. and Lonza, L., JEC Well-to-Tank report v5:

Annexes. 2020. Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-76-19926-7, doi:10.2760/959137, JRC119036.

Lisäksi mm. seuraavista lähteistä on haettu tietoa markkinoilla olevien työkoneiden tehoista, painoista ja päästöistä:

Dagang tien jyrskoneet [Tien jyrskoneiden valmistajat ja toimittajat - tehdas - Dagang \(dgroadhospital.com\)](http://dgroadhospital.com)

Doosan kaivinkoneet [Doosanin tela-alustaisilla kaivinkoneilla työt onnistuvat tehokkaasti - RealMachinery Oy](http://RealMachinery.Oy)

Dynapac tiejyrät Compaction • Dynapac - Fayat Group

FlexiROC poravaunut FlexiROC T15 R | Epiroc

Gradall luiskanmuotoilukoneet Gradall Excavators for Road, Highway and Heavy Construction

Hitachi kaivinkoneet [Hitachi kaivinkoneet \(rotator.fi\)](http://Hitachi kaivinkoneet (rotator.fi))

Junttan paalutuskoneet

Keestrack tasoseulat [Keestrack C3 tasoseula - Multaseula, kiviaineseula, maa-ainesten seulonta \(hstekniikka.com\)](http://Keestrack C3 tasoseula - Multaseula, kiviaineseula, maa-ainesten seulonta (hstekniikka.com))

Komatsu kaivinkoneet [Tela-alustaiset kaivinkoneet | Komatsu \(sr-o.fi\)](http://Tela-alustaiset kaivinkoneet | Komatsu (sr-o.fi))

Liebherr sekoitinsäiliöt Liebherr

Matisa tukemiskoneet [flyer_bourreuse_b35_en.pdf \(matisa.ch\)](http://flyer_bourreuse_b35_en.pdf (matisa.ch))

Ratatyökoneet Tka7 – Wikipedia

Sandvik porauslaitteet DD320S peränporauslaite — Sandvik Mining and Rock Technology

Vermeer suuntaporat D40x55 S3 Utility Horizontal Directional Drill by Vermeer

Volvo asfalttikoneet: [Asfalttikoneet | ABG asfalttikoneet | Volvo asfalttikoneet \(volvoce.com\)](http://Asfalttikoneet | ABG asfalttikoneet | Volvo asfalttikoneet (volvoce.com))

Volvo tiejyrät [Jyrät | Asfalttijyrät | Tiejyrät \(volvoce.com\)](http://Jyrät | Asfalttijyrät | Tiejyrät (volvoce.com))

Wirtgen tien jyrskoneet [Wirtgen Road Recycling Machines/-Cold Recyclers | Specifications & Datasheets | LECTURA Specs \(lectura-specs.com\)](http://Wirtgen Road Recycling Machines/-Cold Recyclers | Specifications & Datasheets | LECTURA Specs (lectura-specs.com))