

Energiajärjestelmien EROI-lukujen tulkinta edellyttää kriittisyyttä

Uuden energiamuodon tehokkuutta ja ilmastoystävällisyyttä mitattaessa on keskeistä selvittää objektiivisesti ja tarkasti, mikä on kyseisen energiamuodon EROI (*Energy return on investment*). EROI-arvo kertoo, miten paljon energiajärjestelmän valmistus, ylläpito ja purkaminen kuluttavat energiaa (E_I =investoitu energia) suhteessa järjestelmän elinkaaren aikana tuotettuun energian määrään (E_R).

$$R := E_R / E_I .$$

Mikäli EROI tunnusluku R on suurempi kuin yksi, laitteisto tuottaa tällöin elinkaarensa aikana enemmän energiaa kuin mitä kuluttaa.

EROI-luku ei ole yksinään luotettava mittari eri energianlähteiden vertailuun. Eri tutkimusten tuloksina saadut EROI arvot vaihtelevat huomattavasti keskenään. Laskentaan liittyy huomattava määrä taustaoletuksia, jotka usein vaihtelevat eri tutkimusten ja tutkijoiden kesken. Eroja saattaa selittää tekijöiden erilaiset ideologiset tai taloudelliset pyrkimykset (Gupta & Hall, 2011). Energiajärjestelmän EROI-arvon suuruuteen näyttää vaikuttavan huomattavan paljon se, keneltä asiaa kysyy, mikä teknologia laskelmissa oletetaan, minkä tuotantovaiheiden energiankulutus on laskelmissa otettu huomioon ja mikä on järjestelmän oletettu elinikä ja sijainti. Täten EROI laskelmien tulkinta edellyttää aina perehtymistä tutkimukseen ja laskelmien taustaoletuksiin. Kansainvälisiä keskimääräisiä EROI lukuja on eri energialähteille haastava laskea, sillä kaikilla energiantuotantomaille ei ole julkista ja luotettavaa dataa

koko energiantuotannostaan (Gupta & Hall, 2011). EROI-luku on vain yksi mittari energiantuotannon ympäristöystävällisyyttä arvioitaessa. Esimerkiksi elinkaaren aikana koituvien ulkoisvaikutusten kuten kasvihuonepäästöjen tai vesistöjen saastumisen ongelmia ei ole huomioitu laskennassa.

Perehdyin kolmeen artikkeliin, missä käsiteltiin EROI-arvoja uusiutuville (aurinkoenergialle, tuulelle ja biokaasulle) sekä uusiutumattomille (ydinvoimalle, hiilelle ja öljylle) energiamuodoille. Artikkeleiden laatijat eivät itse olleet keränneet tilastoja EROI-lukujen määrittämiseksi, mutta he analysoivat laskettuja arvoja tai korjasivat aiemmin tehtyjä tutkimustuloksia. Ympäristötalouden tutkijat **Stephen B. Balogh, Charles A.S. Hall ja Jessica G. Lambert** (2013) laskivat keskiarvoja eri tutkimuksissa ilmoitetuille EROI-arvoille. Ydinfysiikan tutkija **Daniel Weißbach** kollegoineen perusti EROI laskelmansa useiden eri lähteiden arvoille. Artikkelin suhtautuminen uusiutuvia energiamuotoja kohtaan on kriittinen ja Weißbach et. al. päätyivät pienempiin EROI-arvoihin aurinko- ja tuulivoimalle, kuin useimmat muut julkaisut. Kolmas tutkimusartikkeli perustuu Stanford Universityn Global Climate and Energy Projectin tuloksiin. **Sally M. Bensonin ja Michael Dalen** artikkelissa (2013) arvioitiin aurinkoenergialle kaikista suurimmat EROI-lukemat.

Energiamuotojen EROI-lukujen vertailua

Fossiilisten polttoaineiden EROI lukemat olivat kaikissa luetuissa artikkeleissa korkeita. Globaalilla tasolla mitattuna *öljyllä ja kaasulla* EROI lukemat ovat keskimäärin luokkaa 20/1, vaikkakin vuonna 1995 kyseinen suhdeluku oli vieläkin suurempi, noin 30/1. Toisella tärkeällä fossiilisella polttoaineella *hiilellä* vastaava luku on puolestaan 46/1. (Hall, Lambert ja Stephen, 2013) Weißbach et. al. arvioivat hiilen EROI-arvon alemmaksi, lukemaan 29/1.

Ydinvoiman EROI-arvosta tehty analyysi (otos 33 artikkelia) antaa energiamuodolle noin 14/1 suuruisen luvun. Ydinvoiman

EROI-arvoa laskee uraanin rikastaminen, mikä on erittäin energiantensiivistä. EROI-luku voi kuitenkin olla suurempi uudemmilla teknologioilla, mistä on olemassa vielä vähän tietoa (Balogh, Hall, Lambert, 2013). Ydinvoimatutkija Daniel Weißbachin tutkimusryhmä arvioi ydinvoiman EROI:n olevan luokkaa 75/1, mikä on korkea verrattuna Balogh et. al. tulokseen 14/1. Korkeaa lukua selittää se, että Weißbach et. al. ovat arvioineet luvun uusimman teknologian mukaan ja laskelmista on jätetty pois vanhoja ydinenergialaitoksia.

Balogh, Hall ja Lambert analysoivat myös bioenergiaa, tuulivoimaa ja aurinkoenergiaa. Lukuisista *bioenergia* lähteistä saatavalle etanolille laskettiin EROI-arvo, jonka 74 lähteen keskiarvo oli 5/1 (Hall et. al, 2013). Tulos on kuitenkin hieman ylöspäin vinoutunut, sillä otoksessa oli useampi otoksen keskimääräistä EROI-lukua suurempi havainto. Weißbach et. al puolestaan arvioivat bioenergian EROI luvun hieman alemmaksi päätyen lukuun 3,5/1.

Tuulivoimalle analyysi (Balogh et. al) antoi puolestaan melko suuret EROI-arvot, joiden keskiarvo oli noin 18/1–20/1. Tutkijat kuitenkin toteavat, että käytännössä lukemat saattavat olla pienempiä, koska tuulivoiman toimitusepävarmuus edellyttää usein esimerkiksi akuston käyttöä. Weißbach et. al (2013) taas laskivat tuulivoiman EROI:n olevan luokkaa 16/1. Hän painotti, että niin tuuli kuin aurinkovoimassa järjestelmän sijainti vaikuttaa merkittävästi EROI-arvoihin.

Aurinkosähköjärjestelmien vertailu muihin energiajärjestelmiin oli Baloghin, Hallin ja Lambertin (2013) mukaan vaikeata, sillä monissa artikkeleissa EROI-arvojen laskemisessa käytettiin usein haastavia parametrejä ja metodologioita, jotka vaihtelivat huomattavasti eri tutkimusten välillä. Näistä ongelmista huolimatta analyysi antoi aurinkoenergialle EROI-arvon 10/1.

Weißbach puolestaan arvio aurinkosähköjärjestelmille EROI-arvoksi 4/1 olettaen järjestelmän sijainniksi Pohjois-Saksan

ja eliniäksi 25 vuotta. *Aurinkolämmölle* samassa artikkelissa arvioitiin puolestaan 30 vuoden elinikä ja sijainniksi Marocco, jolloin EROI-luvuksi saatiin 21/1. Tutkimus siis paljastaa miten iso osuus sijainnin ja käyttöiän valinnalla on uusiutuvien EROI-arvoille.

Bensonin ja Dalen (2013) julkaisussa aurinkoenergialle esitetään yhtä korkeita EROI-lukuja kuin hiilelle. Global Climate and Energy Projectin mukaan aurinkosähköjärjestelmän EROI voisi olla kaikista tehokkaimmilla järjestelmillä niinkin korkea kuin 25/1.

Luettujen artikkelien perusteella EROI-luku on kiistanalainen mittari, joka ei tarjoa yksiselitteistä mittapuuta kokonaistaloudelliseen energiataloudelliseen tarkasteluun. EROI-lukuja tarkasteltaessa on erityisen tärkeää huomioida tutkimusten taustaoletukset ja käyttää rinnalla myös muita elinkaarivaikutusten mittareita.

Kirjoittaja:

Julia Müller, 2015

Lue

myös: <http://www.finsolar.net/aurinkoenergia/ymparistovaikutukset/>

Lähteet:

Czerski K., Gottlieb S., Gottlieb S., Hussein A., Weißbach D. *Energy intensities, EROIs, and energy payback times of electricity generating power plants*. 2013. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544213000492>).

Balogh Stephen, Hall Charles, Lambert Jessica. 2013. *EROI of different fuels and the implications for society*. Energy Policy 64. Sivut 141–152.

(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421513003856>).

Benson Sally ja Dale Michel. 2013. *Energy Balance of the Global Photovoltaic (PV) Industry . Is the PV Industry a Net Electricity Producer?*. Sivut 3482–3489. Environmental Science & Technology, 47. (<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es3038824>).

Gupta Ajay, Hall Charles. 2011. *A Review of the Past and Current State of EROI Data*. Sivut 1796–1809. Sustainability Review. (<http://www.mdpi.com/2071-1050/3/10/1796/htm>).