

Energiatietoisuus-luentosarja:

Energian perustarpeita Suomessa ja Intiassa

Taustamateriaali
opettajalle

Esityskalvot
peruskouluille
ja lukioille

Sini Numminen 2019





Olen väitöskirjani kirjoittamisen aikana vieraillut yhteensä noin kymmenen kertaa suomalaisissa peruskouluissa ja lukioissa kertomassa tutkimuksestani kehittyvien maiden energiakysymysten parissa. Luennon kantavana ideana on ollut pohtia, miten köyhissä ja sähköttömissä olosuhteissa voidaan laittaa ruokaa, tehdä läksyt, tai kylmäsäilyttää elintarvikkeita. Näitä energian peruspalveluita kaikki maailman ihmiset tarvitsevat. Olemme oppilaiden kanssa käyneet raikkaita keskusteluita energian määrästä, energian suhteellisuudesta, energian tärkeydestä, erilaisista energiakeksinnöistä ja energian säästöstä. Vierailukutsut sain Aalto-Yliopiston Scientists in Schools –verkkosivun [1] kautta suoraan opettajilta.

Pidän aihepiirejä niin tärkeinä, että haluan jakaa luentokalvot avoimesti kaikkien opettajien kanssa opetuksessa vapaasti käytettäväksi. Tämän taustamateriaalin tarkoituksena on taustoittaa luentokalvoja ja toimia ennen kaikkea inspiraation lähteenä. Sisältöä tässä on enemmän kuin yhden oppitunnin ajaksi. Mukana on myös muutamia ideoita valmisteleviksi tehtäviksi ja viitteitä muihin materiaaleihin. Aihepiiriltään luento osuu yhteiskuntatieteiden (kehitysmaatutkimus ja globaalikasvatus) ja fysiikan oppiaineiden risteyskohtaan ja arvioisin, että kalvot ovat muokattavissa kaiken ikäisille peruskoulun ja lukioiden oppilaille sopiviksi.

Nämä materiaalit valmistuneet väitöstutkimukseni ohessa vuosien 2016 ja 2019 välillä Aalto-yliopiston Teknillisen fysiikan laitoksella Energiatieteiden oppiaineessa. Tutkimustani on rahoittanut Tiina ja Antti Herlinin säätiö. Kiitän lämpimästi saamastani taloudellisesta tuesta. Kiitän myös muotoilija Laura Euroa, joka antoi arvokasta palautetta esityksen rakenteesta ja kuvituksesta.

Toivoisin tulevaisuudessa saavani jatkaa ja laajentaa tätä työtä, joten kaikenlainen palaute ja ideat ja yhteistyöehdotukset ovat lämpimästi tervetulleita.

Helsingissä, 17. toukokuuta, 2019

Sini Numminen

Kuvat: S. Numminen, L. Euro, Pius Lee, Judepics, Solargis, J. Miller, NDMA India, J. Poutanen, J. Valkama, World Bank, DFID / A. Trayler-Smith, M. Virta, R. El Geneidy, Savon Voima, Aamulehti, Mitticool, M. Jacobson, Dena, S. Yoon
Taitto: Laura Euro

Esipuhe 2	2
Johdanto: Perustarvelähtöinen ajattelu lisää ymmärrystä energian merkityksestä ja määristä	4
Ideoita kotitehtäviksi ennen luentoa	5
Luentokalvojen aiheet ja sisällöt	5
Kalvot 1-7: Intian on rikas mutta köyhä maa, jossa aurinko paistaa ympäri vuoden	6
Kalvot 8-10: Globaalisti satoja miljoonia ihmisiä elää energiaköyhyydessä	7
Kalvot 11-12: Millaista on elämä kodissa, jossa ei ole sähköä, keskuslämmitystä tai vesihanaa?	8
Kalvot 13-18: Miten tehdä läksyt iltapimeällä, jos ei kotona ole sähköjä?	9
Kalvot 19-24: Kuinka paljon energiaa tarvitaan pitämään pieni lukulamppu päällä?	10
Kalvot 25-28: Energiaa tarvitaan myös ruuan kylmäsäilyttämiseen	12
Kalvot 29-35: Energiaa tarvitaan toki ennen kaikkea ruuan valmistamiseen	13
Kalvot 36-39: Aina on tarkasteltava paikallisesti, miten ja missä energia on järkevää tuottaa	14
Suosituksia energia-aiheisista oppimateriaaleista	15
Lähdeluettelo	16
Liite: Luentokalvot (kalvot 1-39)	18

Perustarvelähtöinen ajattelu lisää ymmärrystä energian merkityksestä ja määristä

Sen jälkeen, kun Suomi sotien jälkeen kipusi yhdeksi maailman vauraimista maista, meillä ei juuri ole ollut pulaa energiasta tai materiaaleista. Sähköä ja lämmintä vettä on kokoaikaisesti saatavilla miltei rajattomasti, sillä yhteiskunta ja sen rakenteet on tehty toimimaan niin. Taloja, liikehuoneistoja ja ostoskeskuksia pidetään lämpiminä ja valaistettuina ympäri vuorokauden. Kodeissa ja uimahalleissa voi lorotella kuumaa vettä mielin määrin. Olemme syntyneet energiayltäkylläiseen todellisuuteen, jonka kaikkia tuhlaavaisia piirteitä ei yksittäisen ihmisen ole aina edes mahdollista tietää, sillä energian ja materiaalien tuhlaus voi olla piilossa tuotteen tai toiminnon pitkällä elinkaarella. Kotimaansa muiden toimijoiden, kuten yritysten, vapaa-ajan hallien, energiayhtiöiden tai kaupunkien päätöksistä johtuvaan tuhlailuun yksittäinen kansalainen ei aina voi vaikuttaa.

Kaikki tämä on kuitenkin epäkestävää. Sitran toukokuussa 2019 julkaiseman raportin mukaan suomalainen elämäntapa tuottaa yli 10 000 kiloa per henkilö hiilidioksidia vuodessa, vaikka kestävä taso olisi kymmenesosa tästä, eli 1 000 kiloa [2]. Nuoret tietävät, että lamppujen sammuttelu ja kierrättäminen ei riitä. On nopeasti tehtävä radikaaleja uudistuksia toimintaamme, työelämäämme ja elämäntapaamme. Ehkä kotitalouksien, yritysten ja instituutioiden kulutukselle on asetettava rajoituksia. Enää ei riitä, että saastuttaja maksaa. Saastutus pitää kieltää.

Mutta mistä syystä tämän suuntaisista rakenteellisista uudistuksista puhuminenkin on niin hankalaa? Olen melko varma, että kysymys on siitä, että katsomme kulutusta tavallaan väärällä tavalla. Tuijotetaan kansallisia kokonaismääriä, jotka herättävät ihmisissä toivottomuuden tunteita. Keskimääräinen suomalainen tosiaan tuottaa hiilidioksidia viisi kertaa enemmän kuin intialainen [2], ja kuluttaa kymmenen kertaa öljyekvivalenttikiloa enemmän energiaa [3]. Näissä yhtälöissä asetetaan suomalainen ja intialainen ikään kuin vastakkain, vaikka heillä on hyvin-

kin paljonkin yhteistä: perusenergian tarve eli se energia, jonka ihminen tarvitsee omassa elinympäristössään ruokailuun, asumiseen ja ehkä joidenkin peruslaitteiden käyttämiseen ja liikkumiseen. Ylijäämäosa on ekstraa, tuhlausta tai ei ole yksittäisen kansalaisen yksin aiheuttamaa.

”Suomalaisella ja intialaisella on hyvinkin paljonkin yhteistä: perusenergian tarve.”

Energiankulutus on kiinnostava ja tärkeä aihe, jonka parissa voi suorittaa hyödyllisiä laskuharjoituksia fysiikan, yhteiskuntaopin ja maantiedon oppitunneilla. Mielekkäiden ja merkityksellisten harjoitusten tekeminen tunnustusti myös lisää kiinnostusta itse tieteenaan. Omilta kouluajoiltani muistan fysiikan laskuharjoituksissa mentäneen laskukaava edellä: laskettiin vaikkapa kitkaenergia tai potentiaalienergia. Ulkoa piti opetella kaavoja ja yksiköitä, jotka esiteltiin yhtä tärkeinä keskenään ja jollain tavalla neutraaleina. Näinhän ei ole. Vaikkapa kilowattitunti on raskauttava todiste sähköenergiaa, joka on tuotettu jossain jollain tavalla, ja joka synnyttänyt päästöjä jossain jonkin verran, ja joka lopulta kulutetaan johonkin tarkoitukseen. Kilowattitunti ei ole poliittisesti neutraali yksikkö. Kilowattituntia olisi ehkä syytä käsitellä myös yhteiskuntaopin ja filosofian tunnilla.

Omien havaintojeni lapset ja nuoret kovasti kaipaavat rakentavaa keskustelua ja hyvin perusteltua ja oikeellista tietoa erilaisista vaihtoehdoista, mitä ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi nyt olisi järkevää tehdä. Nuoret ovat huolissaan ilmastosta ja ympäristöstä [4]. Kaikki opettajat tietävät, että vastaukset eivät ole yksinkertaisia, vaan monimutkaisia ja hankalia. Juuri koululaiset ovat esittäneet minullekin maailman tiukimmat kysymykset. Toisaalta, nuoret keksivät myös loistavia ja kestäviä energian käyttö- ja säästöratkaisuja, kun heitä pyytää miettimään. Perusasioista, kuten auringon säteilystä, on hyvä aloittaa.

Ideoita kotitehtäviksi ennen luentoa

1. Nuoria voi pyytää miettimään, mitkä ovat tärkeimmät asiat, joihin kodeissa tarvitaan energiaa. Vastauksena haetaan siis energiapalveluita, kuten ruuan laittamista, veden lämmitämistä, huoneiden lämmittämistä, ei yksittäisiä laitteita.
2. Nuoria voi pyytää valitsemaan yhden kodin sähkölaitteen, ja katsoa sen kyljestä sen käyttämän tehon (esim. imuri 400 - 1200 W). Jatkokasoisena kysymyksenä nuoria voi pyytää laskemaan energian määrän (kWh), jos sähkölaitetta käytetään yhden tunnin ajan.
3. Luokassa voidaan myös yhdessä etsiä kaikki laitteet, jotka käyttävät sähköä. Yhdessä voidaan laskea, miten paljon ne käyttävät energiaa, jos niitä pidetään yhtä aikaa päällä yhden tunnin ajan. On hyvä huomata, että jotkut laitteet kuluttavat sähköä myös valmiustilassa. Nuoria voi pyytää etsimään myös tämän tiedon, vaikka valitettavasti aina sitä ei ole merkitty laitteeseen.

Luentokalvojen aiheet ja sisällöt

Seuraavilla sivuilla käydään läpi valmiit esityskalvot (liite) kalvoryhmä kerrallaan. Luennon kantava idea on pohdiskella oppilaiden kanssa, mihin energiaa todella tarvitaan, ja miten tärkeimpiä energiapalveluita voi saada, jos kotona ei ole pysyviä energiainfrastruktuureja kuten sähköverkkoja. Teksti painottuu ilmiöiden taustoihin, jota kaikkea yhden oppitunnin aikana ei luonnollisesti ehdi käsitellä. Kerron myös joistain oppilaiden tekemistä huomioista.



Kalvot 1-7:

Intia on rikas mutta köyhä maa, jossa aurinko paistaa ympäri vuoden

Olen pitänyt johdannon Intiaan ja intialaiseen kulttuuriin hyvin lyhyenä. Kysymyksessä on valtio ja niemimaa Etelä-Aasiassa, Kiinan, Himalajan vuorten ja Nepalin eteläpuolella. Intia on tunnettu ainakin hyvästä mausteisesta ruuasta ja siitä, että siellä asuu Kiinan jälkeen toiseksi eniten ihmisiä maailmassa. Intian väkiluku on 1,3 miljardia. Tähän joukkoon mahtuu äärimmäisen rikkaita, ja myös äärimmäisen köyhiä ihmisiä. Huomautan heti, että itse olen tehnyt tutkimusta maaseudulla pohjoisintialaisen Uttar Pradeshin osavaltiossa, enkä tunne monenkaan vauraamman eteläisemmän Intian olosuhteita ja yhteiskuntia hyvin. Pinta-alaltaan Intia on melkein Euroopan kokoinen, valtioitakin on melkein yhtä monta. Intiasta löytyy kymmeniä kulttuureita, kieliä ja uskontoja.

Mumbaissa otetussa valokuvassa näkyy etualalla Aasian toiseksi suurin slummi, jossa asuu 700 000 ihmistä. Taustalla näkyy korkeita pilvenpiirtäjiä ja kaiken yllä paksu savusumu. Maailman saasteisimmat kaupungit löytyvät tällä hetkellä Intiassa. Saaste johtuu pääosin vilkkaasta liikenteestä ja vanhasta autokannasta. Pääkaupungissa Delhissä julistettiin vuonna 2018 useita hätätiloja huonon ilmanlaadun vuoksi.

Aurinkoenergian tehokas ja monipuolinen hyödyntäminen olisi erittäin hyvä idea Intiassa ja toki monessa muussakin maassa (myös Suomessa). Aurinkoenergialla voitaisiin merkittävästi vähentää saasteita. Intian auringon säteilyenergiakartta osoittaa, että olosuhteet ovat erinomaiset. Huomauttaisin, että aurinkokartta voisi pinnanmuotokartan sijasta hyvinkin olla oletusarvoinen tapa esitellä maailman maita. Karttahan tavallaan sisältää myös pinnanmuototietoja: lännessä punaisimpana näkyy Rajasthanin aavikkoalue, jonne aurinko paistaa kirkkaimmin. Sinisimmät alueet ovat lumisella ja sateisella Himalajan vuoristoalueella.

Aurinkoenergiaa voisi hyödyntää sekä valtakunnan sähköverkkoon kytketyksi (on-grid solar) että verkosta irrallaan olevilla itsenäisillä energiajärjestelmillä (off-grid solar). Verkosta irrallaan olevat järjestelmät olisivat kannatettavia erityisesti syrjäisemmillä maaseudun alueilla, sillä maaseudulla elää ehdoton enemmistö kaikista intialaisista, joilla ei ole pääsyä pysyvien sähköverkkojen tai muiden energiainfrastruktuurien palveluihin. Maaseudulla ilma on puhtaampaa, jolloin aurinkoenergiaa voidaan tuottaa enemmän samalla kapasiteetilla. Valitettavasti tällä hetkellä vain noin yksi prosentti Intian energiantarpeesta katetaan aurinkoenergialla [5]; vaikkapa sähköstä suurin osa tuotetaan hiilivoimaloissa [6].



Luennon aiheita

Energian perustarpeet: millaisiin asioihin kaikki

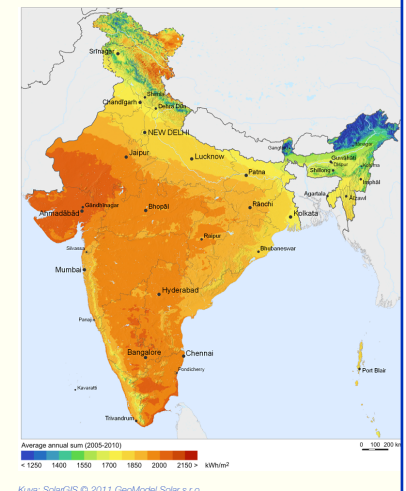
ihmiset tarvitsevat energiaa?

Erilaiset energiatodellisuudet eri maissa tai eri

alueilla

Esimerkkejä uusista tavoista tuottaa ja käyttää

energiaa



TIINA JA ANTTI
HERLININ SÄÄTIÖ

Kalvot 8-10:

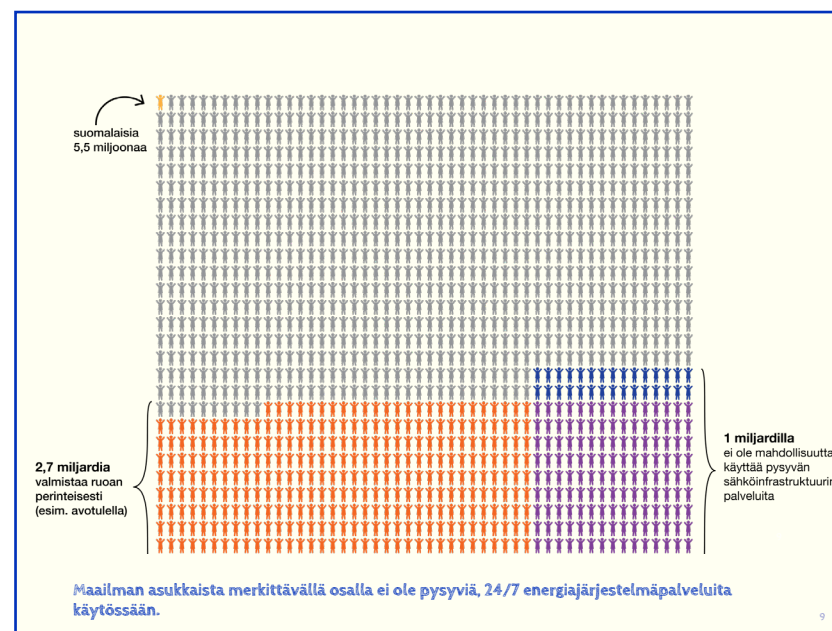
Globaalisti satoja miljoonia ihmisiä elää energiaköyhyydessä

Maailman ihmisistä noin yhdellä miljardilla ei ole pääsyä sähköverkkoon [7]. Maailmassa on siis satoja tuhansia kyliä, ennen kaikkea kehittyvässä Aasiassa ja Saharan eteläpuolisessa Afrikassa, joihin ei tule sähköä. Luku on ehkä todellisuudessa vielä suurempi, sillä jotkut maat lukevat sähköpalveluiden piiriin myös sellaiset ihmiset, jotka asuvat kylissä, joissa on vain muutama toimiva sähköyhteys. Sähköyhteys on rakennettu ehkä vain muutamaan kotiin, tai pelkästään kylän kouluun tai sairaalaan. Kaikista maailman energiaköyhistä ihmisistä suurin osa elää Intiassa. Erään arvion mukaan 270 miljoonalla Intialaisella on pulaa sähköstä [8], vaikka Intian hallitus onkin aktiivisesti laajentanut sähköverkkoa viime vuosina.

Usein sähkön saanti on myös epäluotettavaa. Kuvassa on eräs kylä Uttar Pradeshissa, Intiassa, jossa vierailin vuonna 2018. Sähköyhteys on rakennettu, mutta sähköä tulee kylään asti satunnaisesti. Keskimäärin Uttar Pradeshin valtiossa sähköä on saatavilla keskimäärin kaksitoista tuntia päivässä, mutta sähkökatkojen ajankohtia ei voi tietää etukäteen [9]. Tällaisissa olosuhteissa sähköä ei ole mahdollista käyttää samalla tavalla kuin me täällä Suomessa voimme. Esimerkiksi jääkaapissa ei voi huoletta säilyttää elintarvikkeita pitkiä aikoja.

Oppilaat kysyvät usein, miksi sähköverkkoja ei korjata. Tämä on erittäin hyvä kysymys! Tähän vastaan sillä tavalla, että myös Intia luetaan taloudellisella mittarilla kehitysmaaksi, jossa köyhyys koskettaa kaikkia yhteiskunnan osia. Köyhän valtion hallituksilla on usein vaikeuksia pitää huolta monista tehtävistään, joten myös sähköverkkojen korjaustyöt voivat viivästyä. Intiassa sähkön siirrosta huolehtivat valtio-omisteiset yhtiöt. Ongelmia aiheuttaa myös se, että siirtoverkko on monin paikoin vanha ja teknisesti huonossa kunnossa ja kaipaisi suurremonttia, johon ei ole aina varaa. Valitettavasti myös hallinnolliset ongelmat, korruptio ja sähkön varastaminen aiheuttavat sähkön riittämättömyyttä ja sähkökatkoja.

Moni oppilas saattaa muistella Internetissä tai ulkomaan matkalla näkemäänsä sähkötolppia, jotka on kääritty sähköjohtojen sekasotkuun. Kyllä, kysymys sähkön luvattomasta käytöstä eli sähkövarkaudesta, mikä aiheuttaa teknisiä vikoja. Viat estävät sähkön kulkemisen asiakkaille, jolloin yhtiö ei saa asiakkailtaan tarvitsemiaan tuloja vikojen korjaamiseen, ja korjaukset viivästyvät edelleen.



Kalvot 11-12:

Millaista on elämä kodissa, jossa ei ole sähköä, keskuslämmitystä tai vesihanaa?

Valitsin kalvolle rinnakkain valokuvat tyypillisestä suomalaisesta kodista ja pohjoisintialaisesta maaseudun perheen kodista. Intialaisen perheen keittiötä leimaa niukkuus. Taustalla näkyy joitain astioita ja ruoka laitetaan usein avotulella ja biomassaa polttamalla. Käyttövesi kannetaan kaivosta ja lämmintä vettä käytetään hyvin säästeliäästi. On tyypillistä, että ihmisillä on useita pieniä energialähteitä käytössään, kuten kannettavia pieniä akkuja, jotka ladataan silloin kun mennään käymään kaupungissa. Monilla on käytössään kannettavia aurinkosähkölamppuja.

Erialaisten energialähteiden välillä vaihdellaan riippuen siitä, millaista energiaa on milloinkin saatavilla [10]. Joskus köyhyys ja puute kannustaa tai pakottaa keksimään hyvinkin oivaltavia ratkaisuja [11]. Organisaatio nimeltään Honey Bee Network on listannut Intiasta satoja ruohonjuuritason energia- ja muita innovaatioita maa- ja kotitaloustarpeisiin, kuten itsetuunattuja viljanerottimia, aurinkokuivaimia ja jopa polkuvoimalla toimivan pesukoneen [12]. Näitä voisi olla ihan kiinnostavaa tutkia oppilaiden kanssa!

”Joskus köyhyys ja puute kannustaa tai pakottaa keksimään hyvinkin oivaltavia ratkaisuja.”

Suomalaisen kodin kuvassa sen sijaan näkyy useita sähköpistokkeita ja kirkkaita lamppeja. Sähköverkkoyhtiön suomalainen asiakas voi nauttia sähköpalveluista 24 tuntia päivässä, 365 päivänä vuodessa. Lisäksi kuvassa näkyy vesihana, josta voi valuttaa lämmintä vettä mielin määrin. Tällaiset kokoaikaiset (24/7) ja hyvin toimivat energiainfrastruktuurit eivät globaalista näkökulmasta ole itsestään selviä. Tällaisessa kodissa helppous ei ehkä automaattisesti rohkaise säästämiseen, vaan siihen pitää kiinnittää huomiota erikseen. Toisin kuin ehkä energiaköyhissä konteksteissa, joissa säästäväisyys on lähtökohtainen toimintamalli.

Onhan toki huomioitavaa, että kun ihminen on syntynyt johonkin ympäristöön, hänen mahdollisuutensa sen muuttamiseen vaatii aina erityisiä ponnisteluja. Esimerkiksi yksittäinen suomalainen kaukolämpöverkon piirissä asuva ihminen ei kovin vaivattomasti voi vaikuttaa siihen, miten ympäristöystävällisesti hänen lähellä toimivan voimalaitoksen energia tuotetaan. Ponnisteluihin on meillä tääl-



11



12

lä pohjoisessa on kuitenkin ehkä enemmän mahdollisuuksia. Yksinkertainen ja helppo yksittäisen suomalaisen ilmastoteko olisi karsia lämpimän veden kulu- tusta edes puoleen nykyisestä. Veden lämmittäminen on merkittävä energi- antuhlauskohde, ja onkin harmillista, että joskus vedestä puhutaan ilman, että mainitaan onko se kylmää vai lämmintä. On aivan eri asia läträtä lämmintä vettä kuin kylmää! Esimerkiksi nelihenkisen suomalaisen perheen lämpimät suihkut saattavat vuodessa kuluttaa yhteensä jopa 6000 kWh sähköenergiaa. Laskel- mia ja lämpimän veden säästöohjeita voi löytää esimerkiksi Motivan sivuilta [13].

Kalvot 13-18:

Miten tehdä läksyt iltapimeällä, jos ei kotona ole sähköjä?

Oppilaat ovat olleet hyvin yksimielisiä siitä, että kaikkien maailman lasten tulee tehdä läksyt. Taskulamppujen ja kynttilöiden lisäksi oppilaat ovat ehdottaneet, että läksyt tehtäisiin ennen iltapimeää, mikä onkin oivaltava vastaus. Monessa köyhässä ja sähköttömässä kotitaloudessa valveillaolo- ja nukkumisajat noudat- televatkin auringon kiertokulkua. Intialaisissa kylissä, joissa vierailin, nukkumaan mennään tavallisesti auringonlaskun jälkeen seitsemän-kahdeksan aikaan, ja aamulla herätään viiden aikoihin. Monessa kodissa, jossa ei ole sähköä, valaistuk- sen lähteenä käytetään kerosiinilamppuja, mutta ne savuttavat myrkyllisiä kaasuja huoneilmaan, millä on kehittyvissä maissa vakavia terveysvaikutuksia [14]. Kerosii- nilamppujen valaisevuus on myös huomattavasti huonompi kuin sähkölampujen.

”Oppilaat ovat yksimielisiä siitä, että kaikkien maailman lasten tulee tehdä läksyt.”

Näistä syistä esittelen erään aurinkosähköenergialla toimivan valaistusratkai- sun Intiasta, jonka on kehittänyt paikallinen yksityinen energiapalveluyritys Boond Research&Development [15]. Boondin hanke Light for Education pyrkii parantamaan lasten opiskelumahdollisuuksia kaikista köyhimmistä perheis-

Boond LTD:n tuote *“Light for Education”* käytössä Aira Bhadiyarin kylässä Uttar Pradeshissa Intiassa. Pienet akut (kuvassa) ladataan päivällä aurinkosähköllä, ja koululaiset hakevat yhden illaksi kotiin lukuvalon virranlähteeksi.



Kuva: DRD / Abbie Traylor-Smith



Kuva: Mikko Virta, 2015

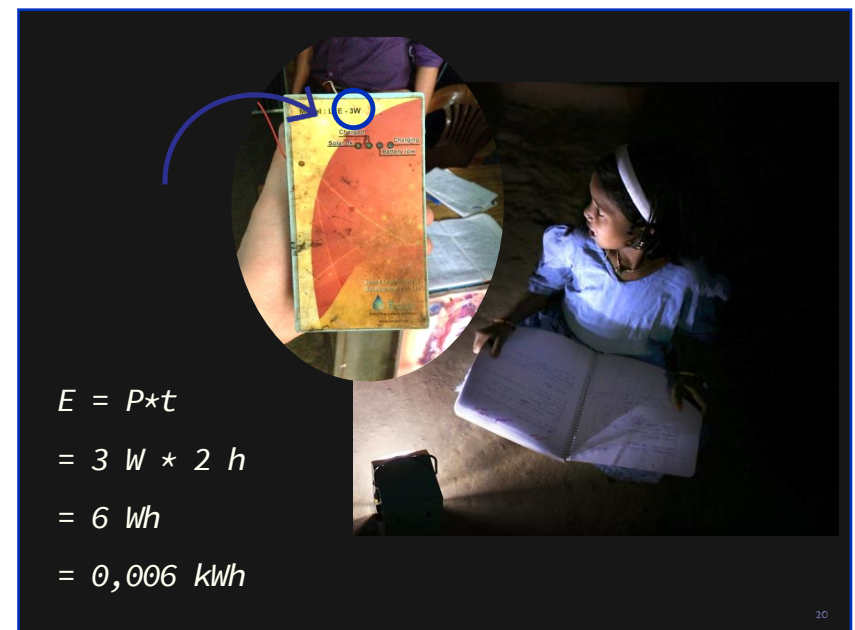
sä. Jokaiselle luokan lapselle on jaettu pieni lukulamppu ja sen energialähteeksi pieni akku, jonka lapset tuovat joka aamu mukanaan kouluun latautumaan. Latauspisteeseen sähköä tuotetaan koulun katoilla olevilla aurinkopaneeleilla. Ratkaisun kekseliäisyys on siinä, että aurinkoenergiaa hyödynnetään juuri silloin, kun aurinkopaneelit tuottavat tehokkaimmin, eli keskipäivällä. Tällöin tarvittavan aurinkopaneelikapasiteetin ei tarvitse olla niin suuri, joten järjestelmään sijoitetulla rahalla voidaan ladata useamman oppilaan lukulampun akku. Toinen tämän hankkeen hyvä puoli on siinä, että valaisimet on osoitettu lasten haltuun. Tällöin varmistetaan, että lamppeja todella käytetään läksyjen tekemiseen, eikä joihinkin muihin valaistustarpeisiin, joita kaikissa perheissä on.

Aurinkosähkölampputeknologioita on satoja erilaisia, ja vaihtoehtoihin voi tutustua esimerkiksi Maailmanpankin sivulla, jolla on lista Lighting Global -standardin mukaisia tuotteita [16]. Aurinkolamppumarkkinat käyvät nykyään kuumina, millä on myös kääntöpuolensa. Markkinoilla on saatavilla monia vähemmän kestäviä ja standardisoimattomia tuotteita, joilla on lyhyt käyttöikä. Aurinkolamput ovat elektroniikkaa, joka tulisi kierrättää asianmukaisesti, mutta monesta kehityksmaasta puuttuu vielä kunnolliset kierrätysjärjestelmät ja -lainsäädäntö. Joka tapauksessa, aurinkoenergia on kuitenkin huomattavasti ympäristön ja terveyden kannalta parempi vaihtoehto kuin kerosiinilamppujen polttaminen [17]. Erilaisia ympäristöystävällisiä ja uusiutuvaa energiaa monipuolisesti ja nokkelasti hyödyntäviä valaistusratkaisuja soisi keksittävän vielä enemmänkin erityisesti sellaisissa maissa, joissa aurinkoenergiaa voi hyödyntää tasaisesti ympäri vuoden.

Kalvot 19-24:

Kuinka paljon energiaa tarvitaan pitämään pieni lukulamppu päällä?

Tässä kohdassa on sopiva hetki tehdä yksi energiankulutuksen laskuharjoitus. Testataan, millainen energiamäärä riittää läksyjen lukemiseen lampun valossa. Kaksi tuntia illassa on ollut oppilaiden mielestä totuudenmukainen määrä läksyjen lukuaikaa. Edellä olevassa esimerkissä olevassa intialaisessa kannettavassa akussa on merkintä "3 W", joka tarkoittaa, että se voi syöttää tehoa vain 3 wattia kerrallaan. Kolme wattia on erittäin pieni määrä sähkötehoa, mutta riittävä määrä yhden pienen ja hyvin energiatehokkaan (tasajännitteellä toimivan) kolmen watin LED-lampun pitämiseksi päällä. Kahdessa tunnissa kuluu sähköenergiaa vain 0,006 kWh.



”Sähkönkäytöt voi laittaa myös tärkeysjärjestykseen.”

Kilowattitunti on monelle oppilaalle tuttu yksikkö sähköyhtiön lähettämästä sähkölaskusta, ja se onkin keskeisin sähköenergian yksikkö. Joissain fysiikan oppikirjoissa erilaiset energian yksiköt ja muodot näyttäytyvät tasa-arvoisen tärkeinä keskenään, mistä olen hieman eri mieltä (voitaisiinko kalorit viimein unohtaa?) Arvelen, että jos yksiköiden sijaan vertailtaisiin itse asiaa, eli energioiden suuruusluokkia, oppilaat saisivat nopeasti käsityksen siitä, mitä energia oikeastaan on.

Vertailevia laskuharjoituksia voisi tehdä vaikkapa pienten (lamput), keski suurten (esim. tietokoneet) tai valtavien (esim. nurmikonleikkaussähköauto) sähköntarpeiden välillä. Sähkönkäytöt voisi laittaa myös tärkeysjärjestykseen, kuten tarpeellisista (lukulamppu) ja vähemmän tarpeellisista (televisio valmiustila, ehkä kahvinkeitin) ylellisyystuotteisiin (videopelit, ehkä lattialämmitys). Lukioissa voitaisiin harjoitella myös kulutuksen ja tuotannon ajallista kohdistamista, kulutuksen ja tuotannon joustoja ja sähkön varastointia.

Näiden lyhyiden esitysteni aikana en ole ehtinyt kunnolla avata kohtuullistamis- ja arvokeskustelua, mutta tunnistan, että monet oppilaat haluaisivat jäädä niitä kysymyksiä pohtimaan. Hyvä esimerkki energiantuhlauksesta löytyy sähkölaitteiden valmiustiloista. Jotkut televisiot saattavat kuluttaa jopa 20 W sähkötehoa valmiustilassa, mikä tarkoittaa sähköenergiaa melkein 0,5 kWh päivässä! Arvokasta energiaa hukkalämpönä elektroniikan komponenteissa! Ylempien luokkien oppilaiden kanssa olemme laskeneet, miten paljon energiaa vaikkapa koulun kaikki viisikymmentä valmiustilassa olevaa televisiota tuhlaa sähköenergiaa vuodessa. IEA suosittelee, että laitteet eivät valmiustilassa kuluttaisi yhtä (1) wattia enempää [18]. Yksi watti kuluukin pelkästään matkapuhelimen verkkoyhteyden päällä pitämiseen.

Eri sähkölaitteiden kulutuksia:

- Valaisimet
 - Led 3 W, 6 W, 9 W, 13 W
 - Hehkulamppu 40 W, 60 W
 - Halogeenilamppu 10-50 W
 - Energiansäästölamppu 11 W, 18 W
 - Loisteputki 36 W
- Kännykän laturissa lukee:
 - "Output 5 V 1.3 A" = _____ W
- Wi-fi vastaanotin 5 W
- **Televisio: 150 - 200 W**
- Television valmiustila 20 W (!!)
- Videotykki 200 - 300 W
- Sähkölämmitin 1000 W
- Sähkökuivaus 4.5 kW -8 kW
- Pölynimuri 440 - 1500 W

Jos televisio on 365 päivää vuodessa valmiustilassa, energiaa kuluu $20 \text{ W} \cdot 24 \text{ h} \cdot 365 \text{ päivää} = 175,2 \text{ kWh}$ vuodessa. Jos sähkö maksaa 0,16 euroa/kWh, valmiustila maksaa vuodessa 28 euroa (tähän lisäksi toki television katselemisen hinta päälle).

Perinteisen kiukaan sähkönkulutus saunomiskertaa kohti on 6-10 kWh eli n. 0,72 - 1,2 €. Jos kylvet 2 kertaa viikossa, vuodessa sähköä kuluu $2 \times 8 \text{ kWh} \times 52 \text{ (viikkoa)} = 832 \text{ kWh}$. Rahassa se merkitsee 100 euron (lisäystä sähkölaskuun, kun sähkö maksaa 0,12 euroa/kilowattitunti."

Lähde: Vattenfall. Sähkölaitteiden keskimääräinen sähkönkulutus. Noudettu 17. syyskuuta 2018, osoitteesta <https://www.vattenfall.fi/energianeuvonta/sahkonkulutus/sahkolaitteiden-energiankulutus/>

Kalvot 25-28:

Energiaa tarvitaan myös ruuan kylmäsäilyttämiseen

Lämpöenergiapalveluista olen valinnut pohdittavaksi ruuan kylmäsäilyttämisen siksi, koska siitä löytyy loistava esimerkki koti-Suomesta ajoilta, jolloin olimme vielä hiilineutraaleja. Kuvassa on mies jäänottopuuhissa helmikuussa 40-luvulla [19]. Valtavat järven jäätä sahatut lohkat vietiin hevosilla maatalon pihaan maakellariin tai varjoisaan paikkaan kaivettuun maakuoppaan sahanpurujen alle. Siellä kuutiot toimivat kylmävarastojen kylmäenergialähteinä koko saman vuoden kevään ja kesän yli jopa lokakuulle asti [20]! Tämän jälkeen tulikin syksy ja talvi, jolloin ruokia voitiin taas säilyttää ulkona. Sähköjääkaappia ilman pärjättiin ihan hyvin, koska vuodenaikojen lämpötilavaihteluita (eli energiaa) hyödynnettiin älykkäästi.

Toinen loistava esimerkki kylmäsäilytyksestä ilman sähköä löytyy Intiasta. Eräs savenvalaja kyllästyi jatkuviin sähkökatkoihin, ja kehitti kylmäsäilytyskaapin, jonka toiminta perustuu veden haihtumiseen. Jääkaapin yläosassa olevassa säiliössä on vettä, jota tippuu hiljalleen reunoja pitkin ja haihtuu matkalla, jonka mukana lämpöä poistuu rakenteen sisätilasta. Jääkaapin hinta on noin 80 euroa (5500 Intian rupiaa) [21]. Laite soveltuu erityisesti vihannesten pitämiseen kylmässä.

”Kesämökeillä laitetaan virvokepullot sankoon ja kylmään järviveteen viilentymään.”

Oppilaat ovat keksineet, että ruokaahan voi säilyttää myös kuivaamalla, ilmatiiwiillä säilyttämällä säilykepurkeissa tai hapattamisella. Ruuan voi syödä myös tuoreena. Aivan oikein! Joidenkuiden kesämökeillä laitetaan virvokepullot sankoon ja kylmään järviveteen viilentymään. Loistavaa! Muutama oppilas on tässä yhteydessä kertonut kokemuksia kesämökin aurinkosähköjärjestelmästä. Ilmeisen usein aurinkosähköä rakennetaan kesämökille, jotta jääkaappia voidaan pitää päällä. Tässä kohtaa voin kaikille aurinkosähköjärjestelmien hankkimisesta ja asentamisesta kiinnostuneille linkata erinomaiseen suomenkieliseen oppaaseen, jonka on kirjoittanut aurinkoenergiaekspertti Janne Käpylehto [22].

Ennen vanhaan säilöttiin ruokia maakuopassa tai maakellareissa, jotka kylmennettiin suurilla jäälohkareilla.



Kuva: Aamulehti 17.2.1941

27

Ilman sähkövirtaa toimiva ”Mitticool” - jääkaappi

Tämän keraamisesta materiaalista (savesta) tehdyn jääkaapin toiminta perustuu veden haihtumiseen, jonka mukana lämpöä poistuu rakenteen sisätilasta. Jääkaapin yläosassa olevassa säiliössä on vettä tippuu hiljalleen reunoja pitkin ja haihtuu matkalla viilentäen vihanneksiä. Intiassa saattaa olla jopa 45 astetta lämmintä ulkona, mikä kuivattaa kasvikset melko nopeasti.



Kuva: mitticool.in

28

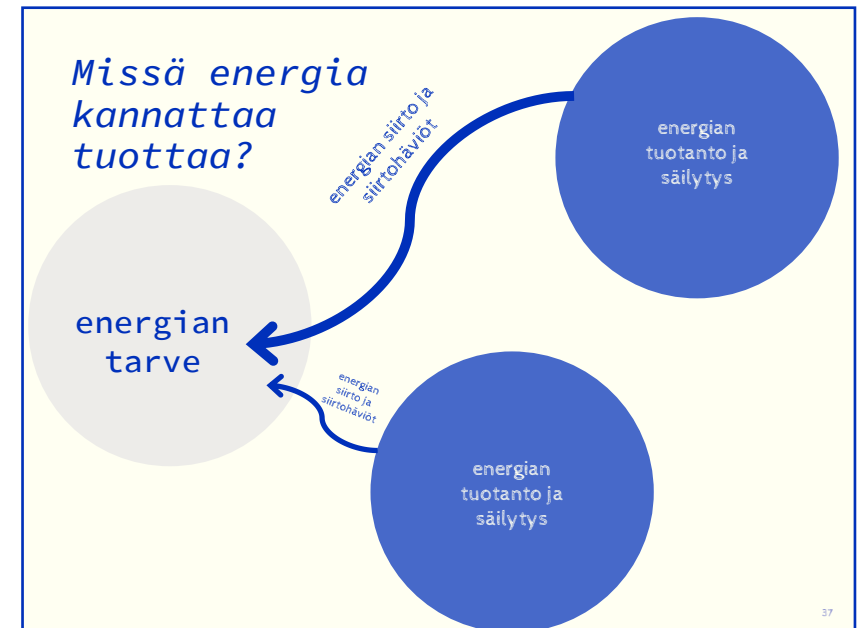
mien toimintaperiaatteena on kerätä auringonsäteet heijastavien pintojen avulla yhteen pisteeseen, jossa säteiden teho voi nousta kymmeniin ja suurimmat jopa satoihin watteihin. Myös suurkeittiökokoisia aurinkokeittimiä on olemassa. Keittimiä voi käyttää mainiosti myös Suomessa, ja kirkkaina talvipäivinä lumi vielä vahvistaa säteiden heijastumisilmiötä. Aalto-yliopiston opiskelijat saivat aurinkoisena pakkaspäivänä päivänä vesilitran kiehumaan puolessa tunnissa.

Keitinmalleja olisi useita erilaisia. Laatikkomallinen sopii hyvin pataruokien valmistamiseen, sillä kuumuus säilyy laatikon sisällä useita tunteja kuumentamisen jälkeen aivan kuin aromipesässä. Suurilla aurinkouuneilla voi paistaa leipää pelkillä auringonsäteillä, kuten Tampereellakin toimiva GoSol.solarin uunissa [28]. Ovatko aurinkokeittimet ja -uunit liian hyviä ollakseen totta? Kuka mainostaisi energiateknologiaa, josta ei kukaan voi taloudellisesti hyötyä enää myyntitapahtuman jälkeen? Energiasektorille tarvittaisiin uudenlaista liiketoiminta-ajattelua, jossa energian tuotanto yhdistyisi kokonaisvaltaisemmin sen käyttöön.

Kalvot 36-29:

Aina on tarkasteltava paikallisesti, miten ja missä energia on järkevää tuottaa

Tällä vain yhden tunnin mittaisella luennolla ei ehditty tutustua kuin muutamaankin verkosta irrallaan olevaan (off-grid) energiateknologiaan, joiden avulla niukoissa olosuhteissa elävät ihmiset ovat ratkaisseet perusenergiantarpeitaan. Suosittelemme lämpimästi tutustumaan muihinkin teknologioihin esimerkiksi Solar Innovation Councilin sivuilla [29]. Energiaköyhyys tai -niukkuus on harvoin valintakysymys, mutta näiltä ihmisiltä voimme oppia paljon etenkin säästäväisyydessä. Monilla pienillä lähiennergiajärjestelmillä voidaan loistavasti myös Suomessa parantaa energiatehokkuutta ja tuotannon ympäristöystävällisyyttä. Esimerkiksi aurinkokeräimiä kannattaa asentaa kotien katoille käyttöveden lämmittämiseksi [30]. Hajautettu uusiutuvan energian tuotanto on lähtökohtaisesti saasteettomampaa ja usein myös energiatehokasta, sillä se on lähellä tuotettua.



Lopuksi olen muistuttanut, että jokainen energian tuotanto- ja kulutustilanne on aina oma optimointiharjoituksensa. Aina täytyy paikallisesti tarkastella, millaisia resursseja alueella on helposti, energiatehokkaasti ja ympäristöystävällisesti saatavilla ja millä tavoin niitä kannattaa hyödyntää. Esimerkiksi Suomen tuulienergiapotentiaali on mahtava. Asiantuntijoiden mukaan Suomessa voisi tuottaa tuulisähköä jopa 300 TWh, joka on moninkertaisesti maamme vuotuinen 86 TWh:n sähkönkulutus [31]. Tuulista on etenkin talvisin, jolloin sähköä ja lämpöä tarvitaan eniten. Vuoden-aikojen mukaan vaihtuvaa tuulivoimapotentiaalia eri puolilla Suomea voi tarkastella tuuliatlaksista [32]. Olen suositellut olemaan uskomatta, jos joku asettaa kaksi energialähdettä kylmästi vastakkain esimerkiksi kysymällä, onko tuulivoima parempi kuin aurinkovoima. Vaan rohkeaisen katsomaan, missä ollaan, mitä on saatavilla, mitkä vaihtoehdot ovat hyviä ja sitten tekemään tarpeellisia laskuharjoituksia.

Suosituksia energia-aiheisista oppimateriaaleista

Suosittelen lämpimästi Pinja Siparin Open Ilmasto-Opasta [33], jossa kerrotaan, miten ilmastonmuutos-teemaa voitaisiin käsitellä kaikkien oppiaineiden tunneilla. Tuomas Vanhasen kirja Valot päälle on tuhti tietokirja energian suuruusluokista ja erilaisten säästötoimien merkityksestä [34]. WWF tarjoaa kalvosarjan perusasioista energiakysymyksiin Suomessa [36]. Smart Energy Transitions -hankkeen Joustatko? -lautapelissä voi tutustua kulutusjouston toimintaperiaatteen [37]. Fingo ja sen jäsenjärjestöt tarjoavat Globaalikasvatus.fi -sivustollaan monipuolista oppimateriaalia maailmankansalaisuusnäkökulmasta [35]. Sitra on listannut eri tahojen tuottamaa kiertotalous-aiheista oppimateriaalia [38]. Yksittäisen suomalaisen elämäntapavalinnoista johtuvia hiilidioksidipäästömääriä voi tarkastella Suomen Ympäristökeskuksen Ilmastodieetti.fi -laskurin [39] avulla.



- [1] "Scientists in Schools -hanke. "Pyydä tutkijavierailija oppitunneille", Aalto-yliopisto. [Verkossa]. Saatavissa: <https://junior.aalto.fi/opettajille/tutkijavierailija-oppitunneille/>. [Viitattu: 28-helmi-2019].
- [2] M. Lettenmeier, A. Akenji, V. Toivio, R. Koide, ja A. Amellina, 1,5 asteen elämäntavat. Helsinki: Sitra.
- [3] World Bank, "Energy use (kg of oil equivalent per capita) | Data | Table", 2015. [Verkossa]. Saatavissa: <http://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.PCAP.KG.OE/countries/1W?display=default>. [Viitattu: 15-touko-2019].
- [4] "Nuorisobarometri 2018", Valtion nuorisoneuvosto. [Verkossa]. Saatavissa: <https://tietoanuorista.fi/nuorisobarometri/nuorisobarometri-2018/>. [Viitattu: 16-touko-2019].
- [5] "IEA Statistics data browser. Total Final Consumption (TFC) by source in India 1990-2016", International energy agency (IEA), 2019. [Verkossa]. Saatavissa: <https://www.iea.org/statistics/?country=INDIA&year=2016&category=Energy%20consumption&indicator=TFCbySource&mode=chart&dataTable=BALANCES>. [Viitattu: 18-touko-2019].
- [6] IEA, "IEA Statistics data browser. Electricity generation by fuel in India 1990-2016.", 2019. [Verkossa]. Saatavissa: <https://www.iea.org/statistics/?country=INDIA&year=2016&category=Electricity&indicator=ElecGenByFuel&mode=chart&categoryBrowse=true&dataTable=ELECTRICITYANDHEAT>. [Viitattu: 22-tammi-2019].
- [7] IEA, "Energy Access Outlook 2017. From Poverty to Prosperity", International Energy Agency, Paris, France, 2017.
- [8] "State of electricity access report", The World Bank, Washington DC, US, Overview, 2017.
- [9] A. Jain, S. Tripathi, S. Mani, S. Patnaik, T. Shahidi, ja K. Ganesan, "Access to Clean Cooking Energy and Electricity. Survey of States 2018", Council on Energy, Environment and Water (CEEW), New Delhi, India, CEEW Report, marras 2018.
- [10] L. Simmonds, "Power to the people – Designing a better prepaid electricity service for rural Indian villages", MA Thesis, Aalto University School of Arts, Design and Architecture, 2018.
- [11] S. Numminen ja P. D. Lund, "Frugal energy innovations for developing countries – a framework", Global Challenges, vsk. 1, nro 1, ss. 9–19, syys 2016.
- [12] HoneyBee, "Website of the Honey Bee Network (accessed 8.7.2015)", 2015. [Verkossa]. Saatavissa: http://www.sristi.org/hbnew/honeybee_innovation.php?selectLanguage=en&q=energy&btnsearch=Search. [Viitattu: 08-heinä-2015].
- [13] Motiva, "Lämmin vesi", Motiva, 11-syys-2018. [Verkossa]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/remontoi_ja_huolla/energiatehokas_sahkolammitys/lammin_vesi. [Viitattu: 15-touko-2019].
- [14] E. Mills, "Identifying and reducing the health and safety impacts of fuel-based lighting", Energy for Sustainable Development, vsk. 30, ss. 39–50, helmi 2016.
- [15] V. Kumar, "Lighting Up Lives. Boond Engineering is using solar solutions to bring electricity to villages in central India", Outlook Business, 05-syys-2014. [Verkossa]. Saatavissa: http://www.outlookbusiness.com/specials/good-businesses_2014/lighting-up-lives-1518. [Viitattu: 09-helmi-2016].
- [16] "Products | Lighting Global", 2018. [Verkossa]. Saatavissa: <https://www.lightingglobal.org/products/>. [Viitattu: 08-tammi-2018].
- [17] "Energy and Carbon Benefits of Pico-powered Lighting", Lighting Africa and The World Bank Group, Eco Design Notes 4, 2014.
- [18] IEA, "More Data Less Energy", International Energy Agency, Paris, 2014.
- [19] J. Keskinen, "Elintarvikkeiden säilytys ennen jääkaappia", Koskesta voimaa. [Verkossa]. Saatavissa: <http://www15.uta.fi/koskivoimaa/arki/1918-40/jaanotto.htm>. [Viitattu: 16-touko-2019].
- [20] Helsingin Kaupunginkirjasto, "Ennen vanhaan maataloissa säilöttiin jäätä maakuopassa sahanpuruihin...", Kysy.fi, 04-joulu-2006. [Verkossa]. Saatavissa: <http://www.kysy.fi/kysymys/ennen-vanhaan-maatalois->

- sa-sailottiin-jaata-maakuopassa-sahanpuruihin. [Viitattu: 16-touko-2019].
- [21] "Mitti Cool Refrigerator | National Innovation Foundation-India". [Verkossa]. Saatavissa: <http://nif.org.in/innovation/mitti-cool-refrigerator/751>. [Viitattu: 26-maalis-2019].
- [22] J. Käpylehto, Mökille sähköt auringosta ja tuulesta – Rakenna itse. Into Kustannus, 2014.
- [23] M. Hamilo, "Biomassan huonon palamisen takia kuolee joka vuosi kaksi miljoonaa ihmistä", Suomen Kuvalehti, 01-huhti-2012.
- [24] "Clean Cooking Alliance", Clean Cooking Alliance. [Verkossa]. Saatavissa: <http://cleancookingalliance.org/home/>. [Viitattu: 15-maalis-2019].
- [25] DENA, "Energy Solutions for Off-grid Applications. Providing electric power and heat for regions without grid power or connected to a weak grid interconnection", German Energy Agency Dena, 2017. [Verkossa]. Saatavissa: https://www.german-energy-solutions.de/GES/Redaktion/EN/Publications/GermanEnergySolutions/energy-solutions-for-offgrid-applications.pdf?__blob=publicationFile&v=2.
- [26] P. P. Otte, "Solar cookers in developing countries—What is their key to success?", Energy Policy, vsk. 63, ss. 375–381, joulou 2013.
- [27] "Solar Cooker Information TFL 2009", Tekniikka elämää palvelemaan (TEP), 2009. [Verkossa]. Saatavissa: <http://tep.kaapeli.fi/wp-content/themes/tep/2009/05/Solar%20Cooker%20Information%2009.pdf>. [Viitattu: 26-loka-2015].
- [28] "Home | GoSol.solar", GoSol.solar — Building the Direct Solar Economy. [Verkossa]. Saatavissa: <https://gosol.solar/>. [Viitattu: 16-touko-2019].
- [29] "Innovations list", INSIC - The International Solar Innovation Council. [Verkossa]. Saatavissa: http://solarinnovations.org/Innovations_List.aspx. [Viitattu: 17-touko-2019].
- [30] K. Auvinen, "Aurinkolämpöjärjestelmien hintatasot ja kannattavuus", Finsolar, 26-syys-2016. [Verkossa]. Saatavissa: <http://www.finsolar.net/aurinkoenergian-hankintaohjeita/aurinkolampojarjestelmien-hintatasot-ja-kannattavuus-suomessa/>. [Viitattu: 18-touko-2019].
- [31] E. Rinne ja H. Holttinen, "Puheenvuoro: Korkeus 136 metriä, teho 3,45 MW, napakorkeus 150 metriä - uusi teknologia kasvattaa tuulivoiman tuotantopotentiaalia", Tekniikka&Talous, 25-kesä-2017. [Verkossa]. Saatavissa: <https://www.tekniikkatalous.fi/innovaatiot/korkeus-136-metria-teho-3-45-mw-napakorkeus-150-metria-uusi-teknologia-kasvat-taa-tuulivoiman-tuotantopotentiaalia-6659669>. [Viitattu: 20-touko-2019].
- [32] "Suomen Tuuliatlas - Tuulisuus suomessa". [Verkossa]. Saatavissa: <http://www.tuuliatlas.fi/tuulisuus/index.html>. [Viitattu: 16-touko-2019].
- [33] P. Sipari, "Open ilmasto-opas", Open ilmasto-opas, 2016. [Verkossa]. Saatavissa: <https://openilmasto-opas.fi/>. [Viitattu: 16-touko-2019].
- [34] T. Vanhanen, Valot päälle! Puolueeton kirja energias-ta, 1. painos-2. painos 2016. Tampere: bear & penguin ink, 2016.
- [35] "Globaalit kansalaistaidot kaikille | Globaalikasva-tus", Fingo - suomalaiset kehitysjärjestöt. [Verkossa]. Saatavissa: <https://www.globaalikasvatus.fi/>. [Viitattu: 16-touko-2019].
- [36] "WWF Suomi | Energia haltuun -esitys". [Verkossa]. Saatavissa: <https://wwf.fi/mediabank/7831.pdf>. [Viitattu: 26-maalis-2019].
- [37] "Joustatko? -peli", Smart Energy Transition, 17-tammi-2019. [Verkossa]. Saatavissa: <http://smartenergytransi-tion.fi/fi/julkaisut/joustatko/>. [Viitattu: 16-touko-2019].
- [38] N. Lindroos, "Kiertotalouden oppimateriaaleja peruskou-luun, lukioon ja ammattikouluun", Sitra. [Verkossa]. Saatavissa: <https://www.sitra.fi/artikkelit/kiertotalouden-oppimateriaalit-pe-ruskouluun-lukioon-ja-ammattikouluun/>. [Viitattu: 16-touko-2019].
- [39] "Ilmastodieetti | Laske ilmastovaituksesi!", Suomen Ympä-ristökeskus (SYKE), maaliskuu-2019. [Verkossa]. Saatavissa: <https://ilmastodieetti.ymparisto.fi/ilmastodieetti/>. [Viitattu: 16-touko-2019].