

Energiatekoisuus-luentosarja:

# Energian perustarpeita Suomessa ja Intiassa

**Taustamateriaali**  
opettajalle

**Esityskalvot**  
peruskouluille  
ja lukioille





Olen väitöskirjani kirjoittamisen aikana vierailut yhteensä noin kymmenen kertaa suomalaisissa peruskouluissa ja lukioissa kertomassa tutkimuksestani kehittyvien maiden energiakysymysten parissa. Luennon kantavana ideana on ollut pohtia, miten köyhissä ja sähkötömissä olosuhteissa voidaan laittaa ruokaa, tehdä läksyt, tai kylmäsäilyttää elintarvikkeita. Näitä energian peruspalveluita kaikki maailman ihmiset tarvitsevat. Olemme oppilaiden kanssa käyneet raikkaita keskusteluita energian määristä, energian suhteellisuudesta, energian tärkeydestä, erilaisista energiakeksinnöistä ja energian säastöstä. 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 tarkoituksesta 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 tästä 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
<b>Luentokalvojen aiheet ja sisällöt</b>	5
Kalvot 1–7: Intian on rikas mutta köyhä maa, jossa aurinko paistaa ympäri vuoden	6
Kalvot 8–10: Globaalista 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

Johdanto:

## **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 valaistettuna ympäri vuorokauden. Kodeissa ja uimahalleissa voi lorotella kuumaa vettä mielin määrin. Olemme syntyneet energiayläkäyliseen 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 päättöistä johtuvaan tuhlailuun yksittäinen kansalainen ei aina voi vaikuttaa.

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

Mutta mistä syystä tämän suuntasista rakenteellisista uudistuksista puhuminenkin on niin hankala? Olen melko varma, että kysymys on siitä, että katsomme kulutusta tavallaan väärällä tavalla. Tuijotetaan kansallisia kokonaismääriä, jotka herättävät ihmisisissä toivottomuiden tunteita. Keskimääräinen suomalainen toisaan tuottaa hiilihioksia viisi kertaa enemmän kuin intialainen [2], ja kuluttaa kymmenen kertaa öljyekvivalentikiloa 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 ekstra, 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 tunnusti myös lisää kiinnostusta itse tieteenalaan. Omilta koulua joiltani muisiin fysiikan laskuharjoituksissa mentäneen laskukaava edellä: laskettiin vaikkapa kitkaenergia tai potentiaalienergia. Ulkoa piti opetella kaavoja ja yksikötä, jotka esiteltiin yhtä tärkeinä keskenään ja jollain tavalla neutraaleina. Näinhän ei ole. Vaikkapa kilowattitunti on raskauttava todiste sähköenergiaa, joka on tuottettu jossain jollain tavalla, ja joka synnyttää 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.

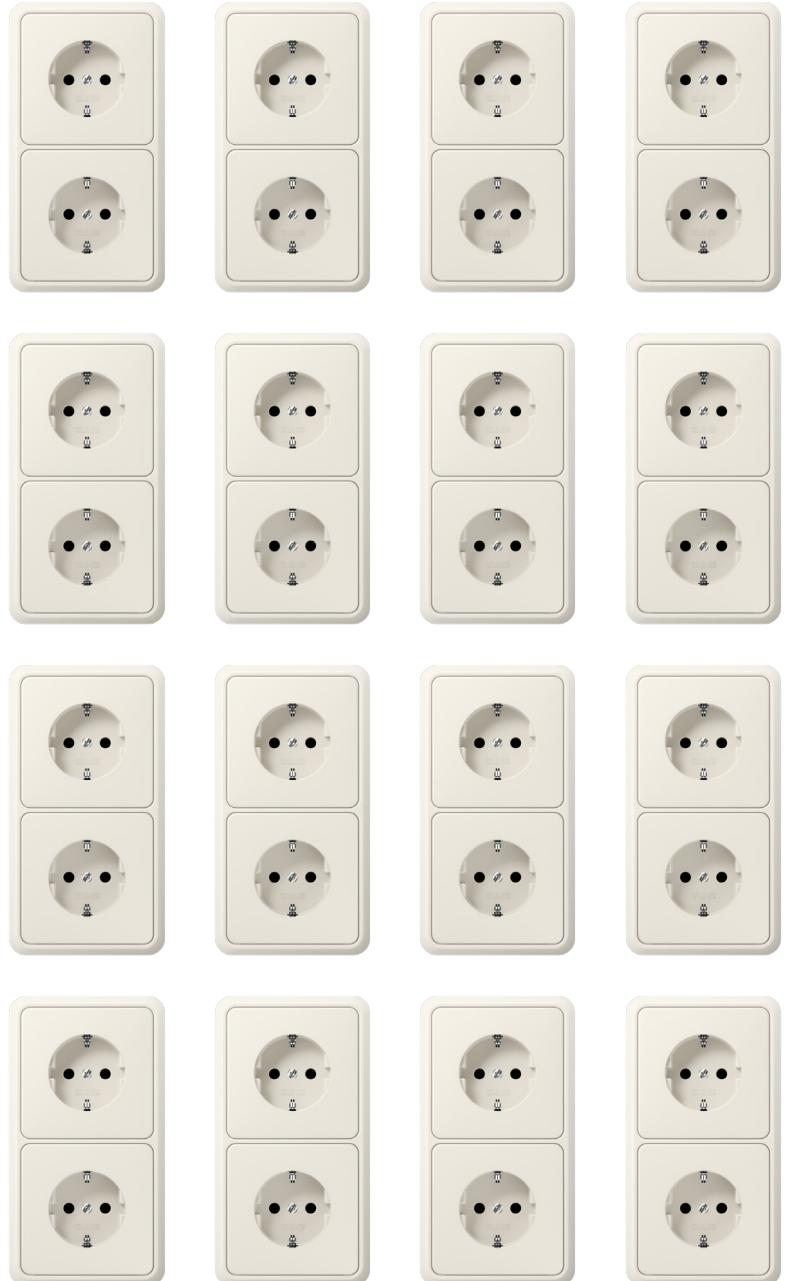
Omien havaintojeni lapset ja nuoret kovasti kaipaavat rakentavaa keskustelua ja hyvin perusteltua ja oikeellista tietoa erilaisista vaihtoehtoista, mitä ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi nyt olisi järkevä tehdä. Nuoret ovat huolissaan ilmastosta ja ympäristöstä [4]. Kaikki opettajat tietävät, että vastaukset 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 lämmittämistä, 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). Jatkotasoisenä 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 tärkeimpää energiapalveluita voi saada, jos kotona ei ole pysyviä energianinfrastruktuureja kuten sähköverkkoja. Teksti painottuu ilmiöiden taustoihin, jota kaikkea yhden oppitunnin aikana ei luonnollisesti ehdi käsitellä. Kerron myös joistain oppilaiden tekemistä huomioista.



## Kalvot 1-7:

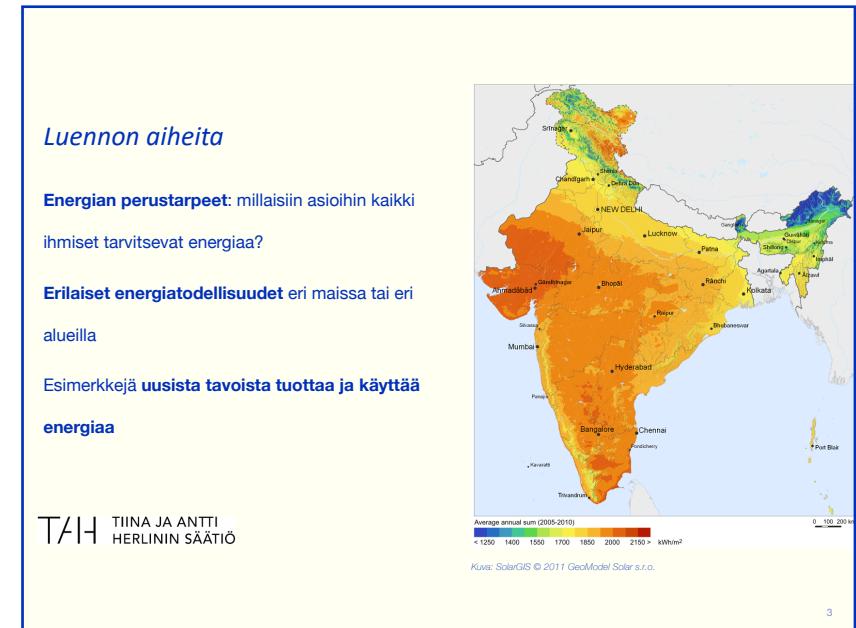
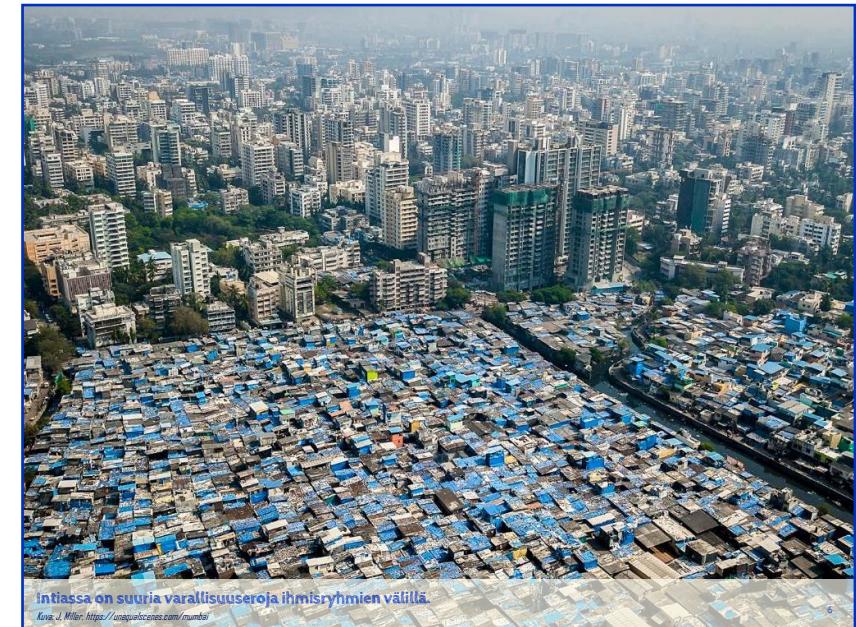
### *Intia on rikas mutta köyhä maa, jossa aurinko paistaa ympäri vuoden*

Olen pitänyt johdannon Intiaan ja intialaiseen kulttuuriin hyvin lyhyenä. Kysymyksessä hän 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 toisiksi 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, kielitä 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. Pääkaupungeissa 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 säteilyenergia-kartta osoittaa, että olosuhteet ovat erinomaiset. Huomauttaisin, että aurinkokartta voisi pinnanmuotokartan sijasta hyvinkin olla oletusarvoinen tapa esitellä maailman maita. Karttahan tavallaan sisältää myös pinnanmuototietoja: länessä punaisimpana näkyy Rajasthanin aavikkoalue, jonka aurinko paistaa kirkkaimmin. Sinisimmät alueet ovat lumisella ja sateisella Himalajan vuoristoalueella.

Aurinkoenergiaa voisi hyödyntää sekä valtakunnan sähköverkkoon kytketyt (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 pysyviin sähköverkkoihin tai muiden energianinfrastruktuurien 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 sähköstää suurin osa tuotetaan hiilivoimaloissa [6].



## Kalvot 8-10:

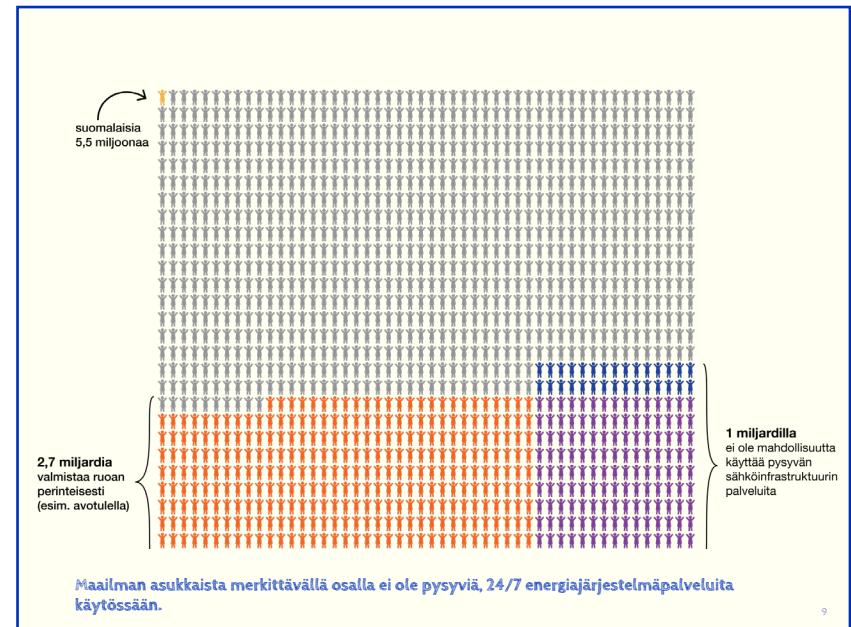
### Globaalisti satoja miljoonia ihmisiä elää energiaköyhyydessä

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 kyliissä, 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 jäätäapissa ei voi huolletta 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 köyhyyks koskettaa kaikkia yhteiskunnan osia. Köyhän valtion hallituksilla on usein vaikeuksia pitää huolta monista tehtävistään, joten myös sähköverkkojen korjaustyöt voivat viivästyvät. Intiassa sähkön siirrostaa 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 näkemiään sähkötölppia, jotka on käärityt sähköjohtojen sekasotkuun. Kyllä, kysymys sähkön luvattomasta sähkön käytöstä eli sähkövarkaudesta, mikä aiheuttaa teknisiä vikoja. Viat estävät sähkön kuljemisen 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. Käyttöesi kannetaan kaivosta ja lämmintä vettä käytetään hyvin säästeliästi. On tyypillistä, että ihmisiillä on useita pieniä energialähteitä käytössään, kuten kannettavia pieniä akkuja, jotka ladataan silloin kun mennään käymään kaupungissa. Monilla on käytössään kannettavia aurinkosähkölamppuja.

Erikoisten 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 Intiaasta satoja ruohonjuuritason energia- ja muita innovaatioita maa- ja kotitaloustarpeisiin, kuten itsetuunattuja viljanerottimia, aurinkokuivaimia ja jopa polkuvoimalla toimivan pesukoneen [12]. Näitä voisi olla ihan kiinnostava tutkia oppilaiden kanssa!

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

Suomalaisen kodin kuvassa sen sijaan näkyy useita sähköpistokkeita ja kirkkaita lamppuja. Sähköverkkoyhtiön suomalainen asiakas voi nauttia sähköpalvelusta 24 tuntia päivässä, 365 päivänä vuodessa. Lisäksi kuvassa näkyy vesihana, josta voi valuttaa lämmintä vettä mielin määrin. Tällaiset kokoaikeiset (24/7) ja hyvin toimivat energianinfrastruktuurit eivät globaalista näkökulmasta ole itsessään 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 ponnisteluita. 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-



lä pohjoisessa on kuitenkin ehkä enemmän mahdollisuuksia. Yksinkertainen ja helppo yksittäisen suomalaisen ilmastoteko olisi karsia lämpimän veden kulutusta edes puoleen nykyisestä. Veden lämmittäminen on merkittävä energiantuhalaukohde, 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. Laskelmia 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 noudattelevatkin 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, valaistuksen lähteenä käytetään kerosiinilamppuja, mutta ne savuttavat myrkkyliisiä kaasuja huoneilmaan, millä on kehittyvissä maissa vakavia terveysvaikutuksia [14]. Kerosiinilamppujen valaisevuus on myös huomattavasti huonompi kuin sähkölampujen.

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

Näistä syistä esittelen erään aurinkosähköenergialla toimivan valaistusratkaisun Intiasta, jonka on kehittänyt paikallinen yksityinen energiapalveluyritys Boond Research&Development [15]. Boondin hanke Light for Education pyrkii parantamaan lasten opiskelumahdollisuuksia kaikista köyhimmässä 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 Trayler-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. Latauspisteesseen 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 lampua 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 kävät nykyään kuumina, millä on myös käänötpuolensa. Markkinoilla on saatavilla monia vähemmän kestäviä ja standardisoimattomia tuotteita, joilla on lyhyt käyttöikä. Aurinkolamput ovat elektroniikkaa, joka tulisi kierrättää asianmukaisesti, mutta monesta kehitysmaasta puuttuu vielä kunnolliset kierrätysjärjestelmät ja -lainsäädäntö. Joka tapauksessa, aurinkoenergia on kuitenkin huomattavasti ympäristön ja terveyden kannalta parempi vaihtoehto kuin kerosiinilampujen 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.

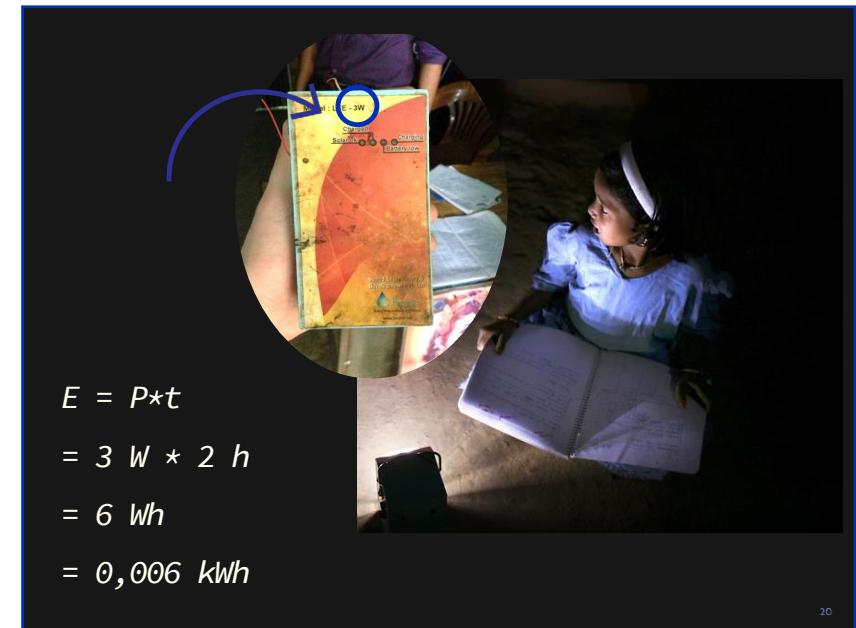
#### Kalvot 19-24:

### ***Kuinka paljon energiota 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 läksyjenlukuakaa. 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 pienien ja hyvin energiatehokkaan (tasajännitteellä toimivan) kolmen watin LED-lampun pitämiseksi päällä. Kahdessa tunnissa kuluu sähköenergiaa vain 0,006 kWh.



18



20

## *"Sähkökäytöt voi laittaa myös tärkeysjärjestykseen."*

Kilowattitunti on monelle oppilaalle tuttu yksikkö sähköyhtiön lähettilästä sähkölaskusta, ja se onkin keskeisin sähköenergian yksikkö. Joissain fysiikan oppikirjoissa erilaiset energian yksiköt ja muodot näyttävät 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-suuren (esim. tietokoneet) tai valtavien (esim. nurmikonleikkaussähköauto) sähköntarpeiden välillä. Sähkökäytöt voisi laittaa myös tärkeysjärjestykseen, kuten tarpeellisista (lukulamppu) ja vähemmän tarpeellisista (television 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 energiasta hukkalämpönä elektroniikan komponenteissa! Ylempien luokkien oppilaiden kanssa olemme laskeneet, miten paljon energiota 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 verkkoyleytien päällä pitämiseen.

### Eri sähkölaitteiden kulutuksia:

- Valaisimet

- Led 3 W, 6 W, 9 W, 13 W
- Hehkulamppu 40 W, 60 W
- Halogenilamput 10-50 W
- Energiansäästölamppu 11 W, 18 W
- Loisteputki 36 W

- Kännynkän laturissa lukee:

"Output 5 V 1.3 A" = \_\_\_\_\_ W

- Wi-fi vastaanotin 5 W

- Televisio: 150 - 200 W

- Television valmiustila 20 W (!!)

- Videotyki 200 - 300 W

- Sähkölämmitin 1000 W

- Sähkökiuas 4.5 kW - 8 kW

- Polynimuri 440 - 1500 W

Jos televisio on 365 päivää vuodessa valmiustilassa, energiota 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 tuki television katselemisen hinta päälle).

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

Lähde: Vattenfall. Sähkölaitteiden keskimääräinen sähkökulutus. Noudettu 17. syyskuuta 2018, osoitteesta <https://www.vattenfall.fi/energianeuvonta/sahkonkulutus/sahkolaiteiden-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 jäänottopuuissa helmikuussa 40-luvulla [19]. Valtavat järven jäätä sahatut lohkareet vietin hevosilla maatalon pihaan maakel-lariin 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 reunova pitkin ja haihtuu matkalla, jonka mukana lämpöä poistuu rakenteen sisältä. 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, ilmatiiviillä 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 kesämökillä, jotta jääkaappia voidaan pitää päällä. Tässä kohtaa vain kaikille aurinkosähköjärjestelmien hankkimisesta ja asentamisesta kiinnostuneille linkata erinomaiseen suomenkieliseen oppaaseen, jonka on kirjoittanut aurinkoenergiaeksperti Janne Käpylehto [22].

Ennen vanhaan säilittiin ruokia maakuopassa tai maakellareissa, jotka kylmennettiin suurilla jäälöhkareilla.



27

Ilman sähkövirtaa toimiva **"Mitticool"** –  
**jääkaappi**

Tämän keramiesta materiaalista (savesta) tehdyt jääkaapin toiminta perustuu veden haihtumiseen, jonka mukana lämpöä poistuu rakenteen sisältä. Jääkaapin yläosassa olevassa säiliössä on vettä tippua hiljalleen reunova pitkin ja haihtuu matkalla viilentää vihanneksia. Intiassa saattaa olla jopa 45 astetta lämmintä ulkona, mikä kuivattaa kasvikset melko nopeasti.



Kuva: mitticool.in

28

## Kalvot 29-35:

### Energiaa tarvitaan toki ennen kaikkea ruuan valmistamiseen

Jo aikaisemmin sivuttiin, että maailman ihmisistä 35% eli 2,7 miljardia elää ilman puhtaita ruuanlaittovälineitä tai -tiloja. Tämä on hurja määrä ihmisiä. Määritelmä on ehkä hieman epäselvä ("people without access to clean cooking facilities" [7]), mutta sillä tarkoitetaan ihmisiä, joilla ei ole pääsyä niin kutsuttuihin moderneihin energialähteisiin tai ruuanlaittoteknikoihin, joita olisivat sähkö, kaasu tai energiatehokkaat biomassauunit. Nämä energiaköyhiksi määritellyt ihmiset valmistavat ruokansa niin sanotulla perinteisillä menetelmillä kuten nuotiolla, tai polttavat yksinkertaisissa uuneissa lähimetsien puita, kuivattuja lehmänlantakakkua tai muuta biomassaa. Kuvissa on puhvelin- tai lehmänlantakakkua. Lanta on taputeltu märkänä kakuksi ja annettu kuivua auringossa polttoaineharkoiksi.

Ruuan valmistaminen avotulella on usein hyvin epätehokasta ja edistää metsäkatoa. Uunit ovat jokus sisätiloissa, mikä aiheuttaa kehittyvissä maissa huomattavia sisäläimeliä ja sairauksia ja jopa miljoonia ennen aikaisia kuolemia [23]. Ihmisten elämänlaatua parantamaan kehitetään kyllä energiatehokkaita uuneja, joiden avulla biomassaa tarvitaan vähemmän. Erilaisia vaihtoehtoja voi tutkia esimerkiksi Clean Cooking Allianceen Internet-sivulta [24]. Työtä olisi kuitenkin paljon jo pelkästään siksi, että parempia mutta edullisia uuneja tarvitisi niin moni. Kaikki sadat miljoonat ihmiset myös asuvat kenties tuhansissa erilaisissa kulttuuriympäristöissä, joten myös uusia uuneja pitää kehittää useita erilaisia ja yhdessä käyttäjiä itsensä kanssa. Ruuanlaitolla on usein varsin merkittävä rooli ihmisten sosialisessa elämässä ja kulttuurissa, eikä uusia laitteita ja ruuanlaittotoipaia ehkä haluta ottaa käyttöön. Tapojen muuttuminen vie aikaa.

*"Ovatko aurinkokeittimet ja -uunit liian hyviä ollakseen totta?"*

Ilman sähköä toimivista ruuanlaittoteknologioista oma henkilökohtainen suosikkinä on aurinkokeitin [25] [26] [27], sillä sen käyttö on täysin saasteetonta ja ilmaista. Yksinkertaisimpien mallien hankintahinnat tai itserakennettuna materiaalikustannukset ovat vain joitain kymmeniä euroja. Aurinkokeitinten huono puoli on se, että niitä voidaan käyttää vain silloin, kun aurinko todella paistaa, mistä syystä ne eivät luultavasti ole levinneet laajaan käyttöön. Aurinkokeitti-



32



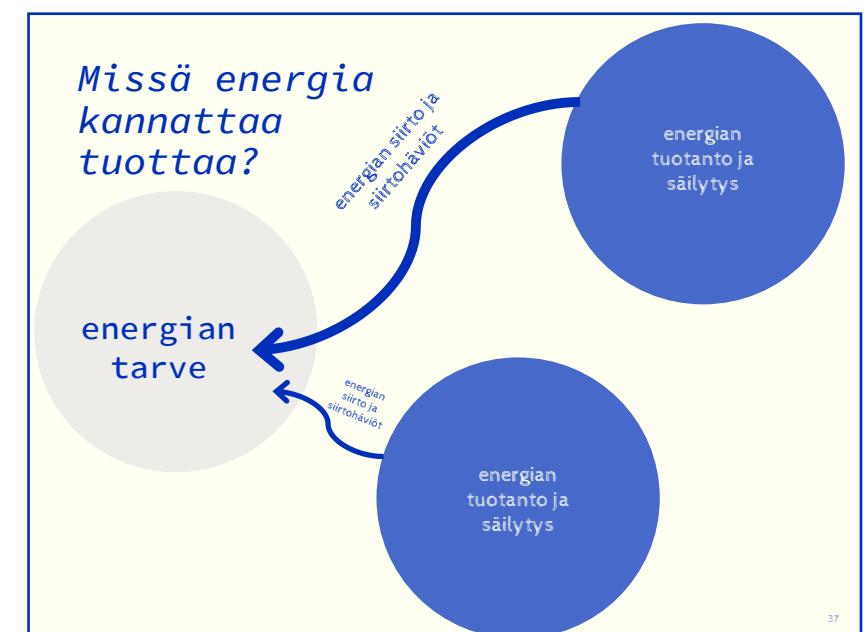
mien toimintaperiaatteena on kerätä auringonsäteet heijastavien pintojen avulla yhteen pisteesseen, jossa säteiden teho voi nousta kymmeniin ja suurimmat jopa satoihin wattteihin. Myös suurkeittiökokoisia aurinkokeittimiä on olemassa. Keittimiä voi käyttää mainosti myös Suomessa, ja kirkkaina talvipäivinä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

Keitinmalleja olisi useita erilaisia. Laatikkomallinen sopii hyvin pataruokien valmistamiseen, sillä kuumuu säälyy laatikon sisällä useita tunteja kuumentamisen jälkeen aivan kuin aromipesässä. Suurilla aurinkouuneilla voi paistaa leipää pelkillä auringonsäteilä, 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 muutamaan verkosta irrallaan olevaan (off-grid) energiateknologiaan, joiden avulla niukoissa olosuhteissa elävät ihmiset ovat ratkaiseet perusenergiantarpeitaan. Suosittelen lämpimästi tutustumaan muihinkin teknologioihin esimerkiksi Solar Innovation Councilin sivuilla [29]. Energiaköyhys tai -niukkuus on harvoin valintaky symys, mutta näiltä ihmisiiltä voimme oppia paljon etenkin säästäväisyydessä. Monilla pienillä lähienergiajärjestelmillä voidaan loistavasti myös Suomessa parantaa energiatehokkuutta ja tuotannon ympäristöystävällisyttä. Esimerkiksi aurinkokeräimiä kannattaa asentaa kotien katoille käyttöveden lämmittämiseksi [30]. Hajautettu uusiutuvan energian tuotanto on lähtökohdaisesti saasteettomampaa ja usein myös energiatehokasta, sillä se on lähellä tuotettua.



Lopuksi olen muistuttanut, että jokainen energian tuotanto- ja kulutustilanne on aina oma optimointiharjoituksensa. Aina tätyy 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 sähkökulutus [31]. Tuulista on etenkin talvisin, jolloin sähköä ja lämpöä tarvitaan eniten. Vuoden-aikojen mukaan vaihtuvaa tuulivoimapotentiaalia eri puolilla Suomea voi tarkastella tuuliatlaksesta [32]. Olen suositellut olemaan uskomatta, jos joku asettaa kaksi energialähettää kylmästi vastakkain esimerkiksi kysymällä, onko tuulivoima parempi kuin aurinkovoima. Vaan rohkaisen katsomaan, missä ollaan, mitä on saatavilla, mitkä vaihtoehdot ovat hyviä ja sitten tekemään tarpeellisia laskuharjoituksia.

## Suositukset energi-aiheisista oppimateriaaleista

Suosittelen lämpimästi Pinja Siparin Open Ilmasto-Opasta [33], jossa kerrotaan, miten ilmastonmuutos-teemaan 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 kulutusjouoston toimintaperiaatteeseen [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.

The diagram consists of a circle containing several energy-related terms in blue text, arranged in a clockwise cycle:

- Siirtojousto Intia
- valaisitus keskitetty teknologian käyttö
- ruuanlaitto kylmäsäilytys
- paikalliset perustarve aurinkoenergia
- sähkön energian käyttöresurssit
- tuotanto-olosuhteet energianiukkuus
- energian käyttökokemus hajautettu
- lähienergia biomassa tarve
- kestävyys energian paikallisuus

- [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=TFCby-Source&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. Shabdi, 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](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](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](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 jäääkaapbia", Koskesta voimaa. [Verkossa]. Saatavissa: <http://www15.uta.fi/koskivoimaa/arki/1918-40/jaanotto.htm>. [Viitattu: 16-touko-2019].
- [20] Helsingin Kaupunginkirjasto, "Ennen vanhaan maataloissa säilötin jäättää 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-maaliskuu-2019].
- [22] J. Käpylehto, Mökille sähköt auringosta ja tuulesta – Rakenna itse. Into Kustannus, 2014.
- [23] M. Hamilo, "Biomassan huonon palamisen takia kuolee joka vuosi kakso miljoonaa ihmistä", Suomen Kuvalahti, 01-huhtikuu-2012.
- [24] "Clean Cooking Alliance", Clean Cooking Alliance. [Verkossa]. Saatavissa: <http://cleancookingalliance.org/home/>. [Viitattu: 15-maaliskuu-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](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, joulu 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-lokakuu-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](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-hankintaoheita/aurinkolampojarjestelmi-en-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.teknikkatalous.fi/innovaatiot/korkeus-136-metria-teho-3-45-mw-napakorkeus-150-metria-uusi-teknologia-kasvattaa-tuulivoiman-tuotantopotentiaalia-6659669>. [Viitattu: 20-touko-2019].
- [32] "Suomen Tuuliatlas - Tuulisus suomessa". [Verkossa]. Saatavissa: <http://www.tuuliatlas.fi/tuulisus/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 energiasta, 1. painos-2. painos 2016. Tampere: bear & penguin ink, 2016.
- [35] "Globaalit kansalaistaidot kaikille | Globaalikasvatus", 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-maaliskuu-2019].
- [37] "Joustatko? -peli", Smart Energy Transition, 17-tammikuu-2019. [Verkossa]. Saatavissa: <http://smartenergytransition.fi/fi/julkaisut/joustatko/>. [Viitattu: 16-touko-2019].
- [38] N. Lindroos, "Kiertotalouden oppimateriaaleja peruskouluun, lukioon ja ammattikouluun", Sitra. [Verkossa]. Saatavissa: <https://www.sitra.fi/artikelit/kiertotalouden-oppimateriaalit-peruskouluun-lukioon-ja-ammattikouluun/>. [Viitattu: 16-touko-2019].
- [39] "Ilmastodieetti | Laske ilmastovaituksesi!", Suomen Ympäristökeskus (SYKE), maalis-2019. [Verkossa]. Saatavissa: <https://ilmastodieetti.ymparisto.fi/ilmastodieetti/>. [Viitattu: 16-touko-2019].