



Otto Peltola

## Näköislehden hiilijalanjälki

Lehtiluukussa luettuna

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Medianomi (ylempi AMK)

Digitaaliset mediapalvelut

Opinnäytetyö

7.11.2021

## Tiivistelmä

Tekijä:	Otto Peltola
Otsikko:	Näköislehden hiilijalanjälki
Sivumäärä:	56 sivua
Aika:	7.11.2021
Tutkinto:	Medianomi (ylempi AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Digitaaliset mediapalvelut
Ohjaaja:	Lehtori Mika Säteri

---

Ilmastonmuutos ja -lämpeneminen ovat arvioiden mukaan tulevaisuuden suurimpia haasteita ihmiskunnalle. Merkittävin syy ilmastonmuutokseen on ihmisen toiminnallaan aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt, joiden yhteiseksi ympäristövaikutusten mittayksiköksi on luotu hiilijalanjälkeä mittaava hiilidioksidiekvivalentti CO<sub>2</sub>e. Voidakseen pienentää aiheuttamaansa hiilijalanjälkeä täytyy jokaisen ymmärtää, mistä hiilijalanjälki syntyy ja miten se linkittyy ilmastonmuutokseen. Tämä työ käsittelee näköislehden hiilijalanjälkeä.

Työ selvittää, mikä näköislehti on ja missä määrin sekä millä laitteilla sitä luetaan ePaper Finland Oy:n järjestelmästä. Työssä käsitellään myös näköislehden tuotantoprosessia ja sen eri vaiheita sekä prosessin eri elementtien vaatimaa tallennus- ja tiedonsiirtokapasiteettia avataan tarkemmin.

Lopuksi lasketaan esimerkkilaskuja näköislehden käytön kasvihuonekaasupäästöistä perustuen professori Mike Berners-Leen arvioihin. Lukuja verrataan paperilehden arvioituihin kasvihuonepäästöihin perustuen Berners-Leen ja VTT:n arvioihin.

Työssä havaittiin hiilijalanjäljen laskennan olevan hyvin monimutkaista ja tarkkojen laskelmien tekemisen mahdotonta. Keskiarvoihin perustuvat arviot osoittavat kuitenkin, että näköislehden lukemisesta syntyy hyvin pieni hiilijalanjälki verrattuna painettuun sanomalehteen.

Avainsanat: Näköislehti, hiilijalanjälki

## Abstract

Author: Otto Peltola  
Title: Carbon footprint of digital magazine  
Number of Pages: 56 pages  
Date: 7 November 2021

Degree: Master of Culture and Arts  
Degree Programme: Digital Media Services  
Instructor: Mika Säteri, Senior Lecturer

---

Climate change and global warming are estimated to be the greatest challenges facing humanity in the future. The most significant cause of climate change is anthropogenic greenhouse gas emissions, for which the carbon dioxide equivalent CO<sub>2</sub>e, a measure of carbon's footprint, has been created to be used as a common measure of environmental impact. To reduce the carbon footprint they cause, everyone needs to understand where the carbon footprint comes from and how it relates to climate change. This study focused on the carbon footprint of a digital magazine.

This study explains what a digital magazine is and how much and with what devices it is used from the systems of ePaper Finland Oy. The research reviews what the production process of a digital magazine entails through its various stages including requirements for storage and data transmission capacity.

Finally, sample calculations of greenhouse gas emissions caused by the use of a digital magazine were calculated based on Professor Mike Berners-Lee's estimates. The figures were compared to the paper magazine's estimated greenhouse gas emissions based on the estimates of Berners-Lee's and VTT Technical Research Centre of Finland Ltd.

In this study, it was discovered that the calculation of the carbon footprint is very complicated and it is nearly impossible to make accurate calculations. However, estimates based on averages show that reading a digital magazine creates a very small carbon footprint comparing to a printed newspaper.

Keywords: Digital magazine, carbon footprint

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Ilmastonmuutos	4
2.1	Kasvihuoneilmiö	6
2.2	Säteilypakote	8
2.3	Ilmastojärjestelmän palauteilmiöt	8
2.4	Kasvihuonekaasujen päästöskenaariot	9
2.5	Maapallon ilmastohistoria	9
2.6	Ilmastonmuutos tulevaisuudessa, sen seuraukset ja uhat	10
2.6.1	Vesi	12
2.6.2	Ruoka	12
2.7	Keinot	13
2.7.1	Päästöjen vähentäminen	13
2.7.2	Energiansäästö	14
2.7.3	Päästötön tuotanto	15
2.7.4	Yksilön vaikutusmahdollisuudet	15
3	Hiilijalanjälki	16
3.1	Huomionarvoisia hiilijalanjälkiä	17
3.1.1	Maailma	18
3.1.2	Fossiiliset polttoaineet	18
3.1.3	Musta hiili	18
3.1.4	Metsäpalot	19
3.1.5	Metsien hävittäminen	20
3.1.6	Uusi auto	20
3.1.7	Autolla ajaminen	21
3.1.8	Banaani	21
3.2	Tieto- ja viestintäteknikka-alan hiilijalanjälkiä	22
3.2.1	Maailman tieto- ja viestintäteknikka-ala	22
3.2.2	Pilvipalvelut ja palvelinkeskukset	23
3.2.3	Sähköposti	24
3.2.4	Älypuhelin	25
3.2.5	Tietokone	26
3.3	Paperilehden hiilijalanjälki	28
4	Näköislehti	31

4.1	Arkisto	32
4.2	Vertailu uutisvirtaan	33
4.3	Sovellukset	33
4.4	Aineiston julkaisukäytäntö	34
4.5	Tilastoja	35
5	Näköislehden hiilijalanjälki	37
5.1	Älypuhelimet	37
5.2	Tietokoneet	38
5.3	Keskimääräisen lukukerran keskiarvot Lehtiluukussa	39
5.4	Vertailu paperilehteen	40
6	Pohdinta	45
6.1	Havainnot	46
6.2	Haasteet	48
6.3	Kehitys	50
6.4	Hiilijalanjäljen kompensointi	51
6.5	Suosituksset kuluttajalle	51
7	Lopuksi	53
	Lähteet	55

# 1 Johdanto

Ihmisen toimista johtuva ilmastonmuutos ja ilmaston lämpeneminen ovat yksi suurimmista nykyisistä globaaleista kriiseistämme (WWF 2021). Ihminen on aiheuttanut viimeisen sadan vuoden aikana omilla päästöillään ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden nousun suurimmaksi miljoonaan vuoteen, ja nousu on vastaava kuin viimeisen jääkauden jälkeen 6000 vuodessa (Nevanlinna 2008, 12). Uusimmissa arvioissa ilmakehän hiilidioksidipitoisuus on yhtä korkea kuin kolme miljoonaa vuotta sitten (Numminen 2021). Tämän seurauksena ilmasto lämpenee kiihtyvää tahtia. Ihmisen aiheuttamista kasvihuonepäästöistä 75 prosenttia aiheutuu fossiilisista polttoaineista. Lämpötilan nousu on katastrofaalista luonnolle.

Kansainvälisen ilmastonmuutospaneelin (IPCC) arvion mukaan ilmaston lämpenemistä on kuitenkin vielä mahdollista rajoittaa Pariisin ilmastosopimuksen 1,5 asteen tavoitteen mukaiseksi. Nykytoimet eivät kuitenkaan riitä, vaan ilmasto lämpenee näin jatkettaessa yli kolme astetta vuosisadan loppuun mennessä. (WWF 2021.)

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on lisätä toimeksiantajan, ePaper Finland Oy:n (myöhemmin EPF), ymmärrystä näköislehden lukemisesta syntyvän hiilijalanjäljen synnystä, suuruusluokasta ja yrityksen mahdollisuuksista vaikuttaa tuotteen käytöstä syntyvän hiilijalanjäljen kokoon. Tarkkoja lukuja on mahdotonta selvittää, koska arviot ovat kuitenkin vain hyviä arvauksia. Tarkoitus on lisätä ymmärrystä, mistä tämä hiilijalanjälki syntyy ja millaisilla laskutoimituksilla sitä voidaan arvioida.

EPF on ympäristövalveutunut yritys ja huomioi toimiensa ilmastovaikutuksia laaja-alaisesti. Tämä ilmenee mm. palveluntarjoajien valinnassa, esimerkkinä konesali- ja pilvipalveluita tarjoava kumppani on 100-prosenttisesti hiilineutraali energiankäytön osalta (Hetzner 2021). Henkilökunta miettii toimiensa ympäristövaikutuksia myös työn ulkopuolella. Työntekijät ovat mm. valinneet jo vuosia ajoneuvoikseen hybridi- tai täyssähköautoja. Ympäristön ajattelu ilmenee

myös henkilökunnan muissa valinnoissa, kuten aurinkopaneelein tuotettuna sähkönä kodeissa ja vapaa-ajan asunnoilla. Kaikenlainen energiatehokkuus kiinnostaa sekä yritystä että sen työntekijöitä.

Työssä esitellään aluksi ilmastonmuutosta tarkemmin ja sen vaikutuksia maapalloon, ihmisiin ja muihin lajeihin Heikki Nevanlinnan päätoimittaman ja Ilmatieteen laitoksen 11 tutkijan työstämän *Muutamme ilmasto – Ilmatieteen laitoksen tutkijoiden katsaus ilmastonmuutokseen* -kirjan (2008) pohjalta. Teos perustuu Ilmatieteen laitoksen tutkijoiden omiin ja alan muihin tutkimustuloksiin.

Kasvihuonekaasupäästöt ovat ihmisten tuottamista ilmastonmuutokseen vaikuttavista tekijöistä ehdottomasti tärkein, ja vain vähentämällä niitä voidaan ilmastonmuutosta ja ilmaston lämpenemistä hillitä. Tehokkaimmat keinot ovat energiankulutuksen pienentäminen ja energian tuottaminen päästöttömästi.

Ilmaston lämpeneminen johtuu siis ihmisen aiheuttamista kasvihuonepäästöistä, ja niiden ilmastovaikutusten mittana toimii hiilidioksidiekvivalentti (CO<sub>2</sub>e). Hiilidioksidiekvivalenttia käytetään mm. tietyn palvelun, tuotteen tai prosessin hiilijalanjäljen laskennassa.

Työssä esitellään hiilijalanjälkeen liittyviä tekijöitä ja eri tuotteiden ja palveluiden aiheuttamia hiilijalanjälkiä sekä haasteita hiilijalanjäljen laskennassa. Laskelmat tehdään Mike Berners-Leen *How bad are bananas? – Carbon Footprint of everything* -kirjan (2020) arvioiden mukaan. On kuitenkin lähes mahdotonta laskea tiettyjen tuotteiden tarkkaa hiilijalanjälkeä.

Työ selvittää, mikä näköislehti on ja missä määrin sekä miten ja millä laitteilla sitä luetaan EPF:n järjestelmistä. Työssä käsitellään myös näköislehden tuotantoprosessia ja sen eri vaiheita. Myös prosessin eri elementtien vaatimaa tallennus- ja tiedonsiirtokapasiteettia avataan tarkemmin.

Lopuksi lasketaan esimerkkilaskuja näköislehden käytön kasvihuonekaasupäästöistä perustuen Berners-Leen arvioihin. Lukuja verrataan paperilehden arvioituihin kasvihuonepäästöihin perustuen Berners-Leen ja

VTT:n arvioihin. Pohdintaosuudessa mietitään, miten EPF:n toimintaa ja näköislehteä voisi kehittää juuri ympäristönäkökulmien kannalta.



## 2 Ilmastonmuutos

Ihminen havainnoi säätä monipuolisesti päivittäin. Sää vaihtelee kuumasta kylmään, aurinkoisesta sateiseen ja tuulisesta tyyneen. Lyhyen aikavälin tarkastelussa puhutaan säästä. Riittävän pitkän aikavälin tarkastelussa säästä alkaa löytyä säännönmukaisuutta, esimerkiksi jonkin ajanjakson keskilämpötila ja keskimääräinen sademäärä tai ääriarvojen vaihtelevuus. Tätä pitkän aikavälin tilastollista käyttäytymistä kutsutaan ilmastoksi. Eri alueiden ilmastoon vaikuttavat monet tekijät maapallolla. (Nevanlinna 2008, 9.)

Globaali ilmasto muuttuu niin luonnollisten tekijöiden vaikutuksesta kuin ihmisen toiminnan aiheuttamana. Nämä kaksi erillistä tekijää on syytä erottaa toisistaan. Ihmisen toiminnan vaikutus ilmastoon on tosiasia eikä mielipidekysymys. Kasvihuoneilmiö nostaa maailmanlaajuisia keskilämpötiloja, ja ilmiö on voimistumassa.

Ilmakehä koostuu tuhansista eri kaasuista ja on samankaltainen maan pinnalta noin 80–100 kilometrin korkeuteen asti, jos vesihöyryä ei huomioida. Tästä vesihöyryttömästä ilmasta noin 99 prosenttia on typpeä ja happea ja loppuosa koostuu jalo- ja hivenkaasuista. Hivenkaasuja on prosentuaalisesti hyvin vähän, mutta monet ovat niistä hyvinkin tärkeitä. Esimerkiksi kasvit tarvitsevat hiilidioksidia yhteyttämiseen, eivätkä pärjäisi ilman sitä. Myös otsoni on maapallon elämälle tärkeää, koska se estää auringon vaarallisen lyhytaaltoultraviolettisäteilyn pääsyn maanpinnalle. (Nevanlinna 2008, 9–10.)

Kaasujen lisäksi ilmakehässä on vesipisaroita ja jääkiteitä, eli pilviä, ja paljon pienhiukkasia, jotka syntyvät eroosiosta, metsäpaloista, tulivuorista, merivedestä ja kasvien tuotannosta. Lisäksi pienhiukkasia muodostuu ihmisen toimista, mm. teollisuudesta, energiantuotannosta ja liikenteestä. (Nevanlinna 2008, 10.)

Vesihöyryn ja hivenkaasujen aiheuttama kasvihuoneilmiö saa aikaan maapallon pinnalle elämän edellyttävän lämpötilan (Nevanlinna 2008, 10).

Viimeisen sadan vuoden aikana ihminen on omilla päästöillään nostanut ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden suurimmaksi miljoonaan vuoteen, ja nousu on vastaava kuin viimeisen jääkauden jälkeen 6000 vuodessa. Myös muiden kasvihuonekaasujen määrät nousevat kiihtyen. (Nevanlinna 2008, 12.)

Ilmastonmuutokseen vaikuttavat tärkeimmät tekijät ovat:

1. Auringon säteily
2. Maan heijastavuus (Albedo) eli pilvet ja maan pinta
3. Pienhiukkaset
4. Maan lämpösäteilyn imeytyminen ja takaisinheijastuminen (kasvihuonekaasut)
5. Ilmaston takaisinkytkentävaikutukset, kuten kasvien hiilinielut

(Saari 2020, 26.)

Ilmakehän tilasta mitataan mm. lämpöä, kosteutta, painetta, tuulen nopeutta ja suuntaa, sademäärää ja auringon säteilyä. Meristä mitataan mm. lämpöä, suolaisuutta ja meren pinnan korkeutta. Jäätiköt vaikuttavat suoraan meren pinnan korkeuteen, joten niiden paksuutta ja laajuutta mitataan myös. (Nevanlinna 2008, 29.)

Maalla ja ilmassa näitä havaintoja on tehty ja tehdään varsin laajasti. Meristä mittauksia on tehty historiassa vähemmän, lähinnä pintavesien lämpötiloja ja suolapitoisuuksia rannikoilta ja laivareiteiltä. Nykyään satelliitit mittaavat kattavasti alueita, joissa mittareita ei ole. (Nevanlinna 2008, 34–35.)

Pitkän ajan muutoksia ilmastossa pystytään havainnoimaan parhaiten mahdollisimman pitkään jatkuneilla samassa paikassa tapahtuneilla mittauksilla. Ihmisen toimet vaikuttavat usein eri tavoin mittaustuloksiin pitkissä havaintojaksoissa. Laitteet ja tekniikka kehittyvät, rakentaminen ja

kasvillisuuden muutokset vaikuttavat tuloksiin, mittauspaikka ja -aika voivat muuttua. Paikallisesti mitattu lämpötila voi muuttua esimerkiksi kaupunkien lämpösaarekeilmiöstä johtuen. Kaupungeissa lämpötila on usein korkeampi kuin ympäröivässä luonnossa. Nämä edellä mainitut mittaustuloksiin vaikuttavat muutokset täytyy laskennallisesti huomioida pitkän aikavälin tuloksia vertaillessa. Tilastolliset keinot tähän ovat nykyään varsin hyvät mm. vertailemalla eri havaintoasemien tuloksia keskenään. (Nevanlinna 2008, 29–31.)

Ilmastohistoriaa ennen tilastoituja mittaustuloksia pystytään tutkimaan mm. kairaamalla jäänäytteitä jäätiköiden syvyyksistä. Grönlannin ja Etelämantereen jäätiköistä on saatu näytteitä jään pohjalta asti. Näytteiden happi-isotoopit, lämpötilat ja epäpuhtaudet kertovat paljon menneestä ilmastosta. Jään sisäiset ilmakuplat taas kertovat kyseisen aikakauden ilmakehän kaasupitoisuuksista. (Nevanlinna 2008, 43.)

Ilmastohistoriaa voidaan siis päätellä muutaman sadan vuodenkin takaa vain epäsuorasti. Historialliset tiedot kasvien viljelyalueista, katovuosista, jäiden lähdöstä, sateista ja muista erityisistä säätapauhtumista geologisten ja fossiilisten löydösten kanssa auttavat tutkijoita päättelemään paljon historiasta. Erilaisista maaperänäytteistä voidaan päätellä kasvien ja eläinten levinneisyysalueita. Jäätiköiden jättämiä jälkiä ja niiden synnyttämiä kerrostumia tutkimalla saadaan tietoa satojen miljoonien vuosien takaisista oloista. (Nevanlinna 2008, 41.)

## 2.1 Kasvihuoneilmiö

Kasvihuoneen lämpötila on huomattavasti korkeampi kuin ympäröivän ilman, johtuen valikoivana suodattimena toimivasta lasikatosta. Katto päästää auringon energiaa sisään päästämättä lämpösäteilyä ulos. Ilmiötä kutsutaan kasvihuoneilmiöksi. Maapallon ilmakehä toimii vastaavasti päästäten auringon säteilyn läpi, päästämättä lämpöä karkaamaan avaruuteen. (Nevanlinna 2008, 43.)

Ilmiö on helppo havaita esimerkiksi lasitetulla parvekkeella tai terassilla, jossa aurinko lämmittää sisäilman ulkoilmaa lämpimämmäksi jo aikaisin keväällä tai myöhään syksyllä. Kesällä tilan lämpötila on helposti tuskastuttavan kuuma.

Luonnollinen kasvihuoneilmiö on elämän edellytys, sillä ilman sitä maapallon keskilämpötila olisi n. -18 astetta celsiusta nykyisen n. +15 astetta celsiuksen sijaan. Ihmisten toiminta kuitenkin kiihdyttää kasvihuoneilmiötä ja lämmittää maapalloa kasvihuonekaasupäästöillä. (Nevanlinna 2008, 44–45.)

Tärkeimmät kasvihuonekaasut ovat:

- Vesihöyry
- Hiilidioksidi
- Metaani
- Dityppioksidi
- Otsoni.

(Nevanlinna 2008, 45.)

Kasvihuonekaasut imevät itseensä lämpöenergiaa. Alailmakehässä voimakkaimmat kasvihuonekaasut ovat vesihöyry ja hiilidioksidi (Nevanlinna 2008, 44–45). Ihmisen aiheuttamat vesihöyrypäästöt eivät kuitenkaan suoranaisesti vaikuta merkittävästi ilmaston vesihöyrypitoisuuteen veden kiertokulun ollessa niin nopeaa. Sen sijaan ilmaston lämmitessä muiden kasvihuonekaasujen johdosta ilma voi sitoa itseensä merkittävästi enemmän vesihöyryä kiihdyttäen kasvihuoneilmiötä ja lämmittäen maapalloa entisestään. (Nevanlinna 2008, 54.)

Ihmisten tuottamista kasvihuonekaasuista hiilidioksidi on ehdottomasti tärkein. Sen määrä on ollut viimeiset 10000 vuotta tasainen, mutta kasvanut valtavasti viimeisen 200 vuoden kuluessa. (Nevanlinna 2008, 45–47.)

Ilmakehään syntyy myös pienhiukkasia. Luonnollisia kuten suola-, sulfaatti-, pöly-, savu- ja nokihiukkaset sekä kasvien orgaanisia pienhiukkasia. Ihmisten tuottamat pienhiukkaset syntyvät pääasiassa fossiilisten polttoaineiden käytöstä energiantuotannossa. Pienhiukkaset vaikuttavat ilmastoon lukuisin eri tavoin,

mm. pilvien muodostumiseen. Pienhiukkasten roolin suuruudesta ilmastonmuutoksessa ei ole saatu täyttä varmuutta. (Nevanlinna 2008, 54–57.)

Yleisesti arvioidaan, että pienhiukkaset ovat jarruttaneet ilmaston lämpenemistä maailmanlaajuisesti estäessään auringonsäteilyn pääsyä maanpinnalle, mutta vaikutuksen suuruutta on hyvin vaikea arvioida (Nevanlinna 2008, 54–57). Ihmisten tuottamien pienhiukkasten määrän ei ennusteta kasvavan nykyisestään merkittävästi, joten myös niiden viilentävä vaikutus poistuu. (Nevanlinna 2008, 63.)

## 2.2 Säteilypakote

Säteilypakote tarkoittaa päästöjen ilmastojärjestelmälle aiheuttamaa energiaepätasapainoa (Nevanlinna 2008, 57).

Positiivinen säteilypakote lämmittää ilmakehää lisääntyvien kasvihuonekaasujen ehkäistessä lämmön säteilyä avaruuteen. Negatiivinen säteilypakote viilentää ilmakehää pienhiukkasten estäessä auringon säteilyn pääsyn maanpinnalle. (Nevanlinna 2008, 57.)

Säteilypakotteen vaikutus ilmastoon tulee vuosikymmenten tai -satojen viiveellä valtamerien toimiessa lämpötilapuskureina (Nevanlinna 2008, 61).

## 2.3 Ilmastojärjestelmän palauteilmiöt

Ilmastojärjestelmän palauteilmiöt vaikeuttavat ilmastonmuutoksen ennustettavuutta. Jo aiemmin kuvailtu vesihöyryn määrän lisääntyminen ilmassa kasvihuonekaasujen lämmittäessä ilmasto on yksi esimerkki palauteilmiöistä. Kun lämpötila nousee, voi ilmassa olla enemmän vesihöyryä, joka entisestään lämmittää ilmasto. Vastaavasti ilmiö on käänteinen lämpötilan laskiessa. Vesihöyryn vaikutuksen uskotaan kaksinkertaistavan muiden mekanismien ilmasto lämmittävän tai viilentävän vaikutuksen. Jään ja lumen sulaminen on toinen esimerkki palauteilmiöstä. Sulavan lumen alta paljastuva maa ja merenpinta heijastavat huomattavasti vähemmän auringonsäteilyä, joten

lämpöä jää enemmän ilmakehään. Tämän vaikutus on vesihöyryä vähäisempi, mutta paikallisesti lumisilla vyöhykkeillä tärkeä. Vaikeimmin arvioitava palauteilmiö on pilvien määrän ja sijainnin muutokset ja niiden vaikutus maailman laajuiseen ilmastoon. (Nevanlinna 2008, 59–61.)

## 2.4 Kasvihuonekaasujen päästöskenaariot

Kasvihuonekaasuista erityisesti hiilidioksidi säilyy ilmakehässä vähintäänkin vuosikymmeniä, ja ihmisten toimet lisäävät sen määrää ja lämmittävää vaikutusta tulevaisuudessa. On hyvin vaikea arvioida tulevien päästöjen määrää ja laatua, joten ennustettavuutta mallinnetaan useilla erilaisilla skenaarioilla. Skenaarioita on pessimistisistä optimistisiin, ja luotettavimmat ennusteet saataneen näiden ääripäiden väliltä. Luotettavina pidetään IPCC:n SRES-kasvihuoneskenaarioita. (Nevanlinna 2008, 63.) Kaikissa skenaarioissa hiilidioksidipitoisuus kasvaa ainakin tulevat sata vuotta (Nevanlinna 2008, 65).

## 2.5 Maapallon ilmastohistoria

Maapallon ilmasto on vaihdellut miljoonien vuosien kuluessa lämpimän ja kylmän välillä. Luonnolliset ilmastoja muuttavat tekijät, kuten mannerlaattojen liike, vuoristojen syntyminen ja katoaminen, ovat saaneet ilma- ja merivirrat reitittymään uudelleen aiheuttaen ilmastotyyppien muutoksia. Viimeisen 200 vuoden aikana luonnollisten tekijöiden ohella ihminen kasvavine kasvihuonepäästöineen on kiihtyvällä tahdilla alkanut muuttaa ilmastoja nostamalla maapallon keskilämpötilaa. (Nevanlinna 2008, 79.)

1970-luvulta lähtien lämpeneminen on ollut nopeaa (Nevanlinna 2008, 89), ja 2000-luvulla on mitattu jatkuvasti mittaushistorian lämpimimpiä kuukausi- ja vuosikeskiarvoja (Töyrylä 2015).

Kun erilaisia tietokoneohjelmin rakennettuja mallinnuksia ilmastomuutoksesta on ajettu huomioiden ihmisten aiheuttamat kasvihuonekaasujen ja pienhiukkasten päästöt, ovat tulokset olleet hyvin lähellä mitattuja. Jos ihmisten aikaansaannokset on jätetty pois, eivät mallinnukset vastaa lainkaan todellisia

tuloksia. Vaikuttaa siis siltä, että viimeisen 50 vuoden aikana havaittu maapallon keskilämpötilan nousu on ihmisen aiheuttamaa. (Nevanlinna 2008, 93.)

Parhaiten mitattua vastaava lämpötilan kehitys on saatu yhdistämällä malliin kaikki tunnetut säteilypakotteet, ihmisten aiheuttamat ja luonnolliset (Nevanlinna 2008, 93).

Auringon aktiivisuuden vaikutusta maapallon ilmastonmuutokseen tai viime vuosikymmenten lämpötilan nousuun ei ole voitu lukuisista tutkimuksista huolimatta tieteellisesti varmentaa. Sen vaikutuksen epäillään olevan korkeintaan 10 prosenttia ihmisten kasvihuonekaasupäästöjen vaikutuksesta. (Nevanlinna 2008, 95, 99.)

Ilmastonmuutoksen on jo havaittu alkaneen meteorologisin mittauksinkin, mutta varmempana todisteena siitä näkyvät muutokset luonnossa jo tässä vaiheessa (Nevanlinna 2008, 164).

## 2.6 Ilmastonmuutos tulevaisuudessa, sen seuraukset ja uhat

Tutkimukset osoittavat, että nykyiset ilmastomallit osaavat parhaiten ennustaa maapallon keskilämpötilan kehitystä. Sademäärät ja ilmaston ääri-ilmiöt tai pienemmät alueet ovat selvästi heikommin ennustettavissa. (Nevanlinna 2008, 123.)

Ilmasto on jo alkanut lämpenemään, ja lämpeneminen jatkuu oletettavasti ihmisten toimista riippumatta vielä kymmeniä vuosia. Tulevaisuuden arviot lähivuosikymmenille ovat noin 0,2 astetta celsiusta kymmenessä vuodessa, eli tahti jatkuu vastaavana kuin muutamina menneinä vuosikymmeninä. Vaikka ihminen pystyisi lopettamaan välittömästi kaikki aiheuttamansa päästöt, jatkaisi ilmasto lämpenemistään valtamerien valtavista lämpövarastoista johtuen. Meret lämpenevät hitaasti ja aiheuttavat viivettä päästöjen vaikutuksessa ilmaston lämpenemiseen. (Nevanlinna 2008, 124.)

Ilmaston lämpeneminen aiheuttaa myös lukuisia muita ilmiöitä. Hellepäivien määrä kasvaa, pakkaspäivät vähenevät ja viileillä alueilla kasvukausi pitenee.

Jäät ja lumet sulavat, ja helleaallot ja myrskyt voimistuvat. (Nevanlinna 2008, 127.)

Lämpötilan noustessa myös meret lämpenevät ja lämpölaajeneminen aiheuttaa merenpinnan nousua. Lisäksi vuoristo- ja napajäätiköiden sulaminen lisää merenpinnan nousua. Merenpinta on noussut 200 vuoden aikana noin 20 cm, ja nousuvauhti on kiihtyvää ollen nyt noin 3 mm vuodessa. (Nevanlinna 2008, 147.)

Merenpinnan korkeutta tulevaisuudessa on hyvin vaikea ennustaa. Lämpölaajenemiseen vaikuttaa mm. lämpötilan nousun määrä ja merivirtojen muutosten vaikutus veden lämpöön syvemmällä merissä. Myös mannerjäätiköiden sulamisvauhti ja niistä vapautuva vesimäärä on eri ennusteissa hyvinkin vaihteleva. (Nevanlinna 2008, 157.)

Merenpinnan arvioidaan kuitenkin jatkavan nousua vielä vuosisatoja, ja kymmenienkin senttien nousu olisi alavilla mailla tuhoisaa. Ennusteissa merenpinta nousee jo tällä vuosisadalla kymmeniä senttejä. Seuraavan tuhannen vuoden aikana merenpinta saattaa nousta hurjimmista ennusteista useita metrejä. (Nevanlinna 2008, 157–158.)

Merenpinnan nousu valtaa alavilla rannikkoalueilla alaa maatalousmaalta ja asutukselta, ja rannikoilla pohjavesi muuttuu suolaiseksi (Nevanlinna 2008, 175).

Nykytiedon valossa on varmaa, että ilmastonmuutos johtaa luonnon monimuotoisuuden vähenemiseen ja varsinkin kehitysmaissa ihmiskunnan kärsimykseen. Olosuhteiden muuttuessa kasvien kehitys ja levinneisyys muuttuu ja kasvillisuusvyöhykkeet vaeltavat. (Nevanlinna 2008, 164.)

Ilmastonmuutoksen arvioidaan aiheuttavan kasvi- ja eläinlajien massasukupuuton. Jo parin asteen lämpeneminen saattaa hävittää 20–30 prosenttia koko maapallon eliölajeista. Muut ihmisen toimet, kuten kaupungistuminen, metsien kaato ja saasteet saattavat kiihdyttää ilmiötä merkittävästi. Yhdenkin lajin häviäminen saattaa vaikuttaa lumipalloejektin lailla



moniin muihin luonnon monimutkaisessa ekosysteemissä. Vastaavia joukkosukupuuuttoja on havaittu historiasta aiempien ilmastonmuutosten yhteydessä, ja nyt ihminen on aloittanut omilla toimillaan seuraavan. (Nevanlinna 2008, 164–165.)

### 2.6.1 Vesi

YK on julistanut oikeuden puhtaaseen veteen kuuluvan ihmisen perusoikeuksiin. Tästä huolimatta vesipulaa on jo kolmanneksella maapallon asukkaista. Kehityksen ennustetaan heikentävän tilannetta siten, että puhtaasta vedestä on pulaa kahdella kolmanneksella ihmisistä jo vuonna 2025. Ilmastonmuutos ja väestönkasvu kiihdyttävät ilmiötä entisestään. Kuivuus ja maanviljelysten kastelutarve lisäävät omalta osaltaan pohjaveden käyttöä. Ja vaikka vettä olisikin jossain, on sitä hyvin haastavaa siirtää alueille pitkien matkojen päähän, jossa sitä ei ole. Puhdas vesi on siis uhattuna, mikä on yksi peruste ilmastonmuutoksen ehkäisylle. (Nevanlinna 2008, 172–174.)

### 2.6.2 Ruoka

Kaikki edellä mainitut uhat vaikuttavat ruuantuotantoon. Vesipula, merenpinnan nousu, väestömäärän kasvu, luonnon monimuotoisuuden väheneminen, kuivuus, tulvat ja muut sään ääri-ilmiöt aiheuttavat ennennäkemättömiä haasteita tulevaisuudessa.

Väestömäärän kasvu aiheuttaa sen, että arvioiden mukaan maapallolla tarvitaan vuonna 2030 55 prosenttia enemmän elintarvikkeita kuin nyt. (Nevanlinna 2008, 176).

On huomattavaa, että siellä missä väkimäärä kasvaa nopeimmin, haasteet ovat suurimmat. Nämä alueet kärsivät jo yhteiskunnan epävakaudesta, köyhyydestä, vesipulasta ja kuivuudesta, kuten Saharan eteläpuolinen Afrikka, ja ilmastonmuutos vain heikentää tilannetta. (Nevanlinna 2008, 177.)

Ilmastonmuutos vaikuttaa myös ei-viljeltyyn kasvillisuuteen, kuten metsiin kaikkialla samoin kuin muuhunkin kasvillisuuteen. Muutaman asteen lämpötilan

nousu voi aiheuttaa Amazonilla laajoja metsätuhoja. (Nevanlinna 2008, 177–178.)

Kalalajien esiintymisalueet muuttuvat ja saalislajit vähenevät. Tosin kalastajille suurempi uhka näyttää olevan liikakalastus ilmastonmuutoksen sijaan. (Nevanlinna 2008, 179.)

Ihmisten terveyteen ilmastonmuutoksella on globaalisti negatiivinen vaikutus. Pahimmat kärsijät ovat taas heikoimmin nytkin pärjäävät kehitysmaat. Jo pelkkä lämpö aiheuttaa terveysongelmia, mutta myös elintilan, veden ja ravinnon pula aiheuttavat sairauksia, mielenterveysongelmia ja konflikteja. (Nevanlinna 2008, 182, 183.)

Ennusteissa miljoonat ihmiset kehitysmaissa menettävät toimeentulonsa, terveytensä ja perheensä jo lähivuosikymmeninä luonnonkatastrofeissa ja vastaava on historiassakin aiheuttanut suuria massamuuttoliikkeitä. Nyt väkeä on lähdössä liikkeelle jopa satoja miljoonia ihmisiä jo lähitulevaisuudessa ja toisaalta kaikki elinkelpoiset alueet maapallolla ovat jo asuttuja. (Nevanlinna 2008, 178.)

Tästä ymmärrämme, että vaikka suurimmat kärsijät ilmastonmuutoksen alkuvaiheessa ovatkin kehitysmaat, niin ongelma on kaikkien yhteinen. Pakolaisaallot ja mahdolliset sodat koskettavat heti myös muita. Riippuvuus mm. muualla tuotetuista elintarvikkeista ja raaka-aineista koskettaa kaikkia. Ilmastonmuutosta on siis pakko hillitä. (Nevanlinna 2008, 184.)

## 2.7 Keinot

### 2.7.1 Päästöjen vähentäminen

Ihmisten tuottamista ilmastonmuutokseen vaikuttavista päästöistä hiilidioksidi on ehdottomasti tärkein. Sen merkitys tulevaisuudessa vain kasvaa, koska se säilyy ilmakehässä jopa satoja vuosia. Vain vähentämällä hiilidioksidipäästöjä,

voidaan hillitä ilmastonmuutosta. Toki muidenkin kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen tukee tätä. (Nevanlinna 2008, 187.)

Suurin osa ihmisen aiheuttamista hiilidioksidipäästöistä syntyy fossiilisten polttoaineiden käytöstä energiantuotannossa. Energiaa tuotetaan kivihilestä, öljystä ja maakaasusta teollisuuden, voimaloiden, rakennusten ja liikkumisen tarpeisiin. Lämpötilan nousun siedettävällä tasolla pitäminen vaatii vähintäänkin sen, etteivät hiilidioksidipäästöt ainakaan enää kasva. (Nevanlinna 2008, 187.)

Energian tarpeeseen vaikuttaa kuitenkin väestömäärä ja elintaso, ja nämä molemmat ovat kasvussa ennen kaikkea kehittyvissä maissa. Energian käyttäjien määrä tulee siis väijäämättä kasvamaan ja heidän elintasonsa mahdollisesti nousemaan, ja siksi energiankulutusta on pienennettävä kaikin keinoin kaikkialla, ja energiaa on tuotettava päästöttömästi. (Nevanlinna 2008, 187.)

Päästörajoitukset on otettava käyttöön välittömästi ja ohjattava kaikkea tuotantoa energiatehokkaampaan suuntaan. Ei voida enää odotella. Rajoitukset ohjaavat tuotantoa vähäpäästöisen teknologian kehittämiseen, ja näin vanha teknologia alkaa kadota. Muutos vie valtavasti aikaa ilmaston reagoidessa perin hitaasti, ja vaikka päästöjen kehitys kääntyisi välittömästi laskuun, ilmasto lämpenee ja merenpinta nousee silti pitkään. (Nevanlinna 2008, 188–190.)

### 2.7.2 Energiansäästö

Päästöjä pystytään leikkaamaan lyhyellä aikavälillä parhaiten säästämällä energiaa tuottamalla se muuten kuin fossiilisilla polttoaineilla. Hiilidioksidia voidaan poistaa myös savukaasuista ja suoraan ilmakehästä hyödyntäen kasvien yhteyttämistä. (Nevanlinna 2008, 194.)

Energiansäästö voi olla jopa helppoa. Esimerkiksi hiilivoimala saa parhaimmillaankin talteen vain 40 prosenttia hiilen energiasisällöstä. Aiemmin käytössä olleet hehkulamput pystyivät muuttamaan vain 10 prosenttia

kuluttamastaan energiasta valoksi ja loppu muuttui lämmöksi. Jos asunnossa on vain yksi henkilö mutta valot neljässä huoneessa, on 75 prosenttia valaistuksesta ”turhaa”. Yhtälön häviöt huomioiden muuttuu alkuperäisestä hiilen energiasisällöstä vain 1 prosentti valoksi ja 99 prosenttia häviää matkan varrella. (Nevanlinna 2008, 194.) Led-lamppuja käytettäessä itse lampun tehokkuus on tietysti parempi.

### 2.7.3 Päästötön tuotanto

Yhteiskunta tarvitsee kuitenkin energiaa pyöriäkseen. Tarvitaan mahdollisimman vähäpäästöisiä energiantuotantomuotoja. Esimerkkeinä vesi-, tuuli-, aurinko- ja ydinvoimalat. Vaikka voimalat toimisivat valmistuttuaan päästöttömästi, tarvitaan rakennusvaiheessa valtavia ponnistuksia ja investointeja, jotka aiheuttavat ympäristöhaittoja. (Nevanlinna 2008, 195–198.) Alueellisesti myös aalto-, vuorovesi- ja geoterminen energia voivat olla hyviä päästöttömän energian lähteitä (Nevanlinna 2008, 187).

### 2.7.4 Yksilön vaikutusmahdollisuudet

Vaikka ongelma saattaa tuntua valtavalta, voi yksittäinen ihminenkin tehdä asialle jotain. Pienistä puroista syntyy jokia, ja jos riittävä määrä ihmisiä valitsee ympäristöystävällisiä tuotteita ja palveluita, lisääntyy niiden tarjontakin. Ympäristötietoinen käyttäytyminen ohjaa markkinoita ja poliitikoita. Kaikenlaisen kulutuksen kohtuullistaminen, energiansäästö sekä vähäpäästöiset sekä ympäristötietoiset valinnat luovat tulevaisuuden maailmasta paremman paikan asua. (Nevanlinna 2008, 201–203.)

### 3 Hiilijalanjälki

Hiilijalanjälki-termi tarkoittaa ihmisten toiminnan tuottamia hiilidioksidipäästöjä. Hiilidioksidiekvivalentti (CO<sub>2</sub>e) on hiilijalanjäljen raportoinnissa käytetty suure, jossa hiilidioksidipäästöjen lisäksi huomioidaan muut merkittävät kasvihuonepäästöt, kuten metaani (CH<sub>4</sub>) ja dityppioksidi (N<sub>2</sub>O). Hiilijalanjälki voidaan määrittää mm. tuotteelle, prosessille, toiminnalle tai yritykselle. (Sitra 2021.)

Tuotteen hiilijalanjälki on kasvihuonekaasujen päästöjen ja poistumien summa, joka perustuu koko tuotteen elinkaareen, ja sen vaikutus ilmastonmuutokseen ilmoitetaan hiilidioksidiekvivalenteina (SFS-EN ISO 14067: 2018, 10).

Hiilijalanjälki ilmoitetaan massana, eli samoin yksiköin kuin kaasuja mitataan. Yhteismittana kaikille kasvihuonekaasuille käytetään termiä hiilidioksidiekvivalentti. Hiilidioksidiekvivalentin (CO<sub>2</sub>e) on tarkoitus kasvihuonekaasujen yhteismittana helpottaa eri kasvihuonekaasupäästöjen erilaisten ilmasto- ja lämmittävien vaikutusten laskemista. Vertailukohdaksi eri kasvihuonekaasujen vaikutuksille on päätetty hiilidioksidi, ja siksi mitan nimi on hiilidioksidiekvivalentti. (Optiwatti 2019.)

Hiilijalanjäljen laskennan perusteiksi on määritetty mm. standardi ISO 14067 yhdessä elinkaariarviointia koskevien ISO 14040 ja ISO 14044-standardien kanssa (SFS 2020).

Tuotteelle voidaan määrittää myös osittainen hiilijalanjälki perustuen tiettyyn prosessiin, joka on osa koko tuotteen hiilijalanjälkeä (SFS-EN ISO 14067: 2018, 11).

Puhe ja kirjoitukset hiilijalanjäljestä yleistyvät jatkuvasti. Onneksi aiheen käsittely yleistyy ja kuluttajien valvotuneisuus ympäristöasioissa ohjaa ostopäätöksiä ja siten yrityksiäkin oikeaan suuntaan. Elinkaarilaskentaan liittyy ongelmia, koska on hankala rajata yksiselitteisesti, mitä kaikkea laskelmaan sisällytetään ja mitä ei. (Virtanen & Rohweder, 338–339.)

100 suurinta kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttavaa yritystä aiheuttaa 71 prosenttia kaikista päästöistä. Tilastot kattavat mittaukset vuodesta 1988, jolloin hallitustenvälinen ilmastopaneeli IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) perustettiin. Fossiilisten polttoaineiden osalta päästöt viimeisen 28 vuoden ajalta ovat yhtä suuret kuin sitä edeltäneeltä 237 vuodelta. Vuoden 1988 jälkeen yli puolet koko maailman kasvihuonekaasupäästöistä on syntynyt vain 25 yksityisten tai valtioiden omistaman yrityksen toimista. (CDP 2017, 2.)

20 suurinta kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttajaa ovat öljy- ja kivihiihiyhtiöitä, joiden tuottamalla fossiilisilla polttoaineilla mekin ajamme autoja ja lämmitämme talojamme, vastuu on siis myös meillä (Optiwatti 2019). Myös teollisuus käyttää energiaa, joten myös tavarat aiheuttavat kasvihuonekaasupäästöjä.

Eniten hiilidioksidipäästöjä aiheuttavat maat ovat suuruusjärjestyksessä Kiina, Yhdysvallat, Intia, Venäjä ja Japani (Suomen YK-liitto 2018).

Valtioista varsinkin Kiinan ja Intian valtava väkimäärä yhdistettynä nopeaan elintason kasvuun kehittää päästömääriä uhkaavaa vauhtia (Optiwatti 2019).

### 3.1 Huomionarvoisia hiilijalanjälkiä

Jotta kasvihuonepäästöjen määrää ja syntyä omassa elämässään voisi ymmärtää paremmin, esitellään alla esimerkkejä eri tuotteiden ja palveluiden kasvihuonepäästöjen määrästä. Lähteenä on käytetty englantilaisen hiilijalanjälkitutkijan ja kirjailijan Mike Berners-Leen kirjoittamaa *How bad are bananas? – The carbon footprint of everything* -tietokirjaa. Mike Berners-Lee toimii professorina Lancasterin yliopistossa, ja häntä pidetään yhtenä maailman johtavana hiilijalanjälkiasiantuntijana.

Kirjailija itse kuvailee hiilijalanjälkilaskelmiensa olevan kaikkea muuta kuin tarkka prosessi, riippumatta siitä millaisia kuullut tai luetut arviot tuotteiden hiilijalanjäljestä ovat. Hänen käyttämänsä numerot ovat vain parhaita arvioita, ei mitään muuta, vaikka Berners-Lee onkin päätenyt niihin mahdollisimman huolellisella ja tarkalla työllä. (Berners-Lee 2020, 175.)

Laskemien taustalla on lukuisia menetelmiä ja lähteitä, useita julkisia tietojoukkoja ja malleja sekä tutkimuksia ja raportteja, joita Berners-Lee on itse tehnyt eri toimialoille. Usein tulokset on vertailtu eri laskentatavoin, jotta tulokset ovat keskenään yhtäläisiä. (Berners-Lee 2020, 175.)

### 3.1.1 Maailma

Ihmiskunnan aiheuttama hiilijalanjälki oli vuonna 2018 56 miljardia tonnia CO<sub>2</sub>e (Berners-Lee 2020,146).

Yllättäen maailman vuosittaiset hiilidioksidipäästöt ja hiilijalanjälki kasvavat yhä, ikään kuin ihmiset eivät olisi kuulleetkaan ilmastomuutoksesta. Hiilijalanjälki on yli kaksinkertaistunut siitä, kun IPCC vuonna 1988 alkoi mitata maailmanlaajuisista hiilijalanjälkeä. (Berners-Lee 2020,146.)

### 3.1.2 Fossiiliset polttoaineet

Tämä on kaikkein tärkeintä! Fossiilisten polttoaineiden varantojen on pysyttävä maassa. (Berners-Lee 2020,148.)

Fossiilisten polttoaineiden todistettujen varantojen polttaminen aiheuttaa 5,3 biljoonan tonnin CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen. Tämä käsittää perinteisen hiilen, öljyn ja maakaasun. (Berners-Lee 2020,148.)

Jos tähän lisätään öljyhiekka ja liuskeöljy, luku lähes tuplaantuu 9.3 biljoonaan tonniin. Jos fossiilisten polttoaineiden kaikki arvioidut hyödynnettävät varannot poltetaan maailmanlaajuisesti, aiheutuu siitä 45 biljoonan tonnin CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjälki. (Berners-Lee 2020,148.)

### 3.1.3 Musta hiili

Musta hiili aiheuttaa 9 miljardin tonnin CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen maailmanlaajuisesti vuodessa (Berners-Lee 2020,144).

Mustaa hiiltä (eli nokea) harvemmin mainitaan hiilijalanjäljestä puhuttaessa, mutta se aiheuttaa noin 16 prosenttia maailmanlaajuisista päästöistä. Nokea syntyy epätäydellisestä palamisesta. Tästä 42 prosenttia syntyy erilaisista maastopaloista, 25 prosenttia puun ja muiden orgaanisten aineiden polttamisesta kodeissa, toinen 25 prosenttia liikenteen päästöistä (pääasiassa dieselistä) ja noin 10 prosenttia syntyy hiilivoimaloissa. (Berners-Lee 2020,144.)

Mustan hiilen usein unohdettu vaikutus on valtava, ja jotkut tutkijat pitävät sitä ilmastovaikutukseltaan toiseksi suurimpana hiilidioksidipäästöjen jälkeen. Sitä on tutkittu vähän, eikä sen päästöjen määritelmästä tai mittauksesta ole päästy sopuun. (Berners-Lee 2020,144.)

Musta hiili vaikuttaa maapallon lämpenemiseen kahdella tavalla. Ilmakehässä se edistää kasvihuoneilmiötä, ja maan pinnalla se muuttaa lumen ja jään harmaaksi, mikä aikaansaa auringon lämmittävän vaikutuksen voimistumisen. (Berners-Lee 2020,144.)

Hyvä uutinen on, että musta hiili säilyy ilmakehässä vain päiviä, joten jos voimme vähentää sen syntymistä, ovat vaikutukset välittömiä. (Berners-Lee 2020,144.)

### 3.1.4 Metsäpalot

Metsäpalot aiheuttivat vuonna 2019 8,6 miljardin tonnin CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen (Berners-Lee 2020,139).

Pelkästään Australian vuoden 2019 maastopalot aiheuttivat 923 miljoonan tonnin CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen. Tämä oli noin kaksi prosenttia koko maapallon hiilijalanjäljestä vuonna 2019. (Berners-Lee 2020,139.)

Metsäpalojen lisääntyminen on lähes varmasti ilmastonmuutoksesta johtuvaa ja todennäköisesti vain makupala tulevasta. Vuonna 2019 Amazonin metsäpalot lisääntyivät 75 prosentilla, ja joissain ennusteissa Amazonin valtava hiilinielu saattaa tulevaisuudessa muuttua hiilidioksidin lähteeksi, varsinkin jos ihminen



jatkaa metsien tarkoituksellista polttoa täydentäen ilmastonmuutoksen aiheuttamia metsäpaloja. (Berners-Lee 2020,139.)

### 3.1.5 Metsien hävittäminen

Metsien hävittäminen aiheuttaa 5–10 miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen maailmanlaajuisesti vuodessa (Berners-Lee 2020,142).

Yhden hehtaarin metsäalan hävittäminen aiheuttaa 1000–2000 tonnin CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen. Se vastaa autolla ajamista maailman ympäri 50–100 kertaa. (Berners-Lee 2020,142.)

Hehtaarin ala on 100 metriä kertaa 100 metriä. Neliökilometrissä on sata hehtaaria. Tällä hetkellä maailmassa on noin neljä miljardia hehtaaria metsää, noin 25 prosenttia maapallon maapinta-alasta ja se säilöo noin biljoona tonnia (1 000 000 000 000 000 kilogrammaa) hiiltä. Metsät ovat yksi maailman tärkeimmistä hiilinieluista yhdessä soiden ja kosteikkojen kanssa. (Berners-Lee 2020,142.)

### 3.1.6 Uusi auto

Uuden auton valmistuksen hiilijalanjälki on hyvin hankala laskea. Tässä Berners-Leen arvioita uuden auton valmistuksen aiheuttamasta hiilijalanjäljestä.

- Citroen C1 tai Peugeot 107 tai vastaava pikkuauto aiheuttaa noin 4000 kilogramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen
- Ford Focus Titanium aiheuttaa noin 8000 kilogramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen
- Renault Zoe täyssähköauto aiheuttaa noin 11000 kilogramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen
- Toyota Prius lataushybridi aiheuttaa noin 12000 kilogramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen
- Range Rover Sport HSE aiheuttaa 25000 kilogramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen.

(Berners-Lee 2020, 119.)

Auton valmistamisessa on niin monia vaiheita, että on mahdotonta laskea kaikkea yhtälöön. Arviot perustuvat keskiarvoihin. (Berners-Lee 2020, 119.)

### 3.1.7 Autolla ajaminen

Yhden mailin eli noin 1,6 kilometrin ajaminen autolla aiheuttaa arvion mukaan alla esitetyn hiilijalanjäljen.

- 180 gramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen keskikokoisella viisiovisella sähköautolla
- 290 gramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen pikkuautolla ajettaessa tasaista 60 mailia tunnissa, eli noin 96 kilometriä tunnissa nopeutta
- 530 gramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen Yhdistyneiden kuningaskuntien keskiverto autolla, jolla pääsee 36 mailia gallonalla, eli keskikulutus on noin 6,5 litraa sadalla
- 1260 gramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen uudehkolla Range Rover Sportilla ajettaessa 90 mailin, eli noin 144 kilometrin tuntinopeudella.

(Berners-Lee, 53.)

Arvot ovat korkeampia kuin yleensä nähtävät, koska niihin sisältyvät myös polttoaineen hankinnan, jalostuksen ja kuljetuksen sekä sen polttamisesta aiheutuvat päästöt. Lisäksi huomioidaan itse ajoneuvon valmistuksesta ja huolloista aiheutuva hiilijalanjälki. (Berners-Lee 2020, 53.)

### 3.1.8 Banaani

Ruuantuotanto aiheutti yli kolmanneksen kaikista ihmisen aiheuttamista kasvihuonepäästöistä vuonna 2015 (Tandon 2021). Berners-Leen kirjan nimi herättää mielenkiinnon juuri banaanin hiilijalanjäljestä, ja esitän sen luomassa mittakaavaa varsinaisesti tutkittaville hiilijalanjäljille.

Banaanin hiilijalanjälki on noin 110 grammaa CO<sub>2</sub>e per yksittäinen banaani tai noin 670 grammaa CO<sub>2</sub>e per kilogramma (Berners-Lee 2020, 37).

Banaanit ovat hyvää ruokaa hiilijalanjäljestään välittävälle. Niitä kasvatetaan ulkona auringonvalossa ilman kastelua. Ne säilyvät hyvin, joten vaikka ne

kasvatetaan yleensä kaukana loppukäyttäjistä, kuljetus tapahtuu kuitenkin laivoilla, joiden hiilijalanjälki on vain noin yhden prosentin luokkaa lentorahdin hiilijalanjäljestä. Pakkausmateriaalia kuluu hyvin vähän, koska banaanilla on luontainen kuori ja lisäksi usein on tarjolla myös "reilun kaupan" versio. Toki banaaniinkin liittyy ympäristöongelmia. Ympäristön kannalta huonoimmat banaanit ovat kuitenkin ne, jotka ostat, mutta jätät syömättä. Yhdistyneessä kuningaskunnassa jopa 22 prosenttia ruuasta jää käyttämättä. (Berners-Lee 2020, 37.)

## 3.2 Tieto- ja viestintätekniikka-alan hiilijalanjälkiä

### 3.2.1 Maailman tieto- ja viestintätekniikka-ala

Maailman tieto- ja viestintätekniikka-alan hiilijalanjälki on arviolta 1,4 miljardia tonnia CO<sub>2</sub>e sisältäen koko maailman kaikki käyttäjälaitteet, datakeskukset, verkot ja TV:n (Berners-Lee 2020, 140).

Maailman tieto- ja viestintätekniikka-ala aiheuttaa nyt noin 2,5 prosenttia koko maailman hiilijalanjäljestä (Berners-Lee 2020, 140).

Elämme digitaalista aikaa, joten on oletettavaakin, että tieto- ja viestintätekniikka-alan päästöt ovat suuret. Luvut ovat hämmästyttävät, ja koko maailman tieto- ja viestintätekniikka-alan 1,4 miljardin tonnin hiilijalanjälki jakautuu karkeasti kolmeen osaan. Yksi osa sisältää puhelimet, tabletit ja tietokoneet. Toinen syntyy TV:stä ja loppu datakeskuksista ja verkoista. Järkyttävää on, että kryptovaluuttojen osuus tästä kokonaisuudesta on noin 5 prosenttia. (Berners-Lee 2020, 140.)

Nämä arviot syntyvät verrattain vähäisestä tutkimusmateriaalista koskien tieto- ja viestintätekniikka-alan hiilijalanjälkeä. On äärimmäisen vaikeaa laskea tarkkoja lukuja alalle, joka käsittää kaiken TV-laitteista ja niiden lähetysverkoista tietokoneisiin, puhelimiin, tabletteihin, pelikonsoleihin, tietokeskuksiin ja verkkoihin. Laskelmiin on sisällytetty kulutettu sähkö maailmanlaajuisista

keskimääräistä hiili-intensiteettiä käyttäen sekä laitteiden valmistuksen ja hävittämisen arvioitu hiilijalanjälki. (Berners-Lee 2020, 140.)

Arvio ei sisällä esineiden internetiä (IoT), koska kaiken huomioiminen autoista pesukoneisiin tuntuu täysin mahdottomalta. Tietoverkkojen ja -keskusten osalta energiankulutus on hallitseva tekijä, kun taas käyttäjälaitteissa suurin hiilijalanjälki syntyy laitteiden valmistuksesta. (Berners-Lee 2020, 140.)

Keskustelua käydään tieto- ja viestintätekniikka-alan hiilijalanjäljen tulevaisuudesta. Jatkaako se nousuaan, tasaantuuko vai laskeeko? Myös siitä keskustellaan lisääkö tieto- ja viestintätekniikka-ala kokonaisuudessaan maailman laajuisia päästöjä vai vähentääkö se niitä tehostamalla kaiken tekemistä. (Berners-Lee 2020, 141.)

Tulevaisuudessa tieto- ja viestintätekniikka -alan arvioidaan jatkavan kasvuaan, ja sen hiilijalanjälki pienenee vain, jos teollisuus pienentää sitä. Jotkut teknologiayritykset ovat alkaneet tehdä sen suuntaisia lupauksia, mutta jää nähtäväksi, riittääkö alan itsesääntely. Ja vaikkei tieto- ja viestintätekniikka-ala automaattisesti vähennä hiiltä muualla taloudessa, se voi kuitenkin helpottaa päästöjen vähentämistä merkittävästi, jos lopulta päätämme jättää fossiiliset polttoaineet maahan. (Berners-Lee 2020, 142.)

### 3.2.2 Pilvipalvelut ja palvelinkeskukset

Pilvipalveluiden ja palvelinkeskusten kasvihuonekaasupäästöt olivat noin 160 miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>e vuonna 2020 (Berners-Lee 2020, 134).

Palvelinkeskukset käyttivät noin yhden prosentin koko maailman sähköntuotannosta ja aiheuttivat noin 0,25 prosenttia hiilijalanjäljestä vuonna 2020 (Berners-Lee 2020, 47).

Palvelinkeskukset ovat rakennuksia täynnä tietokoneita, jotka mahdollistavat tietoyhteiskunnan toiminnan. Ne ylläpitävät pilvipalveluita, joihin varastoidaan kaikki verkkosivut, tietokannat, sovellukset, kuvat, videot ja muu ladattava sisältö. Kuten olettaa saattaa, sähköä kuluu valtavasti sekä koneiden käyttöön

että niiden viilentämiseen. Kun ihmisten digitaalisen sisällön kulutus kasvaa entisestään, kasvaa myös heidän aiheuttamansa hiilijalanjälki. (Berners-Lee 2020, 134–135.)

Kymmenen vuotta sitten palvelinkeskukset aiheuttivat noin 130 miljoonan tonnin CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen, ja tämän ennustettiin jopa kaksinkertaistuvan tähän päivään mennessä. Hiilijalanjälki on kuitenkin kasvanut vain alle neljänneksellä, koska palvelukapasiteetin kasvu on ollut vain hieman suurempaa kuin energiatehokkuuden kehitys ja uusiutuvan energiankäytön kasvu. (Berners-Lee 2020, 135.)

On mielenkiintoista havaita, että Yhdistyneiden kuningaskuntien hiilijalanjäljestä noin yksi prosentti syntyy paperisista julkaisuista. Suora vertailu on verrattain hankalaa, mutta voisi olettaa, että kun digitaaliset julkaisut korvaavat paperisia, aiheuttaisi se pienemmän hiilijalanjäljen. Näin ei kuitenkaan välttämättä ole, koska tiedon lisääntyessä ja sen käytön muuttuessa halvemmassi käytämme sitä enemmän. Maailmanlaajuinen tietomäärä kasvaa uskomattoman nopeasti, mutta myös oletuksemme sen käyttöön muuttuu. Otamme, lähetämme ja tallennamme lukuisia korkearesoluutioisia kuvia ja videoita asiaa sen kummemmin harkitsematta ja katsomme näitä myös välittömästi tuntiessamme pienintäkään tarvetta. Nykyään odotamme saavamme koko maailman kaiken tiedon käyttöömme silmänräpäyksessä. (Berners-Lee 2020, 135.)

Hiilijalanjälki kasvaa katastrofaalisesti, jos lataamme tässä määrin digitaalista tietoa vain tulostaaksemme sen itse paperille (Berners-Lee 2020, 135). Kukaan tuskin toimii näin, mutta Berners-Lee esittää tämän esimerkkinä siitä, että digitaalisuus ei ole kokonaan korvannut paperia (Berners-Lee 2020, 135–136).

### 3.2.3 Sähköposti

Sähköpostiliikenteen päästöt syntyvät sähköstä, jota tarvitaan prosessin kaikissa vaiheissa. Laitteista, joilla ne kirjoitetaan ja luetaan, verkosta ja datakeskuksista. Molempien päiden laitteet ovat suurimmat päästöjen aiheuttajat. Älypuhelimien päästöt edustavat 84:ää prosenttia koko ketjun

päästöistä lyhyen sähköpostin osalta. Prosenttiosuus kasvaa entisestään, jos käytetään kannettavia tai pöytätietokoneita. (Berners-Lee 2020, 18.)

- 0,03 gramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjälki syntyy roskapostisuodattimen suodattamasta sähköpostista
- 0,2 gramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjälki syntyy matkapuhelimesta toiseen lähetetystä lyhyestä sähköpostista
- 0,3 gramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjälki syntyy kannettavasta tietokoneesta toiseen lähetetystä lyhyestä sähköpostista
- 17 gramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjälki syntyy kannettavasta tietokoneesta toiseen lähetetystä pitkästä sähköpostista, jonka kirjoittamiseen menee 10 minuuttia ja lukemiseen 3 minuuttia
- 26 gramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjälki syntyy sähköpostista, jonka kirjoittamiseen menee 10 minuuttia ja lukemiseen 3 minuuttia, lähetettynä 100 vastaanottajalle, joista yksi lukee sen ja 99 vastaanottajalla kestää kolme sekuntia ymmärtää jättää se huomiotta.

(Berners-Lee 2020, 17.)

### 3.2.4 Älypuhelin

Älypuhelimet aiheuttavat noin yhden prosentin maailmanlaajuisista päästöistä. Niitä käytetään keskimäärin 20 prosenttia valveillaoloajasta. Arvioissa on huomioitu sähkönkulutus, valmistus, verkkotoiminta ja datakeskukset, joihin puhelimet ovat yhteydessä. (Berners-Lee 2020, 116.)

Kaikkien matkapuhelimien aiheuttama hiilijalanjälki on maailmanlaajuisesti noin 690 miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>e (Berners-Lee 2020, 116).

Tyypillinen älypuhelin yhdistettynä internetiin aiheuttaa keskimäärin 1 gramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen minuutissa (Berners-Lee 2020, 97).

Laskemassa on käytetty arviona puhelimen keskimääräistä käyttötapaa huomioiden laitteen energiankulutus, valmistus, kuljetus sekä palvelinkeskukset ja verkot, joihin puhelin yhdistyy (Berners-Lee 2020, 97).

Suurin osa hiilijalanjäljestä syntyy puhelinten valmistuksesta ja kuljetuksesta kuluttajille. Erityisesti harvinaisten metallien tarve siruja ja emolevyjä varten aiheuttaa kaivostoiminnassa päästöjä, ja kuluttajat vaihtavat puhelimensa usein uuteen paljon ennen todellista tarvetta. Puhelimen käytön hiilijalanjälki vastaisi valmistuksen hiilijalanjälkeä vasta 34 vuoden käytöllä. Pitämällä puhelinta pidempään, ostamalla käytetyn puhelimen ja myymällä tai kierrättämällä vanhan pystyy vaikuttamaan sen aiheuttamaan hiilijalanjälkeen merkittävästi. (Berners-Lee 2020, 116–118.)

Yhden tunnin käyttö päivässä aikaansaa noin 63 kilogramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen vuodessa (Berners-Lee 2020, 116).

Keskimääräinen 195 minuutin päivittäiskäyttö aiheuttaa noin 69 kilogramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen vuodessa. Tästä vain noin yksi prosentti aiheutuu sähkönkulutuksesta. Itse puhelin aiheuttaa päästöistä 77 prosenttia ja verkkotoiminta ja datakeskukset n. 22 prosenttia. (Berners-Lee 2020, 117.) Tässä yhtälössä 128 gigatavun muistilla varustetun iPhone 11 puhelimen valmistuksesta syntyy 53 kilogramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjälki vuodessa, jos puhelimen käyttöikä on kaksi vuotta. Käyttämällä tätä vakiona ymmärretään, että itse puhelimen käyttö internetiin yhdistettynä aiheuttaa siis 10 kilogramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen tunnin päivittäiskäytöllä vuodessa ja vastaavasti 16 kilogramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen 195 minuutin keskimääräisellä käytöllä.

Jos älypuhelin käyttää kymmenen tuntia päivässä, on hiilijalanjälki noin 86 kilogrammaa CO<sub>2</sub>e vuodessa (Berners-Lee 2020, 116).

### 3.2.5 Tietokone

Tietokoneen valmistus aiheuttaa melko korkean hiilijalanjäljen, saman kuin lento Lontoosta Roomaan, mutta sen käyttö on aika vähäpäästöistä. HP, Dell ja Apple ilmoittavat kaikki tuotteidensa elinkaaren hiilipäästöt, mutta arvioiden mukaan niistä puuttuu noin 40 prosenttia laskuvirheistä johtuen. Apple puhuu vaikutusten pienentämisestä vähentämällä tuotteiden painoa ja käyttämällä uusiutuvaa energiaa alumiinin tuotannossa. Kaikki tämä auttaa, mutta

raakamateriaalit ovat vain pieni osa ongelmaa. Jos kannettava tietokone olisi vain muovia, terästä ja puolijohteita, sen hiilijalanjälki olisi vain noin 10 kilogrammaa CO<sub>2</sub>e. Haasteena ovat mikroprosessorit, joiden hiilijalanjälki on noin 5 kilogrammaa CO<sub>2</sub>e 2g-sirulle johtuen valmistuksen vaatimista korkean teknologian prosesseista ja äärimmäisistä puhtausvaatimuksista. Apple korostaa myös pakkausmateriaalien vähentämistä, mikä toki sekin on hyvä asia, mutta vaikuttaa kokonaisuuteen kuitenkin vain marginaalisesti. (Berners-Lee 2020, 109.)

On vaikea neuvoa, millainen tietokone aiheuttaa pienimmän hiilijalanjäljen. Kalliimpi kone kestää ehkä pidempään, ja tärkeintä onkin käyttää konetta niin pitkään kuin suinkin. Jos se hajoaa, korjauta se, ja kun vaihdat koneen uuteen, anna vanha eteenpäin. (Berners-Lee 2020, 110.)

- 13-tuumaisen MacBook Pro 128 gigatavun muistilla aiheuttaa 326 kilogramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen valmistuksen osalta ja noin 2 gramman hiilijalanjäljen jokaista käyttötuntia kohden
- 14-tuumaisen edullinen HP:n Chromebook 14g5 aiheuttaa 329 kilogramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen valmistuksen osalta ja noin 6 gramman hiilijalanjäljen jokaista käyttötuntia kohden
- 16-tuumaisen MacBook Pro yhden teratavun muistilla aiheuttaa 620 kilogramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen valmistuksen osalta ja noin 3 gramman hiilijalanjäljen jokaista käyttötuntia kohden
- 15-tuumaisen Dell Precision 5530 256 gigatavun muistilla aiheuttaa 475 kilogramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen valmistuksen osalta. Käytön osalta keskiverto kannettava tietokone aiheuttaa noin 10 gramman CO<sub>2</sub>e hiilijalanjäljen tunnissa
- Pöytätietokone näytöllä aiheuttaa noin 50 gramman CO<sub>2</sub>e hiilijalanjäljen ja pelikone 68 gramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen tunnissa ilman laitteen valmistuksesta aiheutuvia päästöjä.

(Berners-Lee 2020, 109.)

Näihin lisätään noin 22 gramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjälki tunnissa verkoista ja palvelimista (Berners-Lee 2020, 109).

128 gigatavun muistilla varustetun 13-tuumaisen MacBook Pron, jota pidät neljä vuotta ja käytät kolme tuntia päivässä, hiilijalanjälki jakautuu siten, että koneen valmistuksen osuus on 83 prosenttia, verkkojen, palvelinten ja datakeskusten



osuus on 15 prosenttia ja laitteen sähkönkulutuksen osuus on 2 prosenttia. (Berners-Lee 2020, 110.)

Kyseisen laitteen valmistus ja kuljetus aiheuttaa 326 kilogramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen. Tästä muodostettu yhtälö on hieman monimutkainen, mutta käyttövuodet ja -tunnit huomioiden saamme aikaan laskutoimituksen  $326 / (4 * 365 * 3) = 74,4$  grammaa CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjälki tunnissa laitteen osalta. Laite edustaa Berners-Leen mukaan 83 prosenttia käytön hiilijalanjäljestä, joten voidaan laskea  $74,4 / 0,83 = 89,67 \approx 90$  gramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjälki tunnissa ja siis noin 1,5 gramman (90 g / 60) CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjälki minuutissa huomioiden laitteen energiankulutus, valmistus, kuljetus sekä palvelinkeskukset ja verkot. MacBook Pron käyttöikä on Berners-Leen arvioissa neljä vuotta eli kaksinkertainen älypuhelimeen verrattuna, ja vaikuttaa oleellisesti myös lopulliseen hiilijalanjäljen arvioon.

Tietokoneen käyttö on siis aika vähäpäästöistä. Apple kertoo MacBook Pron kuluttavan sähköä noin 5,8 wattia käytössä ja virtalähteen olevan noin 90 prosenttisen energiatehokas, joten kokonaiskulutus on noin 6,4 wattia. Näin ollen hiilijalanjäljen määrä Englannissa on noin 2 grammaa CO<sub>2</sub>e tunnissa laitteen energiankulutuksen osalta. Tämä tarkoittaa sitä, että konetta pitäisi käyttää Englannissa jopa 150000 tuntia, ennen kuin käytön päästöt vastaisivat koneen valmistuksesta syntyneitä. (Berners-Lee 2020, 110.)

Konetta valitessa kannattaa kiinnittää huomiota sen sähkönkulutukseen, varsinkin jos käyttää sitä paljon. Yleensä kannettavat tietokoneet kuluttavat vähemmän. Jos et käytä konetta, laita se lepotilaan, sammuta tai irroita virtalähdekin, jos sitä vaaditaan koko kulutuksen pysäyttämiseksi. (Berners-Lee 2020, 110.)

### 3.3 Paperilehden hiilijalanjälki

On hämmästyttävää, kuinka valtavasti energiaa kuluttavaa sanomalehtituotanto on. Luvuissa ei ole mukana itse journalismin aiheuttamaa hiilijalanjälkeä.

(Berners-Lee 2020, 46.) Alla Berners-Leen arvioita yksittäisen paperilehden hiilijalanjäljestä.

- Guardian Weekly, viikoittain ilmestyvä aikakauslehti, kierrätettynä hiilijalanjälki on noin 190 grammaa CO<sub>2</sub>e.
- Sun, kuukausittain ilmestyvä tabloid-lehti, kierrätettynä hiilijalanjälki on noin 220 grammaa CO<sub>2</sub>e.
- Daily Mail, päivittäin ilmestyvä sanomalehti, kierrätettynä hiilijalanjälki on noin 320 grammaa CO<sub>2</sub>e.
- The Guardian, päivittäin ilmestyvä sanomalehti, kierrätettynä hiilijalanjälki on noin 370 grammaa CO<sub>2</sub>e.
- Viikonlopun sanomalehti liitteineen, kierrätettynä hiilijalanjälki on noin 1900 grammaa CO<sub>2</sub>e.
- Viikonlopun sanomalehti liitteineen, kaatopaikalle heitettynä hiilijalanjälki on noin 4700 grammaa CO<sub>2</sub>e.

(Berners-Lee 2020, 46.)

Joka viikko tilattu viikonlopun sanomalehti liitteineen (keskimäärin noin 1,25 kilogrammaa) saattaa nostaa Berners-Leen tavoittelemaa 5000 kilogramman vuosittaista CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjälkeä peräti viidellä prosentilla, jos lehteä ei kierrätä (Berners-Lee 2020, 47). Keskivertosuomalaisen hiilijalanjälki on 10300 kilogrammaa CO<sub>2</sub>e vuodessa (Sitra 2018). Ohut viikkolehti on hyvä tapa vähentää päästöjä. Toinen on lukea uutiset verkosta, josta syntyy noin 1 gramma päästöjä minuutissa älypuhelimella tai hieman enemmän tabletilla, ja näin pienentää omaa hiilijalanjälkeään merkittävästi, ellei sitten lue yhden lehden uutisia yli kolmea tuntia päivässä. (Berners-Lee 2020, 47.)

Paperin kierrättäminen on tärkeää kahdesta syystä. Jos paperi heitetään kaatopaikalle, se vapauttaa metaania mädäntyessään. Lisäksi uutta paperia täytyy valmistaa hävitettyä paperia vastaava määrä, joten paperin heittäminen tavallisen jätteen sekaan yli kaksinkertaistaa sen hiilijalanjäljen. (Berners-Lee 2020, 47.)

VTT on laskenut vuonna 2010 Suomessa valmistetun, käytetyn ja kierrätetyn yksittäisen sanomalehden (48 sivua) hiilijalanjäljeksi keskimäärin 210 grammaa

CO<sub>2</sub>e. Vuonna 2010 noin 16 prosenttia luetuista sanomalehdistä päätyi kaatopaikalle, 79 prosenttia kierrätettiin ja 5 prosenttia poltettiin. (VTT 2010.)

Toisaalla uudemmat arviot hieman poikkeavat edellisistä:

Suomessa kulutetusta paperista 85 prosenttia päätyy kierrätykseen. Jokaista asukasta kohden heitetään lähes 7 kilogrammaa kierrätyskelpoista paperia sekajätteeseen. (Content Pool 2020.)

## 4 Näköislehti

ePaper Finland Oy on vuonna 2008 perustettu suomalainen teknologiayritys. Yritys on keskittynyt tarjoamaan digitaalisia palveluita kustantajille ja erilaisille operaattoreille.

Palveluita ovat mm. näköislehdet, niiden tilaajahallinta, sovellukset ja verkkosivujen maksumuurit sekä Lehtiluukku.fi-, ePress.fi- ja eMagz.fi-palvelut, joissa julkaistaan suurin osa Suomen tilatuimmista sanoma- ja aikakauslehdistä näköisversioina.

“NÄKÖISLEHTI – Lehden digitaalinen näköispainos (replica), jossa on sama sisältö myös mainonnan osalta kuin painetussa numerossa.”

(MediaAuditFinland 2021).

Näköislehti on siis paperille painetun lehden digitaalinen versio verkossa, jota voidaan lukea nykyaikaisilla tietokoneilla, tableteilla ja älypuhelimilla. Näköislehti vastaa ulkoasultaan painettua paperilehteä.

Näköislehdellä tarkoitetaan tässä opinnäytetyössä lehden painolaatuisesta PDF-tiedostosta tehtyä näköisversiota. Lähde on siis sama PDF-tiedosto molempiin versioihin, painettuun lehteen ja näköisversioon. PDF-tiedosto toimitetaan palvelimelle, joko painon tai näköislehtituottajan, joten sitä ennen prosessissa ei ole hiilijalanjäljen laskennan kannalta eroja.

Nykyiset EPF:n näköislehdet on toteutettu HTML5-tekniikalla, ja ne toimivat suoraan päätelaitteiden selainohjelmissa, eikä erillisen ohjelman asennusta sen lukemiseen vaadita. Näköislehden edut verrattuna PDF-tiedostoon ovat mm. pienempi koko, lyhyemmät latausajat, kevyempi käsiteltävyys ja sujuvampi lukukokemus.

Useille lehdille näköislehti tarkoitti pitkään kustantajan koko digitaalista sisältöä. Näköislehti oli helppo ja käytännössä ainoa mahdollinen tapa julkaista paperilehteä varten tuotettua sisältöä digitaalisena ja kustannustehokkaasti.

Muuhun ei ollut tahtoa, resursseja eikä taitoja. Näköislehti oli kuluttajallekin helppo siirtyä uuteen julkaisukanavaan käyttöliittymän mukaillessa perinteistä paperilehteä. (Ikonen 30.9.2021.)

Näköislehteen on eri kehitysversioissa tuotu monenlaista lisuketta, kuten videoita, kuvagallerioita ja erilaisia interaktiivisia sisältöjä. Kokemuksemme mukaan niiden käyttö lukijoiden parissa on kuitenkin niin vähäistä, että työ on turhaa. Parempaan lopputulokseen kaikkien, eli lukijan, kustantajan ja näköislehden toimittajan kannalta päästään, kun prosessista saadaan mahdollisimman helppo ja automaattinen ja lukukokemuksesta paperilehteä jäljittelevä, kevyt ja sujuva. Varmin tapa ehkäistä lukijoiden siirtymää digiin on tehdä lukukokemuksesta outo, hankala ja kankea. (Ikonen 30.9.2021.)

Näköislehden etuna paperilehteen on paino- ja jakelukulujen merkittävä väheneminen. Lisäksi lehti saadaan kaikille käyttäjille samanaikaisesti pitkienkin matkojen päähän. (Ikonen 30.9.2021.)

#### 4.1 Arkisto

Merkittävänä etuna voidaan pitää myös arkistoa. Käyttäjälle voidaan tarjota koko lehden arkisto helposti hallittavana. Arkisto mielletään usein vain lehden vanhoiksi numeroiksi. Arvo on kuitenkin varsinaisia historiallisia lehtiä suurempi, koska harvoin vaikkapa uutta autoa tai televisiota ostaessasi juuri kyseisen mallin vertailu tai testi on minkään lehden uusimmassa numerossa. Useimmiten testi kyllä löytyy, mutta jostain hieman vanhemmasta numerosta. Vanhoja numeroita on aiemmin ollut hyvin vaikeaa, ellei mahdotonta ostaa mistään. Näköisversio sen sijaan on helposti muutamalla klikkauksella hankittavissa. Hakutoiminnot sekä arkistoon että yksittäisen lehden sisältöön helpottavat käyttöä. (Ikonen 30.9.2021.)

Applen julkaistua ensimmäisen tabletin syntyi varsinainen digilehtibuumi. Kustantajat ja kuluttajatkin halusivat uusille laitteille laitteen ominaisuuksia hyödyntäviä sovelluksia. Syntyi lukuisia digilehtiä, joissa eteneminen oli enemmän tai vähemmän loogista. Kuvia ja videoita avautui eri suunnista.

Vaikka näköislehden voidaankin ajatella olevan vain kuvia paperilehden sivuista, on sille syntynyt vakaa kysyntä. Eri laitteille skaalautuvat sivut ja laitteiden omia käyttöeleitä tottelevat sivunvaihdot ja suurennus ym. tekevät lukukokemuksesta miellyttävän ja lehti sekä sen arkistonumerot ovat aina käyttäjän mukana, toisin kuin paperilehti. Näköislehdelle on kysyntää ja paikkansa niin kauan kuin paperilehtiä painetaan. (Ikonen 30.9.2021.)

## 4.2 Vertailu uutisvirtaan

Näköislehti on lukijalle yhä tuttu kokonaispaketti ja lukija tietää, kuinka lehdessä edetään, mistä se alkaa ja mihin se loppuu. Lukija tietää, kun päivän uutiset on luettu, eikä uusia uutisia tarvitse verkkosivujen uutisvirran tapaan odottaa tai tarkkailla. Kun lehti on luettu, on kaikki uutisetkin luettu. (Ikonen 30.9.2021.)

Myös jo tehty taittotyö, jossa lehdelle luodaan visuaalinen ilme ja artikkelit arvotetaan mm. kuvien ja otsikoiden koon mukaan, säilyy ennallaan.

Verkkosivun tai sovelluksen uutisvirrassa tämä on huomattavasti hankalampaa, ja vähintäänkin jo paperilehteä varten tehty taittotyö täytyy tehdä uudelleen. (Ikonen 30.9.2021.)

## 4.3 Sovellukset

Android- ja ios-laitteille on tehty myös erillisiä näköislehden lukemiseen tehtyjä sovelluksia. Sovellukset voivat olla yhdelle lehdelle tehtyjä puhtaita näköislehtisovelluksia, jolloin sovellus helpottaa näköislehden jakelua ja lukemista, tai laajempia uutissovelluksia, joissa myös muuta verkon sisältöä on tuotu sovellukseen käyttäjän helpommin saataville ja näköislehti on vain osa tätä kokonaisuutta. Lisäksi on sovelluksia, joissa ilmestyy useita näköislehtiä samassa sovelluksessa. Sovelluksissa näköislehti voidaan usein ladata laitteen muistiin, jolloin verkkoyhteyttä ei enää tarvita varsinaiseen lehden lukemiseen. (Ikonen 30.9.2021.)

#### 4.4 Aineiston julkaisukäytäntö

Kustantaja ja EPF sopivat yhdessä painokelpoisen aineiston siirtotavan, tiedostojen nimeämiskäytännön, hinnoittelun ja julkaisuaikataulun.

Kustantaja siirtää painokelpoisen PDF-tiedoston EPF:n FTP-palvelimelle. Tiedosto voidaan lähettää yhtenä PDF-tiedostona tai jokainen sivu omanaan. Tämä vaihe on useilla kustantajilla automatisoitu siten, että painoon lähetettävä tiedosto lähetetään automaattisesti myös EPF:n palvelimelle. EPF valvoo FTP-palvelinta ja lähettää tarvittaessa ilmoituksen valittuihin sähköpostiosoitteisiin aineiston saavuttua.

Jokaiselle lehdelle on määritelty oma yksilöllinen julkaisuautomaatti, joka tarkkailee FTP-palvelinta ja aineiston saavuttua alkaa prosessoida sitä.

Esikäsittelyssä PDF-tiedostot tarkistetaan, sivut yhdistetään, suoritetaan värienhallintaa ja painoa varten määritetyt leikkuuvarat poistetaan. Seuraavaksi muodostetaan näköislehteen liittyvät metatiedot. Näitä ovat mm. lehden numeron, nimen ja julkaisuajan muodostaminen PDF-tiedoston tiedostonimen perusteella. Konversioparametrit, kuten resoluutio ja pakkauslaatu määritellään.

Seuraavaksi sisällönhallintapalvelin allokoii julkaisulle sisältö- ja konversiopalvelimen perustuen palvelimien vapaana oleviin resursseihin. Esimerkiksi suuren konversioruuhkan aikaan aineisto lähetetään palvelimelle, jolla on vähiten töitä jonossa. Sisältöpalvelin määräytyy ennalta määritettyjen asetusten mukaan.

Konvertoinnissa aineiston eheys tarkistetaan. PDF-tiedoston meta- ja rakennetiedot luetaan. Näitä ovat mm. sivujen määrä ja koko, kirjanmerkit ja julkaisun sisäiset hyperlinkit esimerkiksi sisällysluettelosta sisältösivuille tai ulkoiset hyperlinkit verkkosivuille.

Seuraavaksi teksti ekstraktoidaan. PDF-tiedoston tekstiobjektit luetaan ja segmentoidaan. Teksti tallennetaan siten, että jokaisen merkin sijainti ja koko

julkaisussa on rekonstruoitavissa jälkikäteen esimerkiksi hakutuloksen korostamista tai tekstin maalausta varten.

Sivujen rasteri- ja vektorikuvat muodostetaan ja tallennetaan eri kokoihin: pääkuva, nopea kuva ja esikatselukuva.

Metatiedot, sivukuvat ja tokenisoitu teksti paketoidaan sisäiseen helposti luettavaan tiedostoformaattiin.

Valmis julkaisu tallennetaan sisältöpalvelimille. Sisällönhallintapalvelin noutaa valmiin aineiston konversiopalvelimelta tai antaa konversiopalvelimelle käskyn välittää aineisto eteenpäin lopulliselle sisältöpalvelimelle. Kansikuva noudetaan ja tallennetaan kansikuvapalvelimelle. Julkaisun teksti tallennetaan kokotekstitietokantaan. Alkuperäisaineisto arkistoidaan arkistopalvelimelle.

Käsittelyn onnistuessa julkaisu luodaan Lehtiluukku-palveluun aiemmin määritetyin parametrein, joita ovat mm. maksuttomuus/maksullisuus, hinta ja tarkka julkaisuajankohta. Julkaisu siirretään sisällönhallintajärjestelmään.

Käsittelyn epäonnistuessa lähetetään siitä virheilmoitus määritettyihin sähköpostiosoitteisiin. Virheilmoitus tallennetaan myös sisällönhallintajärjestelmän lokiin. Kustantaja saa tiedon julkaisun käsittelyn epäonnistumisesta ja lähettää uuden korjatun aineiston.

Hakutoimintojen nopeuttamiseksi tekstihakupalvelin indeksoi kokotekstitietokannan säännöllisin väliajoin nopeampaan hakutietokantaan.

Julkaisut jaetaan käyttäjille erillisen sisällönjakeluverkoston (CDN) kautta, jolloin varsinaisille sisältöpalvelimille kohdistuvaa kuormaa ja liikennettä voidaan säädellä.

## 4.5 Tilastoja

EPF:n järjestelmiin on tallennettuna noin 317000 yksittäistä näköislehden numeroa. Yksittäisiä sivuja on yhteensä noin 8,7 miljoonaa. Näköislehtiä on



tallennettuna noin 7 teratavun verran ilman varmuuskopioita. Yksittäisen tallennetun numeron koko on siis noin 21 megatavua. (ePaper Finland Oy 2021.)

Näköislehtiä julkaistiin vuonna 2020 noin 38000 numeroa ja järjestelmiin saapui dataa PDF-tiedostoina noin 2,3 teratavua (ePaper Finland Oy 2021).

Näköislehtiä luettiin vuonna 2020 noin 17,5 miljoonaa kertaa ja järjestelmissä sekä niistä ulos liikkui dataa noin 500 teratavua. Vaikka yksittäisen julkaisun koko on keskimäärin noin 21 megatavua, niin dataa liikkui noin 30 megatavua per lehdenlukukerta. Yhden näköislehden keskimääräinen sivumäärä oli 23 sivua. (ePaper Finland Oy 2021.)

Jos jokainen vuoden 2020 aikana EPF:n järjestelmissä luettu lehti olisi painettu, olisi kokonaissivumäärä yli 200 miljoonaa ( $17500000 * 23 / 2$ ) molemmin puolin painettua sivua. Laskutoimituksessa on käytetty keskimääräistä sivumäärää, mutta suuruusluokka lienee oikea.

EPF:n tekstietokannassa on tallennettuna noin 44 miljardia merkkiä. Palveluiden pyörittämiseen tarvitaan paria kymmentä palvelinta, joista suurin osa on virtuaalisia. (ePaper Finland Oy 2021.)

Lehtiluukku-palvelussa yksittäisen numeron lukemiseen käytetty aika vuonna 2020 oli Google Analyticsin mukaan keskimäärin 16 minuuttia ja 25 sekuntia. Lukuajat vaihtelevat valtavasti lehdestä riippuen. Kahdeksan sivuisen paikallislehden lukemiseen ei luonnollisestikaan käytetä yhtä paljon aikaa kuin vaikkapa yli satasivuisen aikakauslehden. Lukuajat vaihtelevat karkeasti muutamista minuuteista pariin tuntiin per numero. (Google Analytics 2021.)

Vuoden 2020 aikana näköislehtiä luettiin Lehtiluukku.fi -palvelussa noin 45-prosenttisesti tietokoneella, noin 45-prosenttisesti älypuhelimella ja noin 10-prosenttisesti tabletilla (Google Analytics 2021).

## 5 Näköislehden hiilijalanjälki

Näköislehden lukemisen hiilijalanjälki muodostuu lukuisista eri tekijöistä. Tähän vaikuttavat koko ketjun elinkaaripäästöt, alkaen harvinaisten jalometallien louhinnasta ja sirujen valmistuksesta. Laitteiden valmistus, kuljetus, palvelinkeskukset, tiedonsiirtoverkot, kodin verkkolaitteet, käyttäjän päätelaitteiden sähkönkulutus ja lopulta laitteen kierrätys muodostavat tämän monimutkaisen yhtälön.

Näköislehden lukemisen hiilijalanjälki syntyy kuitenkin pääosin lukutapahtuman aikana.

Yksi tapa laskea näköislehden lukemisesta aiheutuva hiilijalanjälki on muodostaa yhtälö, jossa huomioidaan lehden keskimääräinen lukuaika ja laitteen energiankulutuksen sekä palvelinsalien ja verkkojen käytön aikana aiheuttama hiilijalanjälki. Tulokseksi saadaan arvio näköislehden lukemisen aiheuttamasta hiilijalanjäljestä sisältäen palvelinkeskukset, verkot ja päätelaitteen energiankulutuksen. Tällaisessa laskutoimituksessa oletus olisi, että lukulaite on jo hankittu eikä näköislehden lukeminen vaikuttaisi laitteen käyttöikään.

### 5.1 Älypuhelimet

Älypuhelimien käytön hiilijalanjälki jakautuu siten, että peräti 77 prosenttia koko hiilijalanjäljestä syntyy laitteen valmistamisesta ja kuljettamisesta kuluttajalle. Tietoliikenne ja -verkot aiheuttavat noin 22 prosenttia hiilijalanjäljestä, ja itse laitteen käyttämä sähkö vain yhden prosentin koko hiilijalanjäljestä. Arvio on muodostettu 128 gigatavun muistilla varustetun iPhone 11 -laitteen kahden vuoden käytön perusteella, jossa laitetta on käytetty 3 tuntia 15 minuuttia päivässä. (Berners-Lee 2020, 98.)

Keskimäärin älypuhelimien keskimääräinen käyttö yhdistettynä internetiin aiheuttaa noin yhden gramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen minuutissa (Berners-Lee 2020, 98). Tästä voidaan vähentää 77 prosenttia, joka syntyy laitteen

valmistuksesta ja kuljetuksesta kuluttajalle, jos oletetaan että laitetta ei hankita vain näköislehden lukemista varten, vaan se on jo olemassa tai hankitaan muusta syystä, eikä näköislehden lukeminen vaikuta laitteen käyttöikään. Näin saamme siis yhtälön, jossa laitteen käytöstä aiheutuu  $1 * (1 - 0,77) 0,23$  gramman CO<sub>2</sub>e-hiilidioksidipäästöt minuutissa.

Lehtiluukun keskimääräinen 16,5 minuutin näköislehden lukukerta aiheuttaisi siis noin  $16,5 * 0,23$  gramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen älypuhelimella. Tulos on noin 3,8 gramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjälki.

Näköislehtien lukuaika vaihtelee lehdestä riippuen muutamasta minuutista n. kahteen tuntiin. Hiilijalanjälki on noin  $120 * 0,23 = 28$  grammaa CO<sub>2</sub>e, jos lehteä luetaan kaksi tuntia.

Jos laitteen valmistus ja kuljetus kuluttajalle huomioidaan, on yhden näköislehden 16,5 minuutin keskimääräinen lukukerta hiilijalanjäljeltään  $16,5 * 1 = 16,5$  grammaa CO<sub>2</sub>e.

## 5.2 Tietokoneet

Kannettavan tietokoneen osalta hiilijalanjäljestä aiheutuu 83 prosenttia laitteen valmistuksesta ja kuljetuksesta, 15 prosenttia palvelinkeskuksista ja verkoista ja kaksi prosenttia laitteen käytön energiankulutuksesta. Arvio on muodostettu 13 tuumaisen Applen MacBook Pron neljän vuoden käytön perusteella, jossa laitetta on käytetty 3 tuntia päivässä. (Berners-Lee 2020, 107.)

Keskiverto kannettava tietokone ilman laitteen valmistuksesta ja kuljetuksesta aiheutuvia päästöjä aiheuttaa noin 10 gramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen tunnissa, johon lisätään palvelinkeskusten ja verkkojen osalta 22 grammaa CO<sub>2</sub>e tunnissa (Berners-Lee 2020, 106). 32 grammaa CO<sub>2</sub>e tunnissa tarkoittaa  $32 / 60 \approx 0,53$  grammaa CO<sub>2</sub>e minuutissa. Näköislehden keskimääräinen lukukerta kestää 16,5 minuuttia ja aiheuttaa noin  $16,5 * 0,53$  grammaa = 8,8 gramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen.

Jos näköislehteä luetaan 128 gigatavun muistilla varustetulla 13 tuumaisella MacBook Pro -laitteella Lehtiluukussa luetun keskimääräisen näköislehden 16,5 minuutin luku-aika ja huomioidaan myös laitteen valmistus, on yhden lukukerran hiilijalanjälki noin  $16,5 * 1,5 = 24,75$  grammaa CO<sub>2</sub>e.

Keskimääräinen pöytätietokone aiheuttaa noin 50 grammaa CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen tunnissa, ja verkot ja palvelimet 22 grammaa CO<sub>2</sub>e tunnissa (Berners-Lee 2020). Yhteensä pöytätietokoneen keskimääräinen käyttö aiheuttaa siis 72 grammaa CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen tunnissa. Tämä tarkoittaa noin 1,2 grammaa CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjälkeä minuutissa, eli noin  $1,2 * 16,5 = 19,8$  grammaa CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen keskimääräisen 16,5 minuutin näköislehden lukukerran aikana Lehtiluukussa. Arvio ei sisällä laitteen valmistuksesta tai kuljetuksesta syntyvää hiilijalanjälkeä.

Berners-Lee ei erikseen arvioi pöytätietokoneen valmistuksesta ja kuljetuksesta aiheutuvan hiilijalanjäljen osuutta, eikä näköislehden lukemisesta aiheutuva hiilijalanjälki pöytätietokoneen valmistus ja kuljetus huomioiden ole arvioitavissa Berners-Leen laskelmien pohjalta.

### 5.3 Keskimääräisen lukukerran keskiarvot Lehtiluukussa

Lehtiluukussa näköislehtiä luettiin vuonna 2020 noin 45 prosenttia älypuhelimilla, noin 45 prosenttia tietokoneilla ja noin 10 prosenttia tableteilla. Berners-Lee ei erottele tabletteja muuten kuin toteamalla niiden käytön aiheuttavan hieman suuremman hiilijalanjäljen kuin älypuhelimet (Berners-Lee 2020, 47).

Keskimääräinen näköislehden lukukertaan käytetty aika Lehtiluukussa lasketaan tässä työssä EPF:n Google Analytics -tilastoista, joissa erilaisia lehtiä ei erotella toisistaan. Mukana on ilmaisjakelu-, kaupunki-, paikallis-, sanoma- ja aikakauslehtiä. Näiden eri lehtityyppien lukuajat poikkeavat toisistaan, eikä yksi lukukerta tarkoita sitä, että koko lehti luettaisiin kerralla.

Lehtiluukussa yksi näköislehden lukukerta kesti Google Analyticsin mukaan vuonna 2020 keskimäärin noin 16,5 minuuttia.

Google Analytics ei erottele laitteita kovin tarkkaan. Rajat puhelimen, tabletin, kannettavan tietokoneen ja pöytäkoneen välillä lienevät jatkuvasti hankalampia havaita laitekannan pirstaloituessa eri tyyppeihin ja kokoihin.

Keskiarvolaskennassa käytetään tässä työssä Berners-Leen arvioita keskimääräisen älypuhelimien ja keskimääräisen kannettavan tietokoneen hiilijalanjäljestä suhteessa 50/50.

Tässä työssä keskiarvoa lasketaan laitteiden välillä niin, että näköislehtiä luetaan 50 prosenttisesti kannettavalla tietokoneella ja 50 prosenttisesti älypuhelimella.

Keskimäärin näköislehden lukeminen Lehtiluukussa aiheuttaa minuutin aikana noin  $(0,23 + 0,53) / 2 = 0,38$  gramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen. Tällä yhtälöllä keskimääräisen Lehtiluukussa 16,5 minuutin ajan luetun näköislehden lukukerran keskimääräinen hiilijalanjälki on noin  $16,5 * 0,38 \approx 6,3$  grammaa CO<sub>2</sub>e. Arviossa on huomioitu palvelinsalit, tietoverkot ja -liikenne ja käyttäjän päätelaitteen energiankulutus näköislehden lukutapahtuman aikana.

Lehtiluukussa keskimääräinen laitteen käytöstä aiheutuva hiilijalanjälki huomioiden myös laitteen valmistus ja kuljetus, on yhden minuutin näköislehden lukemisen osalta  $(1 + 1,5) / 2 = 1,25$  grammaa CO<sub>2</sub>e. Keskimääräisen näköislehden 16,5 minuutin lukuaikana vuonna 2020 syntyi noin  $16,5 * 1,25 = 20,63$  gramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjälki laitteen valmistuskin huomioiden.

#### 5.4 Vertailu paperilehteen

Paperiversion lukuajalla ei hiilijalanjäljen osalta ole suurta merkitystä, koska hiilijalanjälki on pääosin syntynyt jo, kun paperilehti on toimitettu lukijalle. Koko elinkaariarvioon vaikuttaa kyllä myös paperilehden käytön jälkeinen kierrätys.

Kansallisen Mediatutkimuksen (KMT 2021) mukaan paperilehtiä luetaan keskimäärin aikakauslehtien osalta 43 minuuttia, sanomalehtien osalta 38

minuuttia ja kaupunkilehtien osalta 21 minuuttia (Syyrakki 2021). Näiden keskiarvo on 34 minuuttia.

Digitaalisesti sanomalehtiä tai niiden sisältöä lukee 86 prosenttia kaikista suomalaisista. Nuoremmista, eli 25–44-vuotiaista peräti 93 prosenttia. 75 prosenttia yli 65-vuotiaistakin lukee sanomalehtiä digitaalisesti, joko pelkästään tai paperilehden ohella. (Kirjonen 2021.)

Kaikista yli 15-vuotiaista suomalaisista lukee sanomalehteä painettuna 56 prosenttia. 15–34-vuotiaista osuus on 31–32 prosenttia, ja yli 65-vuotiaista suomalaisista lukee paperisanomalehteä 80 prosenttia. (Kirjonen 2021.)

Yli 15-vuotiaista suomalaisista 94 prosenttia lukee aikakauslehteä paperisena ja 40 prosenttia digitaalisena (Itävuori 2021).

Lukuajat eivät ole täysin vertailukelpoisia digitaalisen lehden ja paperiversion välillä, koska paperilehtien osalta lukuajat lienevät lukijan itse kertomia, kun taas Lehtiluukussa lehden lukuaika on koneellisesti mitattu.

Muita syitä digitaalisen ja paperisen lehden lukuaikojen eroihin aikakauslehtien osalta on etsitty mm. Taloustutkimuksen Aikakauslehtihetki-tutkimuksessa. Tutkimukseen vastaajista 84 prosenttia oli paperisen aikakauslehden tilaaja, mikä on tietysti huomioitava myös vastauksia tulkitessa.

Aikakauslehteä luetaan keskimäärin 26 minuuttia yhdellä lukukerralla. Lukijoista 56 prosenttia lukee lehtiä myös digitaalisena. (Aikakauslehtihetki 2021.)

Syitä miksi aikakauslehteä ei lueta digitaalisena ovat mm.

- Paperilehti on miellyttävämpi
- Digitaalinen sisältö ei kiinnosta
- Paperilehti tuo vaihtelua, ruutua tuijotetaan muutenkin liikaa
- Paperilehti tuntuu mukavalta ja hallittavalta kokonaisuudelta
- Mobiilinäkymä on pieni, eikä koko artikkelia tai aukeamaa näe kerralla

- Digiversiosta ei huomaa kaikkia kiinnostavia kohtia
- Lehden voi jättää auki pöydälle ja palata siihen myöhemmin
- Työskennellään ruudun äärellä ja halutaan lepuuttaa silmiä
- Paperilehteen on helpompi keskittyä
- Digiversio tulee usein selattua vain otsikkotasolla
- Digitaalisesta lehdestä harhautuu helposti tekemään muuta verkossa.

(Aikakauslehtihetki 2021.)

Tutkimuksen mukaan digitaalisesta versiosta luetaan mieluummin juttu kerrallaan, kun taas paperisesta koko lehti (Aikakauslehtihetki 2021).

Digitaalisen version eduiksi mainitaan mm:

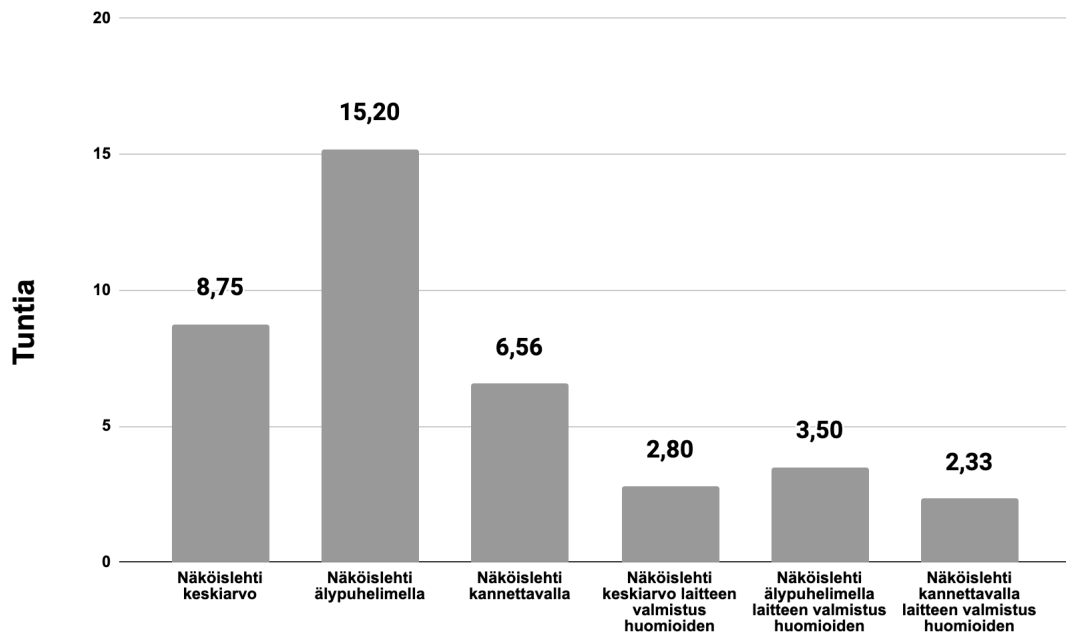
- Digitaalinen sisältö on aina mukana
- Digistä löytää mitä milloinkin haluaa
- Myös arkisto on aina käytettävissä
- Arkiston helppokäyttöisyys ja nopea haku
- Digitaalista lehteä on helpompi lukea kännykän näytöltä
- Helpompi lukea julkisissa paikoissa.

(Aikakauslehtihetki 2021.)

VTT on laskenut vuonna 2010 suomalaisen sanomalehden hiilijalanjäljen olevan kierrätettynä noin 210 grammaa CO<sub>2</sub>e (VTT 2010). Tutkimuksesta on kulunut yli kymmenen vuotta, joten kaikkien prosessin vaiheiden tehokkuus ja päästöt ovat saattaneet hieman muuttua. Kaikki paperi ei päädy kierrätykseen, joten keskimääräinen hiilijalanjälki on kierrätettyä suurempi.

Hiilijalanjälki muodostuu VTT:n laskelmissa sanomalehden elinkaaren vaiheista, joita ovat puun hankkiminen, paperin valmistaminen, painaminen, kuljettaminen, kierrätys ja jätehuolto (VTT 2010). Käyttö ei näissä laskelmissa aiheuta hiilijalanjälkeä, vaikka voisi ajatella, että paperilehden lukemiseen tarvitaan usein valoja, jotka nekin kuluttavat energiaa ja näin aiheuttavat hiilijalanjäljen.

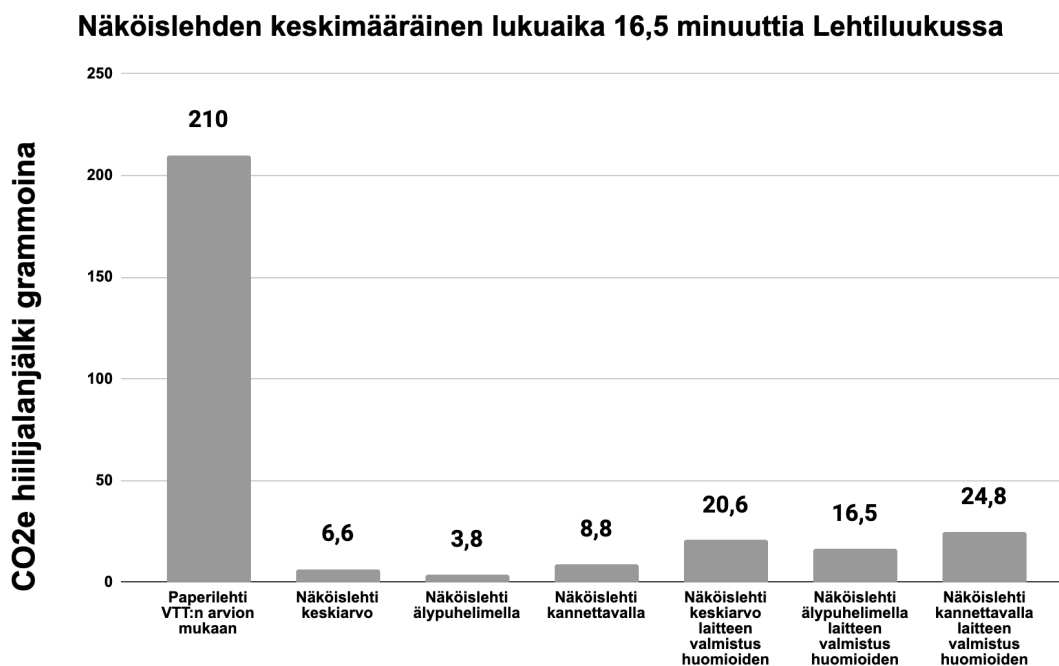
### 210 gramman CO<sub>2</sub>e hiilijalanjälkeä vastaava näköislehden lukuaika Lehtiluukussa



Kuvio 1. Diagrammissa havainnollistetaan VTT:n arvioiman sanomalehden 210 gramman CO<sub>2</sub>e hiilijalanjäljen kokoisen hiilijalanjäljen syntymiseen vaadittavaa näköislehden lukuaikaa Lehtiluukussa eri laitteilla käyttäen laskelmissa Berners-Leen (2020) arvioita.

Berners-Leen arvioissa erilaisten paperilehtien hiilijalanjälki Englannissa vaihtelee 190 grammasta CO<sub>2</sub>e aina järkälemäiseen 4700 grammaan CO<sub>2</sub>e, kun kyseessä on viikonlopun paksu sanomalehti liitteineen eikä sitä kierrätetä (Berners-Lee 2020). Hiilijalanjäljen arviot ovat kierrätettynäkin paperilehden osalta 190–1700 grammaa CO<sub>2</sub>e. Päivittäin ilmestyvien sanomalehtien osalta arvioitu hiilijalanjälki on 320–370 grammaa CO<sub>2</sub>e, ja huomioiden ero Yhdistyneiden kuningaskuntien ja Suomen sähkötuotannon päästökertoimissa Suomen eduksi, arvioidaan tässä työssä VTT:n 210 gramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjälkiarvion paperiselle sanomalehdelle olevan vertailukelpoinen.





Kuvio 2. Lehtiluukussa tapahtuvan keskimääräisen 16,5 minuutin lukuajan aiheuttamaa hiilijalanjälkeä Berners-Leen arvioihin perustuen verrataan VTT:n arvioimaan sanomalehdestä syntyvään 210 gramman CO2e-hiilijalanjälkeen.

## 6 Pohdinta

Ilmastonmuutos on ihmiskunnan suurimpia nykyaikaisia kriisejä. Ilmasto on lämmennyt esiteollisista ajoista jo keskimäärin asteen verran ja lämpeneminen on kaksi kertaa nopeampaa arktisilla alueilla. (WWF 2021.) Ilmastonmuutoksen suurimpia tekijöitä ovat ihmisen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt (WMO 2021). Hiilidioksidin määrä on korkeampi kuin kolmeen miljoonaan vuoteen (Numminen 2017).

Muutokset näkyvät muun muassa napa-alueiden jääpeitteiden pienenemisenä ja merenpinnan nousuna. Sään ääri-ilmiöt lisääntyvät, myrskyt ja sateet sekä toisaalta kuivuus ja helteet lisääntyvät merkittävästi. Kaikkia vaikutuksia ei vielä edes tunneta, mutta esimerkiksi metsäpalot ovat yleistyneet lisäten lämpenemistä ja aiheuttaen valtavia kasvihuonekaasupäästöjä kiihdyttäen ilmastonmuutosta.

Jos ihminen ei reagoi ilmastonmuutokseen ja vähennä päästöjään, uhkaa ilmasto lämmetä useita asteita vielä tällä vuosisadalla ja muutokset vaikuttavat ilmastoon vuosituhansia. Merenpinta nousisi useita metrejä ja vahingot ihmisille, ja luonnon monimuotoisuudelle olisivat monin tavoin hurjia.

Jokainen toimi ilmaston lämpenemisen ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi auttaa, oli sitten kyse yksilöiden päivittäisistä pienistä toimista tai hallitusten ja yritysten yhteisistä suuremmista ponnistuksista. Jokainen päästötonni vaikuttaa.

Ilmaston lämpenemiseen voidaan yhä vaikuttaa tekemällä maailmasta mahdollisimman pian hiilineutraali. Merkittäviä toimia tarvitaan kuitenkin välittömästi. Siitä syystä kuluttajien, yritysten ja yhteisöjen on ymmärrettävä, mistä heidän hiilijalanjälkensä syntyy.

## 6.1 Havainnot

Hiilijalanjäljen laskenta auttaa ymmärtämään mm. tietyn organisaation, tuotteen, palvelun tai prosessin aiheuttamia päästöjä. Sen laskeminen on monimutkaista ja tarkka laskenta useissa tapauksissa mahdotonta. Päästöjen vähentäminen on kuitenkin tärkeää, ja nykyisen hiilijalanjäljen arviointi auttaa ymmärtämään kehityskohteita. Kun arvio hiilijalanjäljestä on laskettu, voidaan suunnitella toimenpiteitä sen pienentämiseksi. Hiilijalanjäljen pienentäminen tarkoittaa usein myös säästöjä. Kun käytetään energiaa vähemmän tai tehokkaammin, se myös maksaa vähemmän.

Näköislehden tai sen lukemisen aiheuttamaa hiilijalanjälkeä voidaan tarkastella vain keskimääräisesti yleisellä tasolla. Tässä työssä saatiin arvioita, joiden mukaan näköislehden lukemisesta syntyvä hiilijalanjälki on keskiarvoltaan verrattain pieni. Hiilijalanjälki on pienin, jos lukulaitteena käytetään älypuhelinta. Yhtälö on niin monimutkainen ja sellaisia muuttujia, joihin ketjun toisessa päässä ei voida vaikuttaa, on molemmissa päissä. Tietysti kuluttaja voi valita sellaisen palveluntarjoajan, joka toimii mahdollisimman ympäristötietoisesti, mutta tiettyä näköislehteä voi kuitenkin useimmiten lukea vain yhden palveluntarjoajan kautta. Kuluttaja voi toki vaihtaa lehden toiseen ja näin vaikuttaa yritysten omiin valintoihin.

Näköislehden tuottaja ei kuitenkaan useimmiten voi vaikuttaa kuluttajan valintoihin, jotka yhtälössä vaikuttavat hiilijalanjälkeen merkittävästi. Vaikuttavia tekijöitä ovat mm. päätelaite, sen käyttöaika, verkkotekniikka ja missä sijainnissa näköislehteä luetaan.

Tutkimusten mukaan pienimmät päästöt tiedonsiirrosta syntyvät valokuituverkossa. Kuparikaapeli kaksinkertaistaa hiilijalanjäljen ja 3G UMTS-verkossa tiedonsiirron hiilijalanjälki on 45-kertainen verrattuna valokuituverkkoon. Uudet verkkoteknologiat, kuten 4G LTE ja 5G, pienentävät mobiilitiedonsiirron päästöjä huomattavasti. (BMU 2020.)

Näköislehden lukeminen ei kuitenkaan vaadi valtavia määriä tiedonsiirtoa, joten käyttäjän päätelaite, sen koko, kuluttama energia ja lukemiseen käytetty aika vaikuttavat olennaisesti lukemisesta syntyvään hiilijalanjälkeen. On hyvin vaikea arvioida, mikä osa hiilijalanjäljestä oikeasti syntyy tiedonsiirrosta ja palvelinkeskuksista, sillä tiedonsiirto on kuitenkin EPF:n järjestelmissä vain noin 30 megatavua yhtä näköislehden lukukertaa kohden. Kuluttajan laitteelle näköislehdestä siirtyy lukukerran aikana vain se osa, jonka hän lukee.

Suomessa kiinteistä laajakaistaliittymistä 97 prosenttia on nopeudeltaan vähintään 10 Mbit/s ja 46 prosenttia vähintään 100 Mbit/s.

Mobiililaajakaistaliittymistä 84 prosenttia on vähintään 10 Mbit/s nopeudeltaan ja 58 prosenttia vähintään 100 Mbit/s. (Ficom 2021). 5G-verkoissa tarjotaan jo teoreettista 1000 Mbit/s nopeutta.

Näköislehden latautuminen laitteelle kestää siis vain sekunteja, jos sitäkään. Palvelinsaleja ja verkkoja tarvitaan tietysti koko ajan, mutta on hyvin vaikea arvioida niiden todellista hiilijalanjälkeä yksittäisen näköislehden lukemisen osalta.

Berners-Lee on käyttänyt arvioissaan Yhdistyneiden kuningaskuntien sähköntuotannon päästökerrointa, mutta mukauttanut sitä itse voimalaitosten toimitusketjujen ja jakelun huomioonottamiseksi (Berners-Lee 2020, 187).

EEA:n mukaan Yhdistyneiden kuningaskuntien hiilijalanjälki sähköntuotannossa oli vuonna 2019 230 grammaa CO<sub>2</sub>e/kwh. Suomessa vastaava luku vuonna 2019 oli 89 grammaa CO<sub>2</sub>e/kwh. (European Environment Agency 2021.) EPF:n näköislehtiä luetaan pääasiassa Suomessa (Google Analytics 2021). Merkittävä ero sähköntuotannon hiilijalanjäljessä vaikuttaa toki arvioituun tulokseen sekä palvelinten että lukulaitteen osalta. EPF käyttää myös palvelinsaleja, joiden energiankäyttö on 100-prosenttisesti hiilineutraalia uusiutuvaa energiaa. Suomessa energiantuotannon hiilijalanjälki on siis oletettavasti pienempi kuin tämän työn pohjana käytetyissä Berners-Leen laskelmissa, mikä vaikuttaa siten oleellisesti arvioituun hiilijalanjälkeen.

Keskimääräinen laitteen käyttö yhdistettynä internetiin sisältänee enemmän mm. liikkuvaa kuvaa ja ääntä, ja siten tietoliikennettä, kuin keskimääräinen näköislehden lukukerta, jolloin käyttäjä lataa näköislehden laitteelleen sekunneissa ja lukutapahtuma sisältää käytännössä vain staattisia kuvia, keskimäärin 23 sivukuvaa per kokonainen lehti. Yksittäisen näköislehden lukukerran aikana laitteelle ladataan vain ne sivut, jotka käyttäjä lukee. Lukukertoja voi olla yhdellä käyttäjällä useita per lehti.

Yksi tapa voisikin olla laskea varastoidun ja siirretyn tietomäärän aiheuttamaa hiilijalanjälkeä ja sitä kautta muodostaa yhtälö kokonaisuudesta. Kun tiedetään EPF:n järjestelmissä vuoden aikana liikkunut tietomäärä ja toisaalta näköislehtien lukukerrat, niin tiedetään yhden lehden lukemiseen vaaditun tiedonsiirron määrä. Sijoittamalla tämä tiedonsiirtomäärä palvelin- ja verkkokapasiteetin kulutuksen osana yhtälöön voitaisiin saada arvio näköislehden tiedonsiirron aiheuttamasta hiilijalanjäljestä. Tässä tapauksessa myös muut yhtälön tekijät pitäisi tietää, kuten sähkönkulutus, laitteiden valmistus ja kuljetus, sekä laskea käyttäjän laitteen käyttämä energia erikseen mukaan.

Olisi periaatteessa mahdollista myös mitata erikseen palvelinten, tiedonsiirron, verkkolaitteiden ja käyttäjän laitteen käyttämä energia ja tehdä laskutoimituksia tästä yhtälöstä. Tällöinkin muuttujia on lukematon määrä. EPF:n palvelimet pyörivät täysin uusiutuvalla energialla, jolloin energiankäytön hiilijalanjäljen tulisi palvelinten päässä olla nolla. Lisäksi täytyisi huomioida tietysti palvelinlaitteistojen, verkkolaitteiden ja päätelaitteiden valmistus ja kuljetus ja vielä loppukäyttäjän käyttämän sähkön ympäristövaikutukset.

## 6.2 Haasteet

Haasteena koko tieto- ja viestintäteknikka-alan ilmasto- ja ympäristövaikutusten ymmärtämisessä ja laskemisessa on tiedon saatavuus, sen läpinäkyväisyys sekä määritelmien ja metodien vaihtelevuus (Ojala & Oksanen 2021).

Mitattavuutta, seuranta ja vertailua on parannettava ja kehityshankkeita on tekeillä laajasti aiheesta. Myös tieto- ja viestintätekniikka-alan positiivisia vaikutuksia hiilijalanjälkeen muilla aloilla täytyy selvittää lisää. (Ojala & Oksanen 2021.)

Tässä työssä haasteena oli laskelmien epätarkkuus koko ketjun osalta ja siten myös näköislehden osalta. Mitä syvemmälle aiheeseen uppoutuu, sitä monimutkaisemmaksi aihe osoittautuu. Lisäksi jatkuvasti voimakkaasti kehittyvät teknologiat tekevät tutkimuksista nopeasti vanhoja.

Vaikka hiilijalanjälki on lukuna varsin ymmärrettävä, eli mitä pienempi luku, sitä ympäristöystävällisempi tuote, niin sen laskeminen on hyvin monimutkaista. Jos hiilijalanjäljen laskentaan käytetään keskimääräisiä arvoja, voi saatu arvio olla harhaanjohtava. (Virtanen & Rohweder 2011.)

Tieto- ja viestintätekniikka-alan hiilijalanjäljen laskemisen monimutkaista yhtälöä ovat tutkineet Malmodin & Lunden tutkimuksessaan *The Energy and Carbon Footprint of the Global ICT and E&M Sectors 2010–2015*. Tutkimus on ehkä arvostetuimpia aiheesta, ja myös Berners-Lee tukeutuu omista arvioista osin tähän tutkimukseen. Berners-Lee on kuitenkin käyttänyt apunaan lukuisia muita lähteitä, ja siksi hänen arvionsa eri hiilijalanjäljistä valikoituivat laskelmien pohjaksi. Berners-Lee toteaa itsekin, että hiilijalanjäljen tarkka laskenta ja arvioiminen digitalisaation osalta on mahdotonta, mutta kuitenkin välttämätöntä. Tarkkoja lukuja oleellisempaa on kuitenkin ymmärtää hiilijalanjäljen suuruusluokka.

Laskelmat perustuvat siis keskiarvoihin ja pääosin Yhdistyneiden kuningaskuntien sähköntuotannon päästökertoimiin, jotka ovat Suomen päästökertoimia selvästi suuremmat.

Myös tarkan analytiikan puute näköislehden lukemisesta aiheutti haasteita. Tällä hetkellä ei esimerkiksi tarkkailla, kuinka monta sivua käyttäjä keskimäärin lukee yhtä näköislehteä. Yksittäisistä lukukerroista tiedetään paljonkin, mutta

keskiarvoja ei. Myöskään sanoma-, paikallis-, kaupunki- ja aikakauslehtiä ei erotella ja näiden lukuajat poikkeavat merkittävästi toisistaan.

Vaikka tiedettäisiin tarkkaankin käyttäjän päätelaite, sen energiankulutus, tiedonsiirron määrä ja lukemiseen käytetty aika, lienee mahdotonta tietää lukijan käyttämän sähkön ympäristövaikutuksia muuten kuin keskimääräisellä tasolla. Myös tiedonsiirtotapa vaikuttaa oleellisesti siitä muodostuvaan hiilijalanjälkeen.

### 6.3 Kehitys

EPF:n prosessien tehokkuutta ja skaalautuvuutta voisi kehittää. Nykyiset palvelimet pyörisivät varmaankin ongelmitta, vaikka lehtiä, lukukertoja ja käyttäjiä olisi kymmenkertainenkin määrä. Tulevaisuuden tekniikat tulevat todennäköisesti mahdollistamaan palvelinkapasiteetin, tallennustilan ja verkkokapasiteetin jatkuvan skaalautuvuuden tarpeiden mukaan. Näköislehden tuotantoprosessia lienee mahdollista tehostaa entisestään ja kokoakin optimoida. Tarkemmalla analytiikalla paljastuisi varmaan kehityskohteita.

Arvio koko yrityksen hiilijalanjäljestä auttaisi ymmärtämään, mistä voisi vähentää. Ensisijaista on välttää ja vähentää päästöjä.

Kuluttajien tietoisuuden lisääminen internetpalveluiden käytön ympäristövaikutuksista on myös tärkeää. Jos tietoa on tarjolla, voivat kuluttajat tehdä itse päästöjä vähentäviä ratkaisuja.

Suomalaisista kuluttajista enemmistö olisi valmis muuttamaan internetin käyttöönsä, jos ympäristövaikutuksista olisi tarjolla enemmän tietoa. Kuluttajista 34 prosenttia olisi valmiita vaihtamaan vaihtoehtoisiin ympäristöystävällisempiin internetpalveluihin, 29 prosenttia vähentämään joidenkin internetpalveluiden käyttöä ja 5 prosenttia jopa lopettamaan käytön. 25 prosenttia kuluttajista eivät olisi valmiita muuttamaan internetin käyttöönsä mitenkään, vaikka saisivatkin lisää tietoa käytön ympäristövaikutuksista. (Ojala & Oksanen 2021.)

## 6.4 Hiilijalanjäljen kompensointi

EPF voisi tavoitella hiilineutraaliutta kompensoimalla jäljelle jäävät päästöt. Kompensointiin on paljon kotimaisia ja ulkomaisia vaihtoehtoja. Päästöjä voi kompensoida koko yrityksen toiminnan osalta tai jonkin tuotteen osalta. Olisi siis mahdollista kompensoida esimerkiksi vain näköislehden tuotannon ja lukemisen aiheuttama hiilijalanjälki.

Näköislehden lukemisesta aiheutuvan hiilijalanjäljen kompensointia voisi tarjota myös suoraan osana tuotetta. Lehden kustantaja voisi ostaa näköislehden tuottamisesta ja lukemisesta aiheutuvan hiilijalanjäljen kompensoinnin.

Kompensointia voisi tarjota myös kuluttajalle osana näköislehtituotetta. Lukija voisi näin ostaa pieneen lisähintaan oman lehdenlukunsa hiilineutraalisti.

Kompensointiin tarvittaisiin tarkkoja arvioita hiilijalanjäljestä, mutta epätarkkojenkin laskelmien perusteella saataisiin kuitenkin suuruusluokka selville ja kompensatiota voitaisiin ostaa ”riittävästi”.

## 6.5 Suositukset kuluttajalle

Mitä kuluttajan kannattaisi tehdä tämän työn havaintojen perusteella?

Suurin osa näköislehden lukemiseen käytettävän laitteen hiilijalanjäljestä syntyy sen valmistuksesta ja kuljetuksesta. Laite kannattaa siis pitää joko omassa käytössä tai seuraavalla käyttäjällä mahdollisimman pitkään.

Näköislehden lukemisesta syntyviä päästöjä voi pienentää mm. näin.

- Älä osta laitetta vain näköislehden lukemiseen
- Pidä laitetta niin pitkään kuin suinkin
- Korjauta se sen hajotessa
- Anna tai myy se seuraavalle käyttäjälle hankkiessasi uuden
- Kierrätä hajonnut laite
- Osta käytetty laite uudeksi



- Käytä uusiutuvaa energiaa
- Aseta laite lepotilaan, jos et käytä sitä
- Himmenna näyttöä
- Käytä kiinteää verkkoa tai wifiä, älä matkapuhelindataa, jos mahdollista.

## 7 Lopuksi

Hiilijalanjäljen arvioiminen ja laskeminen on suorastaan hengästyttävän monimutkaista, ja hiilijalanjälki on todellakin paljon muuta kuin laitteen energiankulutusta. Älypuhelimien käytön hiilijalanjäljestä 77 prosenttia aiheutuu laitteen valmistuksesta ja kuljetuksesta, ja tietokoneen osalta osuus on 83 prosenttia, laitteiden keskimääräinen käyttöikä huomioiden. Se, kuinka pitkään laitetta pidetään, vaikuttaa merkittävästi hiilijalanjälkeen.

Tutkimusta, ymmärrystä ja valistusta hiilijalanjäljestä tarvitaan ehdottomasti lisää. Kuluttajien olisi helpompi muuttaa kulutustottumuksiaan, jos oman kulutuksen hiilijalanjäljen muodostumisen ymmärtäisi paremmin ja vaihtoehtoisia tapoja tehdä asia hiilineutraalimmin olisi helposti tarjolla.

Näköislehden lukemisesta aiheutuva hiilijalanjälki on varsin pieni. Älypuhelin, jota ei ole hankittu vain näköislehden lukemista varten, aiheuttaa arvion mukaan 0,23 gramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen minuutissa lukutapahtuman aikana, eli 3,8 gramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjäljen Lehtiluukussa tapahtuvan keskimääräisen 16,5 minuutin lukutapahtuman aikana. Tietokoneella hiilijalanjälki on 0,53 grammaa CO<sub>2</sub>e minuutissa ja 8,8 grammaa CO<sub>2</sub>e keskimääräisen lukutapahtuman aikana. Laitteiden keskiarvo on 6,6 gramman CO<sub>2</sub>e-hiilijalanjälki yhden lukutapahtuman aikana. Vertailun vuoksi mainittakoon, että yhden banaanin hiilijalanjälki on arvion mukaan 110 grammaa CO<sub>2</sub>e ja yhden sanomalehden 210 grammaa CO<sub>2</sub>e.

Asiaan paneutuminen herätti paljon kysymyksiä. Mitä käyttäjä tekisi, jos ei lukisi laitteellaan näköislehteä? Mahdollisesti jotain suuremman hiilijalanjäljen aiheuttavaa joko samalla laitteella tai esimerkiksi TV:llä, jonka näyttö, energiankulutus ja hiilijalanjälki lienevät selvästi suuremmat. Ja mahdollisesti katsoisi silti myös älypuhelimelta samanaikaisesti jotakin muuta?

Tai mikä vaikutus paperilehden lukemisen hiilijalanjälkeen on valaistuksella, jota Suomessa kuitenkin iso osa vuodesta tarvitaan paperilehden lukutapahtuman

aikana. Entä palaisivatko valot kuitenkin, vaikka paperilehteä ei luettaisi? Ja katsooko paperilehdenkin lukija älypuhelintaan tai TV:tä, jos ei lue lehteä.

Yhteenvetona voitaneen sanoa, että näköislehti aiheuttaa selvästi pienemmän hiilijalanjäljen kuin paperilehti. Vaikka laskelmat ovat hyvin epätarkat, ovat suuruusluokkaerot selvästi havaittavissa. Yleinen tapa tilata paperilehti kotiinsa ja käyttää lehteä myös digitaalisesti aiheuttaa molempien versioiden hiilijalanjäljen.

## Lähteet

Aikakausmedia 2021. Aikakauslehtihetki 2021. Aikakausmedia verkkosivut. [https://www.aikakausmedia.fi/media/3685/aikakausmedia\\_aikakauslehtihetki\\_2021.pdf](https://www.aikakausmedia.fi/media/3685/aikakausmedia_aikakauslehtihetki_2021.pdf) (luettu 1.10.2021)

Berners-Lee, Mike 2020. How bad are bananas? Carbon footprint of everything. E-kirja. Lontoo: Profile Books Ltd

BMU 2020. Video streaming: Data transmission technology crucial for climate footprint. <https://www.bmu.de/en/pressrelease/video-streaming-data-transmission-technology-crucial-for-climate-footprint/> (luettu 12.10.2021)

CDP 2017. The Carbon Majors Database, CDP Carbon Majors Report 2017. <https://www.cdp.net/en/reports/downloads/2327> (luettu 2.6.2021)

Content pool 2020. Keräyspaperilla voi olla jopa kuusi elämää. <https://newspool.fi/kerayspaperilla-voi-olla-jopa-kuusi-elamaa/> (luettu 17.8.2021)

ePaper Finland Oy 2021. Yrityksen sisäinen tilasto. Tekijän hallussa.

Ficom 2021. Laajakaistaliittymien nopeudet Suomessa (Liikenne- ja viestintävirasto). <https://www.ficom.fi/ict-ala/tietopankki/viestintaverkot-tietopankki/kiinteaa-ja-mobiili-laajakaista/laajakaistaliittymien-nopeudet/#Suomen%20tietoja> (luettu 12.10.2021)

Hetzner 2021. Environmental protection. Hetzner verkkosivut. <https://www.hetzner.com/unternehmen/umweltschutz/> (luettu 13.10.2021)

Ikonen, Jouni 2021. Toimitusjohtaja. ePaper Finland Oy. Haastattelu 30.9.2021

Kirjonen, Sirpa 2021. Sanomalehti on kaikkien suomalaisten media. Uutismedian liitto -verkkosivut. <https://medialiitto.creamailer.fi/email/616423d20ac13?u=MjlxMTlyMTA2OjQyOTgxMjoxNjQzNTE%3D> (luettu 13.10.2021)

MediaAuditFinland 2021. Terminologia. <https://mediaauditfinland.fi/terminologia/> (luettu 22.9.2021)

Nevanlinna, Heikki 2008. Muutamme ilmasto – Ilmatieteen laitoksen tutkijoiden katsaus ilmastomuutokseen. Porvoo: Ilmatieteen laitos ja Affecto Finland Oy / Karttakeskus

Numminen, Johanna 2017. Hiilidioksidin määrä ilmakehässä kasvaa ennätystahtia – "Ilman nopeita leikkauksia lämpötila nousee vaarallisiin lukemiin". Ylen verkkosivut. <https://yle.fi/uutiset/3-9907624> (luettu 26.10.2021)

Ojala, Tuuli & Oksanen, Pinja 2021. ICT-alan ilmasto- ja ympäristöstrategia. Valtioneuvoston verkkosivut. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162910/LVM\\_2021\\_04.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162910/LVM_2021_04.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (luettu 24.10.2021)

Optiwatti 2019. Hiilijalanjälki ja mitä siitä pitäisi tietää.

<https://www.optiwatti.fi/hiilijalanjalki-mita-siita-pitaisi-tietaa/> (luettu 4.6.2021)

Saari, Sampo 2020. Lyhyt oppimäärä ilmastonmuutoksesta. Toolilainen, 2/2020.

SFS 2020. Apua tuotteen hiilijalanjäljen laskentaan.

<https://sales.sfs.fi/fi/index/tuoteuutiset/hiilijalanjaljenlaskenta.html.stx> (luettu 12.10.2021)

SFS-EN ISO 14067. 2018. Kasvihuonekaasut. Tuotteiden hiilijalanjälki. Hiilijalanjäljen laskemista koskevat vaatimukset ja ohjeet.

Sitra 2021. Mitä nämä käsitteet tarkoittavat. Sitran verkkosivut.

<https://www.sitra.fi/artikkelit/mita-nama-kasitteet-tarkoittavat/> (luettu 20.4.2021)

Sitra 2018. Keskivertosuomalaisen hiilijalanjälki. Sitran verkkosivut.

<https://www.sitra.fi/artikkelit/keskivertosuomalaisen-hiilijalanjalki/> (luettu 4.6.2021)

Suomen YK-liitto 2018. Hiilidioksidipäästöt. <https://www.globalis.fi/Tilastot/co2-paaeastoet> (luettu 4.6.2021)

Syrakki, Emma 2021. KMT 2021 tulokset julkistettu. MediaAuditFinland verkkosivut. <https://mediaauditfinland.fi/2021/10/13/kmt-2021-tulokset-julkistettu/> (luettu 13.10.2021)

Tandon, Ayesha 2021. Food systems responsible for 'one third' of human-caused emissions. GarbonBrief. <https://www.carbonbrief.org/food-systems-responsible-for-one-third-of-human-caused-emissions> (luettu 3.11.2021)

Töyrylä, Katriina 2015. YK: Lähes kaikki lämpimimmät vuodet olleet 2000-luvulla. Ylen verkkosivut. <https://yle.fi/uutiset/3-7775630> (luettu 2.10.2021)

Virtanen, Anne & Rohweder, Liisa 2011. Ilmastonmuutos käytännössä - Hillinnän ja sopeutumisen keinoja. Helsinki: Gaudeamus

VTT 2010. Sanomalehden hiilijalanjälki.

[https://projectsites.vtt.fi/sites/leader/www.vtt.fi/sites/leader/en/sanomalehden\\_hiilijalanjalki\\_2010.pdf](https://projectsites.vtt.fi/sites/leader/www.vtt.fi/sites/leader/en/sanomalehden_hiilijalanjalki_2010.pdf) (luettu 17.8.2021)

WMO 2021. The State of the Global Climate 2020. World Meteorological Organization verkkosivut. <https://public.wmo.int/en/our-mandate/climate/wmo-state-ment-state-of-global-climate> (luettu 26.10.2021)

WWF 2021. Ilmastonmuutos. <https://wwf.fi/uhat/ilmastonmuutos/> (luettu 30.9.2021)