

TRENDIEKSTRAPOLOINTI JA S-KÄYRÄANALYYSI

Markus Pöllänen, Riku Viri & Heikki Liimatainen

Tiivistelmä

Tässä artikkelissa kuvataan tulevaisuudentutkimuksen kontekstissa trendiekstrapolointia ja S-käyräanalyysiä, joita voidaan pitää yksinkertaisina laskennallisina menetelminä. Trendiekstrapoloinnissa vallitsevaa kehityssuuntaa jatketaan laskennallisesti, kun taas S-käyräanalyysillä voidaan kuvata innovaatioiden omaksumista, kuten matkapuhelimien yleistymistä. Näitä menetelmiä voidaan yhdistää muiden tulevaisuudentutkimuksen menetelmien kanssa, jolloin voidaan hyödyntää eri menetelmien vahvuuksia tai verrata eri menetelmillä saatavia tuloksia. Artikkelissa kuvataan menetelmien määritelmien lisäksi niiden soveltamista, hyötyjä ja rajoitteita sekä esitetään soveltamisesta esimerkkejä. Trendiekstrapoloinnin ja S-käyräanalyysin yksinkertaisuus helpottaa menetelmien soveltamista, mutta samalla se myös rajoittaa niiden käyttöä. Kun trendiekstrapoloinnin avulla luotavat tulevaisuuden ennusteet perustuvat menneisyyden kehitykseen, tulevaisuuteen liittyvää epävarmuutta tai mahdollisia epäjatkuvuuskohtia ei voida huomioida.

Avainsanat: trendiekstrapolointi, trendi, S-käyräanalyysi, S-käyrä, laskennalliset menetelmät, evidenssipohjaiset menetelmät, kvantitatiiviset menetelmät

1. Johdanto

Tulevaisuudentutkimuksen samoin kuin muiden tutkimusalojen menetelmien luokittelussa hyödynnetään usein jakoa kvantitatiivisiin (määrällisiin) ja kvalitatiivisiin (laadullisiin) menetelmiin, vaikka monikaan menetelmä ei edusta puhtaasti jompaa-kumpaa näistä, eikä siten ole luokiteltavissa yksiselitteisesti tämän jaottelun mukaan. Tulevaisuudentutkimuksen menetelmiä jäsentävässä ns. Popperin timantissa (engl. *foresight diamond*, ks. esim. Popper 2008) menetelmät sijoitetaan tiedon alkuperän (engl. *knowledge source*) mukaan. Timantin yksi neljästä kulmasta on evidenssipohjaiset menetelmät, joiden joukossa on kirjallisuustutkimuksen lisäksi monia kvantitatiivisia eli määrällisiä syötteitä käyttäviä ja tuloksia tuottavia menetelmiä. Määrällisten ja laadullisten menetelmien erottelun vaikeutta ja samalla luokittelun ongelmallisuutta

tuo esille esimerkiksi se, että Popperin timantissa menetelmiä luokitellaan sen neljän ulottuvuuden (evidenssi, luovuus, asiantuntemus ja vuorovaikutus) lisäksi kvantitatiivisten ja kvalitatiivisten ohella semikvantitatiivisiksi, sillä osa menetelmistä on sekä laadullisia että määrällisiä, soveltamistavan mukaan.

Tulevaisuudentutkimuksessa hyödynnettävien evidenssipohjaisten menetelmien kenttä ja kirjo on laaja. Evidenssipohja voi perustua esimerkiksi tilastoihin, dataan, tietoon tai muihin aineistoihin. Evidenssipohjaisten menetelmien joukossa voidaan tunnistaa yksinkertaisempia ja vaativampia menetelmiä. Menetelmät voivat olla yksinkertaisia siinä mielessä, että niiden soveltaminen on hyvin suoraviivaista, eikä niiden hyödyntäminen vaadi juurikaan erityisiä matemaattisia taitoja tai tietoteknisistä ohjelmistoja. Vaativampiin laskennallisiin menetelmiin kuuluu esimerkiksi mallintaminen ja simulointi, joissa vaativaa voi olla sekä matematiikka ja tueksi tarvittavat laskenta- ja simulointimallit että tarkasteltavat ilmiöt, hyvin kompleksiset mallinnus- tai simulointikohteet, kuten maailmanmallit (ks. esim. Hughes 1999) tai ilmastomallit.

Tässä luvussa kuvataan laskennallisista menetelmistä vallitsevaa kehityssuuntaa jatkavaa trendiekstrapolointia ja innovaatioiden omaksumista kuvaavaa S-käyräanalyysiä, jotka voidaan luokitella yksinkertaisten laskennallisten menetelmien joukkoon. Näitä havainnollistetaan erityisesti tämän artikkelin kirjoittajille tutun toimialan, liikenteen, esimerkkien avulla, mutta esimerkkejä esitetään myös muilta aloilta.

2. Trendiekstrapolointi

Trendiekstrapolointi-menetelmän nimi muodostuu kahdesta osasta. Näistä trendi-sanaa käytetään paljon myös arkikielessä. Sana on myös tulevaisuudentutkimuksen ns. peruskäsitteistöä. Tulevaisuus.fi-sivustolla (Tulevaisuudentutkimuksen oppimateriaali 2021c) trendin määritelmänä esitetään ”suuntaus, kehityssuunta, muutoksen kaava; pitkän ajanjakson kuluessa tapahtuva tarkasteltavan ilmiön yleinen kehityssuunta”. Tämä määritelmä tuo esille trendin yleisenä kehityssuuntana, mutta ei kuvaa sitä tarkemmin laadullisena tai määrällisenä ilmiönä. Siksi on kiinnostava tarkastella edellisen määritelmän rinnalla MOT Kielitoimiston sanakirjan (2021) trendi-sanankahta määritelmää, joista ensimmäinen on jonkin ”ilmiön kehityksen (määrätietojen avulla laskettavissa oleva) suunta, suuntaus” ja toinen ”leimallinen, näkyvä piirre (nykyisessä) muodossa, käyttäytymisessä”. Näistä ensimmäinen määritelmä, erityisesti sulkeiden sisällä oleva tarkennus huomioiden, esittää trendin kvantitatiivisen tarkasteltavana kohteena, kun taas toinen on lähempänä trendin puhekielistä käyttöä, josta esimerkkinä voisi olla ”kevään muotitrendinä on X”. Määritelmissä on hyvä huomioida myös niiden aikamääreet. Ensimmäisessä, erityisesti tulevaisuudentutkimuksen kontekstissa esitetyssä määritelmässä aikajaksoa kuvataan pitkänä, kun taas kahdessa jälkimmäisessä aikamääreen voisi ajatella olevan joko ”laskettavissa oleva”, viitaten mahdollisuuteen määrittää trendi laskennallisesti (matemaattisesti), tai toisaalta ”nykyinen”, joka kertoo trendin vallitsevan, mutta ei sen kestosta, historiasta tai jatkumisesta. Näistä erityisesti määritelmän ”laskettavissa oleva” -osa liittyy vahvasti tässä luvussa tarkasteltavaan trendiekstrapolointi-menetelmään.

Ennen kuin käsitellään ekstrapolointia ja trendiekstrapolointia käsitteinä, on kiinnostavaa tarkastella edellä trendin määritelmään liitettyä kuvausta tapahtumisesta ”pitkän ajanjakson kuluessa”. Tulevaisuudentutkimuksen piirissä tulevaisuuden tarkastelun aikahorisontti on usein vuosikymmeniä, mutta trendit voivat olla selvästi tätä lyhyempiä, vain vuosia tai esimerkiksi muodin tapauksessa mahdollisesti vain viikkoja tai kuukausia kestäviä. Kuitenkin moniin trendeihin voi yhdistää kuvauksen pitkän ajanjakson kuluessa tapahtumisesta. Toisaalta, jos aikajakso on hyvin pitkä, trendi voidaan nimetä megatrendiksi, kuten väestön ikääntyminen. John Naisbitt esitteli megatrendikäsitteen vuonna 1982 kirjassaan *Megatrends: Ten New Directions Transforming Our Lives* ja määritteli sen ajattelun tai lähestymistavan yleiseksi muutokseksi, joka vaikuttaa valtioihin, toimialoihin ja organisaatioihin.

Monet nykyisin megatrendeiksi luokiteltavat ilmiöt, kuten globalisaatio ja teknologian kehitys (tai esimerkiksi digitalisaatio), eivät ole tulkittavissa yhden trendin (esimerkiksi väestön keski-ikä, syntyvyyden tai kuolleisuuden muutoksen) avulla, vaan ne ovat paljon moninaisempia. Toisaalta globalisaatiota voidaan tarkastella määrällisesti esimerkiksi suhteuttaen kansainvälisen kaupan määrä bruttokansantuotteeseen ja digitalisaatiota datan tai tietoliikenteen määrän avulla, jolloin on tunnistettavissa aikasarjoja ja määrällistä muutosta kuvaavaa trendimäistä kehitystä, usein hyvinkin pitkällä aikavälillä. Yksi esimerkki tällaisesta pitkän aikavälin kehitystrendistä on Gordon E. Mooren nimeä kantava Mooren laki (engl. *Moore's law*), jonka mukaan transistorien määrä mikropiirillä tuplaantuu tietyn ajanjakson aikana (ks. Moore 1965), mikä osaltaan on vaikuttanut tietokoneiden suorituskyvyn jatkuvaan kasvuun ja siten digitalisaation edellytyksiin. Selvennykseksi on tässä yhteydessä hyvä nostaa esille muutama megatrendeihin liittyvä määritelmä, jotka tuovat esille myös käsitteen moninaisuuden.

Ekstrapoloinnilla tarkoitetaan kehityksen jatkamista tulevaisuuteen olettamalla tarkasteltavan ilmiön muuttuvan aiempien havaintojen suuntaisesti.

Megatrendien kuvataan olevan ”kehityksen suuri aalto tai linja, ilmiöiden tunnistettava ja selkeän historian omaava yhtenäinen kokonaisuus, jolla on selkeä kehityssuunta” (Tulevai-

suudentutkimuksen oppimateriaali 2021b) ja toisaalta megatrendien erona trendeihin esitetään, että megatrendit muodostuvat useista samaan suuntaan kehittyvistä trendeistä ja ne ovat makrotason ilmiöiden ja tapahtumakuvausten laajoja kokonaisuuksia (Rubin 2004). Rubinin (2004) artikkelissa esitetään myös, että trendi on sellainen nykyhetken piirre, joka voi jatkua tulevaisuudessa tavalla, jolla sitä on suhteellisen helppo jäljittää tai ennakoida.

Kun edellä on kuvattu erilaisia trendimääritelmiä ja pohdittu trendin piirteitä, seuraavaksi keskitytään trendiekstrapolointi-sanan loppuosaan. Ekstrapoloinnilla tarkoitetaan kehityksen jatkamista tulevaisuuteen olettamalla tarkasteltavan ilmiön muuttuvan aiempien havaintojen suuntaisesti. Ekstrapolointi on aikasarja-analyysin osa, jossa aikasarjan kulkua jatketaan tulevaisuuteen hyödyntämällä havaittuja säännönmukaisuuksia, toisin sanoen projisoimalla kehitystä tulevaisuuteen. Aikasarja-analyysit ovat puolestaan empiiristen menetelmien joukko. Näiden avulla tarkastellaan tutkittavan

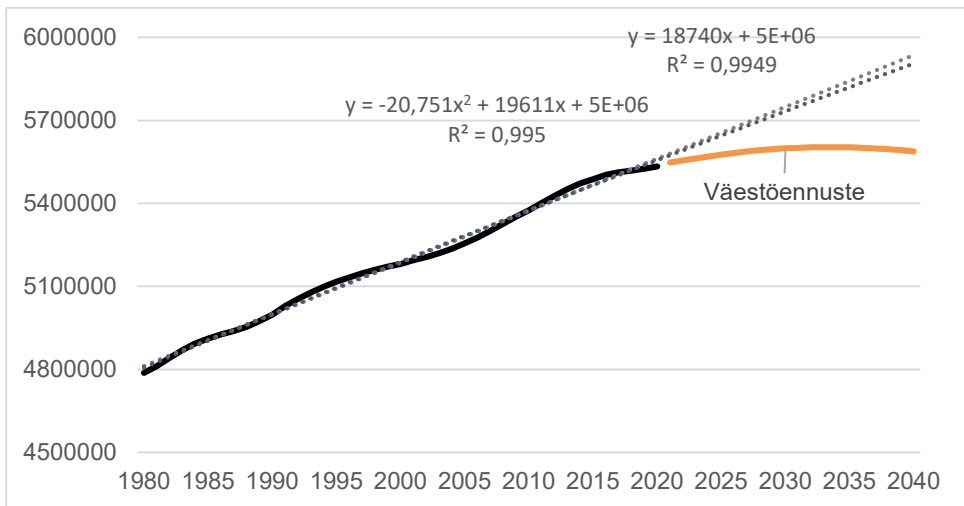
kohteen aiempaa kehityskulkua ja tehdään kehityskulussa havaittavien, yleensä maattisten tai tilastollisten, säännönmukaisuuksien perusteella johtopäätöksiä kehityksen suunnasta ja laadusta. Aikasarja-analyysimenetelmien avulla aikasarjoja voidaan jatkaa havaintoajanjakson yli. Menetelmiä voidaan soveltaa silloin, kun säännönmukaisuuksien voidaan olettaa pysyvän muuttumattomina. Tämä koskee myös ennusteiden tekemisen aikajaksoa, eli menetelmiä tulisi soveltaa vain sellaisille aikaväleille, joissa säännönmukaisuuksien oletetaan säilyvän. (May 1996; Metodix 2021; Tulevaisuudentutkimuksen oppimateriaali 2021a)

On hyvä huomata, että aikasarja-analyysimenetelmien, jollainen trendiekstrapolointikin on, yhteydessä puhutaan usein ennusteiden tekemisestä ja ennusteista (engl. *forecast, projection*), jotka ovat usein yksiselitteisiä ja täsmällisiä, ja samalla myös rajoittuneita ja joustamattomia (Metodix 2021). Kvantitatiivisia menetelmiä onkin perinteisesti käytetty tuottamaan vaihtoehtottomia yhden tulevaisuuden malleja, kun taas laadulliset menetelmät tuottavat moniselitteisempiä, kuvailevampia ja laaja-alaisia vaihtoehtoisia tulevaisuuksia (Metodix 2021). Skenaarioiden rakentamisessa voidaan yhdistää näitä ”kovempia” (data-aineistoon perustuvia) tuloksia ja laadullisia ja tulokkainnallisempia tuloksia, joita voidaan tuottaa kvalitatiivisilla menetelmillä (Metodix 2021). Trendiekstrapoloinnin avulla tuotettava tulevaisuudentila voi toimia esimerkiksi vertailuskenaariona tai niin sanottuna BAU (business as usual, nykyhetken jatkumo) -skenaariona. Tämän artikkelin kirjoittajien omissa tutkimushankkeissa trendiekstrapoloinnin avulla on tarkasteltu esimerkiksi tiekuljetusalan energiatehokkuuden ja hiilidioksidipäästöjen tulevaisuutta (Liimatainen & Pöllänen 2010; Liimatainen & Pöllänen 2013; Pöllänen & Liimatainen 2011) sekä tieliikenteen turvallisuuden tulevaisuutta (Pöllänen & Mäntynen 2004). Näissä trendiekstrapolointia on yhdistetty esimerkiksi muihin laskennallisiin menetelmiin ja tuotettu erilaisia yksinkertaisia trendiennusteita tai monimutkaisempia laskentamalleja hyödyntäen esimerkiksi Microsoft Excel-ohjelmistoa. Edelleen näitä menetelmiä on yhdistetty laadullisiin menetelmiin ja esimerkiksi Delfoi-menetelmän avulla kerättyyn näkemykselliseen asiantuntijatietoon ja tuotettu tulevaisuuden mahdollisia kehityspolkuja avaavia skenaarioita (ks. esim. Liimatainen et al. 2014).

Chapin (2011) kuvaa trendiekstrapoloinnin ennustetekniikkana, jolla tutkija kartoittaa menneistä aikajaksoista datapisteitä, valitsee parhaiten sopivan trendikäyrän (tai -suoran) tälle datalle ja sitten jatkaa trendiä tulevien arvojen ennustamiseksi. Ekstrapolointi on kahden muuttujan regressiotekniikka, jossa riippumaton, selittävä muuttuja on aika ja selitettävä muuttuja on se, jonka kehitystä jatketaan tulevaisuuteen. Ekstrapoloinnissa muuttujan tulevia arvoja ennustetaan pelkästään muuttujan aiemmin saamien arvojen perusteella. Ekstrapolointitekniikasta on useita variaatioita yksinkertaisesta lineaarisesta regressiosta kompleksisempiin polynomi- ja logistiisiin funktioihin ja käyriin ja suhteita huomioiviin ennustemalleihin. (Chapin 2011) S-käyrä, jota tarkastellaan luvussa 3, on esimerkki logistisesta funktiosta ja käyrästä. Ekstrapolointia käytetään rutiininomaisesti väestöennusteiden tekemisessä, budjetoinnissa julkisella sektorilla ja liiketoiminnassa myynnin ja tuottojen projisoinnissa.

Ekstrapoloinnin suosio perustuu sen yksinkertaisuuteen ja vähäiseen datatarpeeseen. Ekstrapolointia voidaan tehdä helposti hyödyntämällä taulukkolaskentaohjelmaa tai laskinta. Vähäistä datatarvetta kuvaa se, että dataa ei välttämättä tarvita kuin kahdesta datapisteestä. Näiden kahden pisteen avulla määritettävää trendisuoraa voidaan jatkaa tulevaisuuden arvojen määrittämiseen. (Chapin 2011) Smith et al. (2001, lähteessä Chapin 2011) ovat todenneet useiden empiiristen tutkimusten osoittaneen, että trendiekstrapolointi on yhtä tarkka kuin muut, kompleksisemmat menetelmät, kuten väestömuutoksen komponentteja (syntyvyys, kuolleisuus, muuttoliike) tarkastelevat mallit.

Kuvassa 1 esitetään Suomen väestömäärän kehitys vuosina 1980–2020 ja sen perusteella laaditut kaksi trendiekstrapolaatiota vuoteen 2040. Toinen trendiekstrapolaatio on lineaarinen, ts. trendisuora, ja toinen toisen asteen polynominen trendikäyrä. Molempien korrelaatiokertoimen neliö eli selitysaste (R^2) on hyvin lähellä arvoa 1. Mitä lähempänä selitysaste on arvoa 1, sitä paremmin datan avulla luotu suora ja käyrä sopivat dataan, kun taas arvo 0 kuvaisi, ettei näiden välillä ole yhteyttä. Toisin sanoen kuvassa 1 esitetyt yhtälöt kuvaavat dataa hyvin. Vertailun vuoksi kuvaan on lisätty Tilastokeskuksen vuonna 2021 julkaiseman väestöennusteen mukainen väestökehitys. Tilastokeskuksen väestöennuste on ns. demografinen trendilaskelma, joka perustuu kunnittain laskettaviin hedelmällisyys-, kuolevuus- ja muuttokertoimiin. Siinä tuleva kehitys lasketaan perustuen oletukseen, että edeltävien vuosien väestönkehitys jatkuisi samanlaisena. Kunnittaisista tiedoista saadaan summaamalla maakuntien ja koko maan luvut. Tarkemmin väestöennusteen laatimista on kuvattu Tilastokeskuksen (2021a) verkkosivuilla.



Kuva 1. Suomen väestömäärän kehitys 1980–2020 (Tilastokeskus 2021c), sen avulla esitetyt väestökehityksen kaksi trendiekstrapolaatiota (lineaarinen suora, ylempi kaava ja päätepiste vuonna 2040; alempana toisen asteen polynominen käyrä) vuoteen 2040 sekä Tilastokeskuksen (2021b) vuonna 2021 julkaisema väestöennuste. R^2 on selitysaste.

Kuten kuvasta 1 huomataan, trendiekstrapolaation tulokset ja Tilastokeskuksen väestöennuste eroavat merkittävästi toisistaan. Tilastokeskuksen väestöennuste huomioi esimerkiksi hedelmällisyyden alenemisen ja olettaa hedelmällisyydslukujen pysyvän samoina koko ennustejakson samoin kuin nettomaahanmuuton olevan tietyllä tasolla, vuosittain 15 000 henkilöä vuoden 2021 jälkeen (Tilastokeskus 2021a). Vaikka Tilastokeskuksen väestöennuste perustuu trendiekstrapolaatiota huomattavasti suurempaan datamäärään, ennuste ei välttämättä ole sen tarkempi. Tilastokeskuksen aiemmat, samalla ennustemenetelmällä tuottamat väestöennusteet ovat aliarvioineet väestön kasvun todelliseen kehitykseen nähden.

On hyvä huomata, että Tilastokeskuksen väestöennustetta käytetään laajasti väestökehityksen perusennusteena, mutta kuten muissakin ennusteissa, siinä on omat rajoitteensa. Ennustetta käytettäessä tulisi olla tietoinen näistä rajoitteista ja huomioida esimerkiksi ennusteeseen liittyvät epävarmuudet. Väestöennuste voi olla esimerkiksi lähtötietona liikenne-ennusteelle, joka on edelleen lähtötietona esimerkiksi liikenteen päästömalleille ja liikenneturvallisuuden ennustemalleille. Edelleen on hyvä huomata, että väestöennusteita tuottavat muutkin tahot, kansainvälisesti esimerkiksi Yhdistyneet kansakunnat (ks. <https://population.un.org/wpp/>). Tulevaisuuden väestökehitystä hahmottavat myös paikallisesti tai alueellisesti tuotetut ns. väestösuunnitteet, jotka kuvaavat tavoitteellista väestökehitystä, johon esimerkiksi kunta tai kaupunkiseutu pyrkivät ja jonka mukaan toimijat suunnittelevat maankäyttöä ja liikennejärjestelmän kehittämistä. Tässä artikkelissa huomio on kuitenkin erityisesti trendiekstrapolaatiossa, joka näyttää sopivan verrattain hyvin ennustamaan väestömäärää valtakunnallisella tasolla Suomessa. Tilastokeskuksen koko maan väestökehitystä koskevaa aikasarjaa vuodesta 1750 vuoteen 2020 tarkasteltaessa toisen asteen polynomikäyrän selitysaste on erittäin korkea, 0,9936, vaikka tällä aikajaksolla on ollut sekä sotavuosia että ankaria katovuosia (suuret nälkävuodet 1866–1868). Eksponentiaalinen, lineaarinen tai logaritminen käyrä sen sijaan sopivat tähän pitkään aikasarjaan heikommin (alempi selitysaste ja selvästi havaittavissa, että trendikäyrä ja toteutunut väestökehitys erkanevat), kun taas kolmannen, neljännen ja näitä korkeammilla polynomikäyrillä sopivuus edelleen paranee selitystasetta tarkasteltaessa.

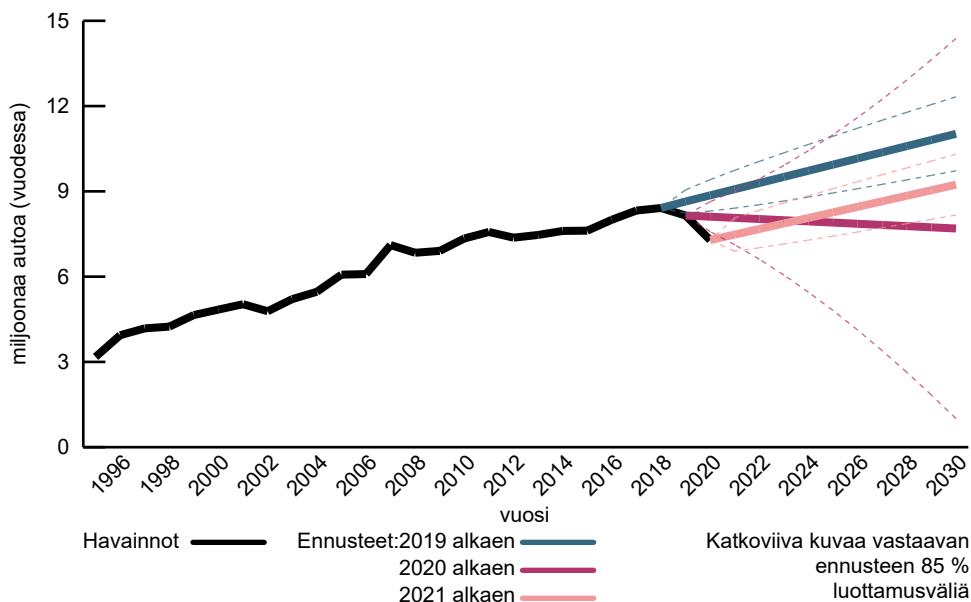
Samalla kun yksinkertaisuus ja vähäinen lähtödatatarve tekevät ekstrapoloinnista kiinnostavan ennustemenetelmän, ovat nämä samat ominaisuudet myös menetelmän keskeiset rajoitteet. Ekstrapolointi hyödyntää aggregoitua eli yhdistettyä dataa ja tuottaa myös aggregoituja tuloksia, eikä tarkasteltavaan ilmiöön vaikuttavia tekijöitä huomioida. Väestökehityksen osalta tämä tarkoittaa esimerkiksi asumistrendien, talousmuutosten ja muiden väestöön vaikuttavien ulkoisten tekijöiden ohittamista tarkastelussa. Ekstrapoloinnissa tarkastelun (”mallin”) syötteet ja ulostulot ovat yksinkertaiset, eli jos esimerkiksi ekstrapoloidaan verotulojen kokonaiskehitystä, tulokset eivät sisällä tietoja eri verolajien verokertymästä. (Chapin 2011)

Ekstrapoloinnin rajoitteena on myös, että tulevaisuuden tilan ennuste perustuu menneisyyden tilanteeseen. Vaikka menneisyyden tila on käyttökelpoinen lähtökohdaksi tulevaisuuden ennustamiseen, menneisyyden tilanteen ja trendien jatkuminen on

epävarmaa. Edelleen on tarpeen huomioida, että se valinta, joka tehdään aikajakson ja datapisteiden valinnassa, vaikuttaa suuresti tuloksiin. Näistä syistä trendiekstrapolointia tulisi käyttää huolellisesti ja tunnistaa sen hyödyt ja rajoitteet tulevaisuuden ennustamisessa. (Chapin 2011)

Ekstrapoloinnissa oletetaan, että menneisyyden tunnistettu malli jatkuu tulevaisuudessa. Menneisyyden mallin tunnistamisessa voidaan havaita esimerkiksi pitkässä aikasarjassa oma kehityskulku ja lyhyemmän aikajakson aikasarjassa toinen, erilainen kehityskulku. Esimerkkinä tällaisesta pitkästä aikasarjasta on tieliikenteessä kuolleiden määrä Suomessa. Tätä koskevassa tilastossa voidaan tunnistaa vuoden 1972 jälkeen kuolleiden määrän selkeä väheneminen, joka on pitkällä aikavälillä jatkunut, mutta ei tasaisesti. Myönteinen kehitys oli erityisen nopeaa 1970-luvulla, kun taas myöhemmin tieliikenteessä kuolleiden määrä on välillä noussutkin, mutta pitkällä aikavälillä tarkasteltuna laskutrendi on kuitenkin jatkunut. Mikäli käytetään esimerkiksi aikajaksoa 1970–2020 trendin määrittämiseen, saadaan varsin erilainen tulos kuin lyhyempää aikajaksoa, esimerkiksi vuosia 2010–2020 tarkastelemalla. Keskeinen kysymys ekstrapoloinnin kannalta onkin, oletetaanko niiden tekijöiden, jotka ovat vaikuttaneet trendiin esimerkiksi vuodesta 1970 tai vuodesta 2010, edelleen vaikuttavan. Ekstrapoloinnissa vallinneen kehityskulun, ja samalla taustalla olevien vallitsevien olosuhteiden, odotetaan jatkuvan tulevaisuudessakin. Onko siis todennäköisempää, että kehitykseen vaikuttavat tekijät ovat samat vuodesta A vai B lähtien? Vai voidaanko menneen kehityksen jatkumisesta tehdä mitään oletusta? Käsityksen muodostaminen tästä edellyttää tarkasteltavan ilmiön hyvää ymmärtämistä.

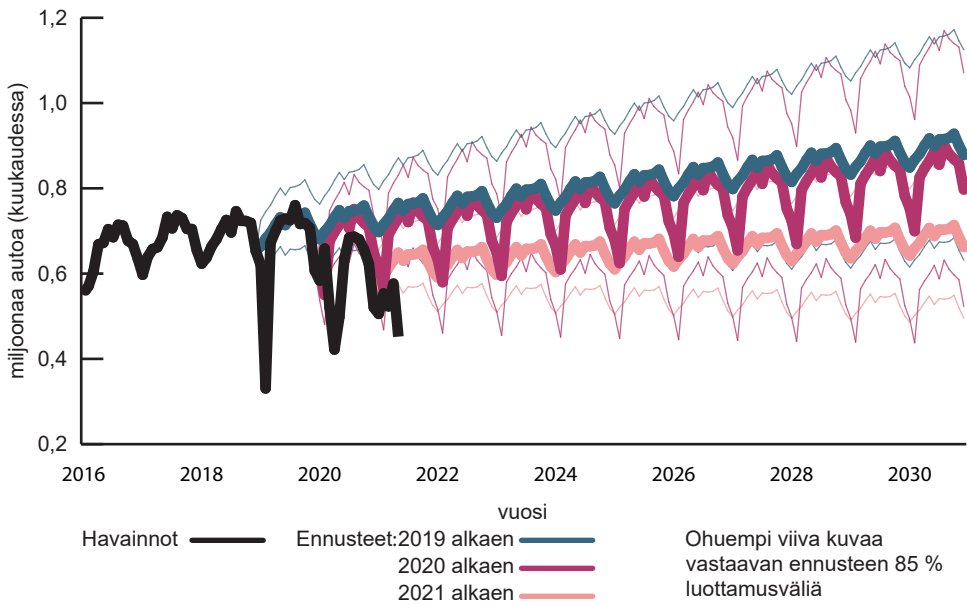
Kuvassa 2 tarkastellaan esimerkkinä liikennemäärien kehitystä vuositasonalla Tampereen eteläpuolella valtatiellä 3 Sääksjärven liikenteen automaattisella mittauspisteellä (LAM-piste) 401 pohjoisen suuntaan. Kuvassa on mahdollista huomata aina vuoteen 2020 jatkuva kasvutrendi, joka katkesi COVID-19-pandemian seurauksena. Datan, joka perustuu päivittäisiin mittauksiin vuodesta 1995, perusteella on muodostettu kolme laskennallista ennustetta, jotka poikkeavat toisistaan vain siinä, miltä ajanhetkeltä eteenpäin ennuste lasketaan. Kaikki ennusteet on laadittu käyttämällä Excelin ennustefunktiota, joka laskee tulevat arvot olemassa olevien arvojen perusteella, eksponentiaalisen kolmoistasoituksen algoritmin AAA-versiota käyttämällä. Tämä on hieman muokattu versio Holt-Wintersin algoritmista, joka perustuu havaintojen painotettuihin arviointeihin, antaen suuremman painoarvon tuoreemmille havainnoille (Microsoft 2014). Tässä tapauksessa ennusteiden laskenta alkaa vuoden 1995 havainnoista, mutta käytetty algoritmi painottaa viimeisempiä havaintoja enemmän. Käytetty ennustemalli huomioi myös mahdollisen kausivaihtelun ennusteessa, mikä näkyy paremmin kuu-kausitason ennusteessa kuvassa 3. Ennusteen luotettavuuden ylä- ja alarajat on esitetty kuvissa 2 ja 3 jokaiselle ennusteelle 85 % luotettavuuden mukaan. Estimaatin luotettavuutta kuvataan luottamusvälillä ja se määritetään aineiston ja halutun tarkkuustason mukaisesti. Tässä esimerkissä on valittu normaalia matalampi 85 %, sillä liikennemäärien ennustaminen tilanteessa, jossa on ollut huomattavaa poikkeavaa kausivaihtelua, on haastavaa. Luottamusvälinä käytetään usein 95 %.



Kuva 2. Vuotuiset liikennemäärät valtatiellä 3 Sääksjärvellä pohjoisen suuntaan LAM-mittauspisteellä 401 (Väylävirasto 2021) sekä liikenne-ennusteet, jotka on laskettu kolmesta eri lähtövuodesta vuoteen 2030 asti.

Kuvasta 2 havaitaan selkeästi, että mikäli ennuste aloitetaan jo vuoden 2019 alusta, kasvu jatkuu aiemman trendin mukaisesti ja ennusteen epävarmuus on varsin pieni. Sen sijaan vuoden 2020 alusta aloitetussa ennusteessa liikennemäärät laskevat hieman, koska vuonna 2019 liikennemäärä väheni hieman. Tässä ennusteessa epävarmuus on huomattavasti muita ennusteita suurempi, sillä vuoden 2019 muutoksessa on sen lyhytkestoisuuden vuoksi epävarmaa, oliko vuosi 2019 vain yksittäinen poikkeusvuosi vai jatkuuko lasku vielä tulevinakin vuosina. Vastaavasti vuoden 2021 alusta alkava ennustejakso huomioi koronapandemian leimaaman poikkeusvuoden 2020, jonka vuoksi ennusteessa liikennemäärien kehitys jatkuu huomattavasti alemmalta tasolta. Tässä ennusteessa liikennemäärien kasvu kuitenkin jatkuu poikkeusvuoden jälkeen aiemman trendin mukaisesti.

Kun kuvaa 2 vastaavat ennusteet laaditaan vuositasen sijaan kuukausitasolle, huomataan kuvasta 3 selkeä vuoden sisäinen vaihtelu. Kesällä liikennemäärä on muita vuodenaikoja suurempi. Kuten kuvassa 2, myös tässä vuoden 2019 alusta laskettu kuukausitasoinen ennuste noudattaa tasaista kasvua kausivaihtelu huomioden. Vastaavasti kuukausitasolle laskettava ennuste, joka lähtee vuoden 2020 alusta, tulkitsee vuoden 2019 hieman alemman liikennemäärän kausivaihteluna, jolloin kasvu jatkuu myös tämän ennusteen mukaan, joskin hieman laajemmalla kausivaihtelulla sekä ennuste-epävarmuudella. Vuoden 2021 alusta laskettavassa kuukausitason ennusteessa puolestaan suuret muutokset tasaantuvat, mutta liikennemäärien kasvu taittuu merkittävästi aiempiin vuosiin ja muihin ennusteisiin verrattuna.



Kuva 3. Kuukausittaiset liikennemäärät valtatiellä 3 Sääksjärvellä pohjoisen suuntaan LAM-mittauspisteellä 401 (Väylävirasto 2021) sekä liikenne-ennusteet, jotka on laskettu kolmesta eri lähtövuodesta vuoteen 2030 asti. Jotta kuukausien vaihteleva pituus ei aiheuttaisi vaihtelua, liikennemäärä on skaalattu kunkin kuukauden liikennemäärän keskiarvoa ja 30 päivän ”standardikuukauden” kestoja hyödyntäen. Kuvaaja esitetään vuodesta 2016 alkaen, mutta ennusteen laskennassa otettu huomioon havainnot vuodesta 1995 alkaen.

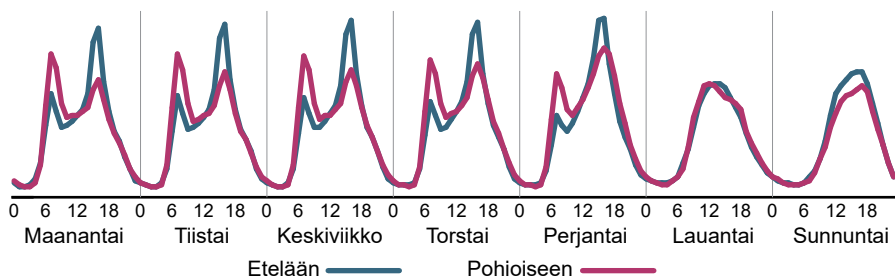
On hyvä huomata, että vaikka molemmissa kuvissa (kuvat 2 ja 3) on esitetty ennusteita samalle ilmiölle, vuosittaisella ja kuukausittaisella datalla laskiessa ennusteet ovat täysin erilaiset. Tilanteesta ja datan luonteesta riippuen onkin tärkeää tunnistaa, millä tarkkuudella ennusteita on perusteltua tehdä. Tässä esimerkissä kuukausitasoinen data ja sen pohjalta tehtyt ennusteet huomioivat kausivaihtelun. Toisaalta ilman erillistä vuositarkastelua vuositason trendi voisi jäädä huomioimatta voimakkaan kausivaihtelun vuoksi.

Vaikka trendiekstrapolointi – ja aikasarja-analyysi yleisemminkin – on esitetty yksinkertaisina menetelminä, on syytä huomata, että myös näihin liittyy haasteita, esimerkiksi aineiston keräämisessä, kuvaamisessa, analysoinnissa ja ennusteiden laatimisessa, eikä näiden käyttöä voi siten varauksetta suositella kokemattomille tutkijoille (Kaarakainen 2008). Tarkat matemaattiset ennusteet ja syklit voivat johtaa harhaan, ja tämä puoltaa muiden analyysimenetelmien hyödyntämistä joko aikasarja-analyysin rinnalla tai sijaan, jotta voidaan tarkastella esimerkiksi yhteiskunnallisen tai taloudellisen kehityksen monimutkaisuutta ja yllätyksellisyyttä (Mannermaa 2004, lähteessä Kaarakainen 2008).

Trendiekstrapolointi edellyttää kvantitatiivisessa muodossa olevaa tietoaaineistoa pitkältä aikaväliltä. May (1996) on esittänyt nyrkkisääntönä, että historiadataa tulisi tarkastella vähintään kaksinkertainen ajanjakso ekstrapoloitavaan ajanjaksoon näh-

den. Monissa aikasarjoissa on nähtävissä selkeä kasvava tai laskeva käyrä, jossa trendi on hyvin tunnistettavissa (esimerkiksi väestömäärä, väestön keski-ikä, monet talouteen liittyvät indikaattorit). Monissa aikasarjoissa on myös kausittaista vaihtelua, kuten vuoden sisäistä vaihtelua (esimerkiksi jouluku, pääsiäinen ja juhannus erottuvat omine piirteineen), viikon sisäistä vaihtelua (eri viikonpäivät) tai vuorokauden sisäistä vaihtelua esimerkiksi tyypillisen työssäkäynnin, päivähoitopaikkojen ja oppilaitosten rytmin mukaan. Kausittaisessa vaihtelussa samanlainen kuvio toistuu tiettyinä aikoina. Aikasarjassa voidaankin tunnistaa trendikomponentin (esimerkiksi vuosittainen 1,5 % kasvu) lisäksi kausikomponentti (esimerkiksi kuukausittainen tai viikoittainen vaihtelu) sekä satunnaisvaihtelun komponentti. Liikennemäärän osalta tällainen satunnaisvaihtelun komponentti voisi olla esimerkiksi seurausta tapahtumasta, joka järjestetään kerran ja sen seurauksena tien liikennemäärä on yhtenä päivänä huomattavasti suurempi.

Kuva 4 esittää keskimääräisiä liikennemääriä eri viikonpäivinä ja vuorokaudenaikoina vuodesta 1995 vuoden 2021 alkupuoliskoon LAM-pisteeltä 401. Kuvasta voidaan havaita, että arkipäivien vaihtelu on samankaltaista ja suurimmat tuntiliikennemäärät ovat Tampereen suuntaan aamulla kahdeksan aikaan ja vastaavasti Tampereelta etelään suuntaan neljän aikaan. Näitä piikkejä selittää mm. työmatkaliikenne ja perinteinen arkirythmi kahdeksasta neljään. Viikonloppuna ei erotu yksittäisiä huipputunteja, vaan liikenne jakautuu tasaisemmin pitkin päivää molempiin suuntiin. Mikäli haluttaisiin ennustaa esimerkiksi liikennemäärä tässä LAM-pisteessä arkisin vuonna 2030, olisi tämän ennusteen laatimiseksi tarpeen yhdistää kuvissa 2 ja 3 tarkasteltuja pidemmän aikavälin kehitystrendejä ja kuvassa 4 esitetty päivittäinen vaihtelu.



Kuva 4. Keskimääräinen viikonpäivävaihtelu valtatiellä 3 Sääksjärvellä LAM-mittauspisteellä 401 liikenteen suunnan mukaan eroteltuna. Data vuodesta 1995 vuoden 2021 toukokuuhun. (Väylävirasto 2021)

Syklistä vaihtelua on nähtävissä myös hyvin pitkillä aikaväleillä tarkasteltaessa, esimerkiksi Kondratieffin talouden pitkissä sykleissä (ks. esim. Wilenius & Kurki 2012) syklit ovat tyypillisesti kestäneet 40–50 vuotta. Lentoliikenteen taloussykleissä on puolestaan tunnistettavissa noin vuosikymmenen mittaisia syklejä (Chutiphongdech 2019). Trendiekstrapolointi edellyttääkin kykyä tunnistaa trendin kehityksen hahmo, joka voi olla esimerkiksi sekä lineaarista että hyppäyksellistä, kuten akkujen energiatihedden kasvussa on havaittu (Saarelainen 2018). Hyppäyksellinen kehitys voi liittyä esimerkiksi uusiin teknologioihin ja näissä kehityksen hahmo voi olla S-kirjaimen

muotoinen, jota tarkastellaan luvussa 3. Lineaarisen kehityksen vaihe jatkuu, kunnes keksitään parempi ratkaisu, joka syrjäyttää aiemman – ja tämän hyppäyksellisen vaiheen jälkeen kehitys jatkuu jälleen lineaarisesti (Saarelainen 2018).

Aika on merkittävä muuttuja ja tarkastelun kohde trendianalyysissä ja -ekstrapo-

Trendiekstrapolointi edellyttää kykyä tunnistaa trendin kehityksen hahmo, joka voi olla esimerkiksi sekä lineaarista että hyppäyksellistä, kuten akkujen energiatiheiden kasvussa on havaittu.

loinnissa. Trendien sitominen aikaan ja seuranta eli monitorointi on tärkeää, koska trendien kehityskaaret eivät aina ole lineaarisia. (Saarelainen 2018) Saarelainen (2018) muistuttaa-kin tässä yhteydessä tunnetun tulevaisuudentutkija Roy Amaran toden-

neen, että teknologian vaikutuksia on tapana yliarvioida lyhyellä aikajaksolla, kun taas pitkällä aikajaksolla vaikutuksia aliarvioidaan (ns. Amaran laki).

Kuosa (2006) on huomauttanut, että vaikka trendiekstrapoloinnin kulta-aika oli 1960- ja 1970-luvuilla, tehdään tulevaisuudentutkimusta edelleen pitkälti lineaaristen mallien mukaan. May (1996) on puolestaan todennut, että täysin lineaarinen kehitys on hyvin harvinaista. Kasvu on usein prosentuaalista, esimerkiksi vuosittainen kasvu on 5 %, jolloin lineaarisen kasvun sijaan kyse on eksponentiaalisesta kasvusta.

Trendiekstrapolointi ei ole tulevaisuudentutkimuksen valtavirtamenetelmä, mutta ymmärrys menetelmästä auttaa hahmottamaan tapaa, jolla tulevaisuuden kehitykseen liittyviä kehitystrendejä voidaan tarkastella. Samalla, kuten edellä on todettu, on hyvä tunnistaa menetelmän rajoitteet. Trendiekstrapolointi soveltuu käytettäväksi silloin, kun käytettävissä on dataa, josta kehitystrendi voidaan tunnistaa, ja kun kehitystrendin voidaan olettaa jatkuvan. Tulevaisuudentutkimuksessa ollaan kuitenkin usein kiinnostuneempia mahdollisista murroksista, toisin sanoen niistä hetkistä, jolloin trendimäiset kehityskulut katkeavat. Varsinkin 2020-luvulla kestävyysshaasteiden korostuessa

Trendiekstrapolointi ei ole tulevaisuudentutkimuksen valtavirtamenetelmä, mutta ymmärrys menetelmästä auttaa hahmottamaan tapaa, jolla tulevaisuuden kehitykseen liittyviä kehitystrendejä voidaan tarkastella.

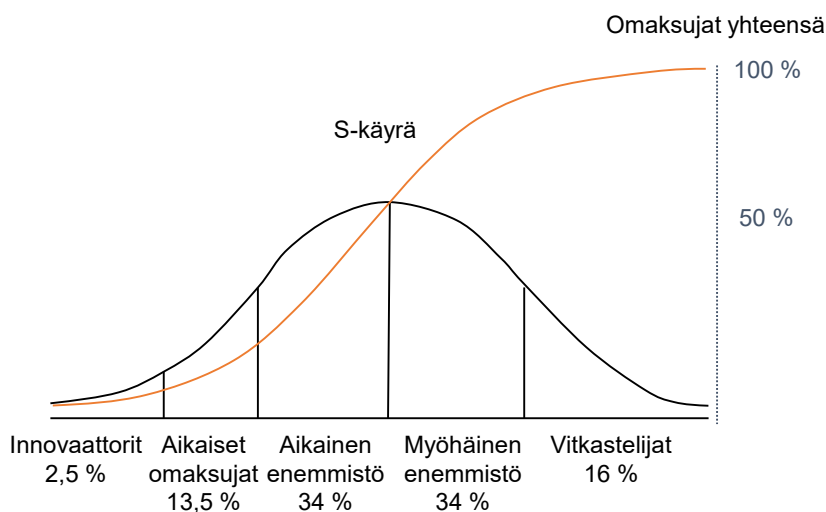
on tarve katkaista monia pitkään jatkuneita trendejä, kuten fossiilisten energialähteiden käytön ja hiilidioksidipäästöjen kasvu. Trendien tarkastelu on tärkeää tulevaisuudentutkimuksessa jatkossakin. Trendikehityksen määrällisen tarkastelun rinnalla ja monin paikoin sijaan laa-

dullinen tarkastelu korostuu. Tämä näkyi esimerkiksi tulevaisuudentutkimuksen kesäkonferenssissa 'Learning Futures – Futures of Learning Conference' vuonna 2021, jossa trendit ja megatrendit olivat erityisesti laadullisen kuvauksen ja tarkastelun kohteena (mm. trendianalyysi), ks. esim. futuresconference2021.com.

3. S-käyräanalyysi

Tässä luvussa tarkastellaan S-käyräanalyysiä erityisesti innovaatioiden omaksumisen (engl. *adoption*) ja leviämisen (engl. *diffusion*) kontekstissa. Innovaatioiden leviämisen teorian kehittäjä on viestintätieteiden professori Everett Rogers, joka toi käsitteen yleiseen tietoisuuteen kirjassaan *Diffusion of innovations* vuonna 1962. Innovaation omaksumista voi pitää yksilötasolla tapahtuvana muutoksena, kun taas innovaation leviäminen liittyy ihmisjoukkoihin. Innovaatioiden omaksuminen ja leviäminen on kiinnostavaa tulevaisuudentutkimuksen näkökulmasta, sillä ne voivat muuttaa ihmisten ja organisaatioiden käyttäytymistä innovaatiosta riippuen hyvinkin merkittävästi, kuten on tapahtunut matkapuhelinten ja sosiaalisen median yhteydessä tai kuten voi tapahtua tulevaisuudessa esimerkiksi liikenteen osalta sähköautojen tai -potkulautojen tai uusien liikkumispalveluiden omaksumisen ja yleistymisen myötä.

Rogersin (2003) määritelmän mukaan innovaation leviäminen on prosessi, jossa innovaation hyödyt kommunikoidaan tiettyjen kanavien kautta tietyssä ajassa sosiaalisen järjestelmän jäsenille. Innovaation leviäminen noudattaa tyypillisesti S-kirjaimen muotoista kehityskulkua (kuva 5). Innovaatio voi olla teknologian lisäksi myös sosiaalinen, kuten poliittinen ideologia, uskonto, huhu tai uutinen. (Rogers 2003)



Kuva 5. Innovaatioiden omaksujaryhmät ja leviämiskehitys (Rogers 2003). S-käyrä on omaksujien osuuden summakäyrä.

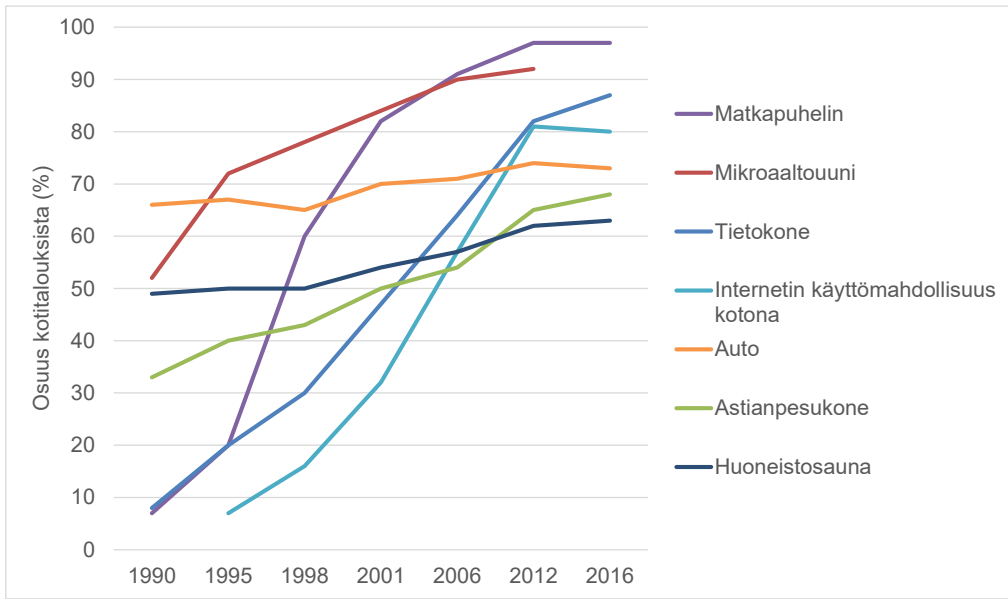
S-käyrä on logistinen funktio, jossa uuden innovaation omaksuvat alussa innovaattorit ja aikaiset omaksijat, jolloin innovaation leviäminen on hidasta, mutta kasvaa eksponentiaalisesti ja innovaatio ”lähtee lentoon”, kun markkinaosuus on 10–20 % ja hyötyjen kommunikoinnin kannalta kriittinen massa on omaksunut innovaation. Tämän jälkeen alkaa innovaation lineaarinen leviäminen, kun aikainen ja myöhäinen enemmistö omaksuu innovaation. Lopulta innovaation leviäminen hidastuu vitkas-

telijoiden omaksuessa innovaation ja markkinaosuus saturoituu eli kyllästyy tietylle, kullekin innovaatiolle ominaiselle tasolle. Innovaation koettu suhteellinen hyöty edellisiin innovaatioihin, yhteensopivuus yksilöiden elämäntapaan, omaksumisen helppous, kokeilun mahdollisuudet ja innovaation hyötyjen näkyvyys määrittävät innovaation leviämisen nopeuden ja lopulta käyttöön ottavien henkilöiden määrän, joten 100 % omaksuja-aste ei välttämättä tarkoita osuutta koko populaatiosta, vaan tietystä ryhmästä. Tyypillisesti aikaisemmat omaksujat ovat keskimääräistä korkeammin koulutettuja, suurituloisempia ja varakkaampia, mutta eri innovaatioiden osalta omaksujaryhmät voivat vaihdella hyvinkin paljon, eikä voida olettaa, että sama henkilö kuuluisi samaan ryhmään kaikkien innovaatioiden suhteen. (Rogers 2003)

On myös hyvä ymmärtää, että S-käyräkin voi olla erimuotoinen erilaisissa tilanteissa, koska innovaation, kommunikaatiokanavien ja sosiaalisen järjestelmän ominaisuudet ovat erilaiset kullekin teknologialle. Massamedian aikakaudella kommunikaatiokanavat olivat rajalliset ja tieto uusista innovaatioista tavoitti ihmiset laajasti, mutta sosiaalisen median myötä tiedonvälitys on nopeampaa, mutta myös rajatumpaa. Viime vuosikymmeninä erilaisten innovaatioiden on havaittu yleistyvän aiempaa nopeammin (ks. teknologioiden omaksumisesta ja leviämisestä esim. Richie & Roser 2021) ja matkapuhelinten ja internetin aikakaudella esimerkiksi erilaiset älylaitesovellukset voivat yleistyä vuosien ja vuosikymmenten sijaan viikoissa ja kuukausissa ja tavoittaa satoja miljoonia käyttäjiä lyhyessä ajassa.

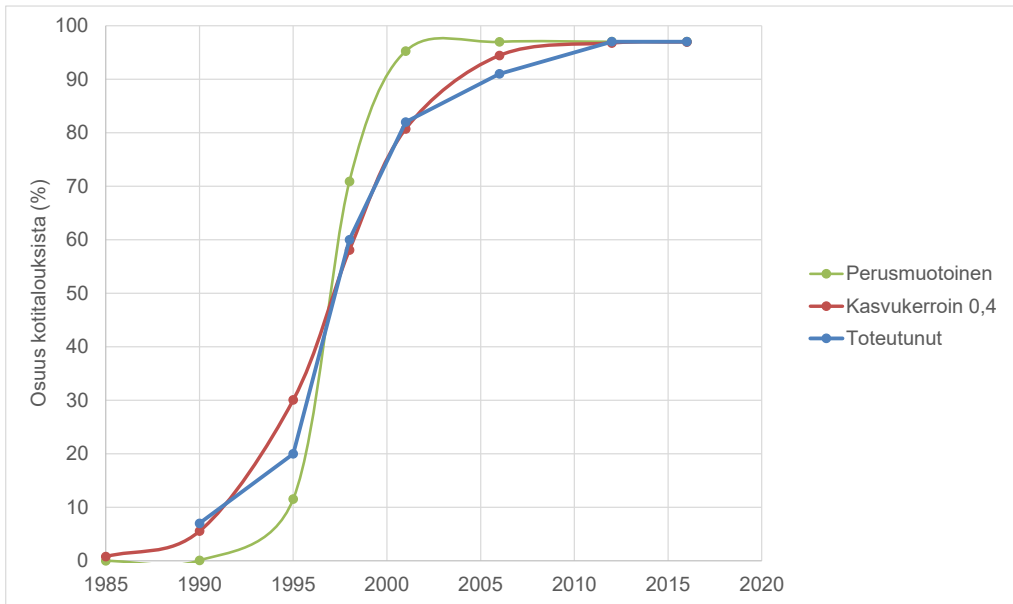
Riippumatta tiedonvälityksen kanavista, vaikuttavinta innovaatioiden leviämisessä on kasvokkainen kohtaaminen samankaltaisten ihmisten kesken. Innovaatiot omakсутaan ja leviävät sosiaalisissa järjestelmissä, joissa yhdistävänä tekijänä on pyrkimys ratkaista yhteinen ongelma. Eri ihmisryhmillä ratkaistavat ongelmat ovat erilaisia, jolloin innovaation leviäminen tapahtuu tietyn ihmisryhmän parissa, mutta on olemassa tiettyjä ongelmia, jotka ovat yhteisiä suurimmalle osalle ihmisistä. (Rogers 2003) Tällaisia kaikille ihmisille yhteisiä ongelmia on esimerkiksi asumiseen, ruokaan, liikenteeseen ja tiedonvälitykseen liittyen, jolloin näihin liittyvät innovaatiot voivat levitä koko populaatioon.

Tilastokeskuksen kotitalouksien kulutustutkimuksen aineistoista, ks. kuva 6, voidaan nähdä esimerkiksi matkapuhelimien ja tietokoneiden leviämisen seuranneen S-käyrän muotoista kehitystä suomalaisten kotitalouksien keskuudessa vuosina 1990–2016. Tällä aikavälillä autonomistus kotitalouksissa on pysynyt hyvin vakaana noin 70 prosentin osuudessa, eli autollisuuden leviäminen kotitalouksissa on saturoitunut jo ennen vuotta 1990. Asumiseen liittyvät innovaatiot, astianpesukone ja sauna puolestaan vaativat suurempia rakenteellisia muutoksia asuntoihin, joten niiden leviäminen on hitaampaa ja potentiaalinen omaksujajoukko pienempi kuin viestintäteknologian osalta.



Kuva 6. Kestokulutustavaroiden omistus suomalaisissa kotitalouksissa (Tilastokeskus 2021d).

S-käyrän eli logistisen funktion perusmuoto on $F(t) = 1 / (1 + e^{-t})$, jossa t on aika. S-käyrää tulkittaessa on tärkeää ymmärtää, missä kohtaa S-käyrää ollaan, mikä on käyrän maksimiarvo ja taitepiste, eli ajankohta, jolloin osuus on puolet maksimiarvosta sekä kasvukerroin eli käyrän kaltevuus. Tätä tarkastelua helpottaa funktion esittäminen muodossa $F(t) = K / (1 + e^{-b(t-t_0)})$, jossa K on osuuden maksimiarvo, b on kasvukerroin ja t_0 ajankohta, jolloin osuus on puolet maksimiarvosta. Kuten todettua, usein innovaation leviämislle on olemassa yläraja K ja ylärajan arvoa voidaan hakea esimerkiksi laajoilla kansalaiskyselyillä, joissa vastaajilta pyydetään näkemystä teknologian omaksumiseen erilaisissa tilanteissa. Esimerkiksi Liljamo (2020) selvitti suomalaisten suhtautumista liikenteen palvelujen omaksumiseen kyselyllä, jonka vastaajista 26 % ilmaisi, ettei ottaisi liikkumispalvelupakettia käyttöönsä, vaikka sen avulla voisi kattaa kaikki liikkumistarpeet. Ylärajan lisäksi kansalaiskyselyillä voidaan hakea myös kasvukertoimen ja taitepisteen ajankohdan arvoja, esimerkiksi kysymällä, milloin kansalaiset aikovat hankkia uutta teknologiaa. Matkapuhelimen yleistymisen suomalaisissa kotitalouksissa toteutti melko tarkasti funktiota: $F(t) = 97 / (1 + e^{-0,4(t-1997)})$, ks. kuva 7. Perusmuotoinen funktio ilman kasvukertoimen alemmaa arvoa antaisi liian jyrkän S-käyrän toteutuneeseen kehitykseen verrattuna.



Kuva 7. Matkapuhelimen yleistyminen suomalaisissa kotitalouksissa (Tilastokeskus 2021d) ja mahdollisia S-käyriä.

Perusmuotoisten logististen funktioiden käyttöä teknologian leviämisen kuvaamiseen on kritisoitu liiallisesta yksinkertaistamisesta ja niille on ehdotettu erilaisia vaihtoehtoja, esimerkiksi epäsymmetrisiä funktioita, joissa kasvu on alussa nopeaa ja hidastuu ajan myötä, jolloin taitepiste asettuu aikaisempaan ajankohtaan. On myös huomattava, että S-käyräanalyysiä voi käyttää myös teknologiasta luopumisen ja teknologian vaihdon ennakkointiin. (Grübler 1990) Sopivaa S-käyrää voi etsiä kuhunkin tilanteeseen hakemalla analogioita aiempien innovaatioiden leviämisestä tai saman innovaation toteutuneesta leviämisestä eri maissa tai eri ihmisryhmien keskuudessa. Esimerkiksi Rogers (2003) ja Grübler (1990) antavat lukuisia esimerkkejä S-käyrän käytöstä innovaatioiden leviämisen tarkastelussa sekä esittelevät erilaisia funktioita ja niiden vahvuuksia ja heikkouksia. Muun muassa kanavien, rautateiden, valtateiden ja lentoliikenteen kehityksestä voidaan tunnistaa niiden leviämisen noudattaneen logistista funktiota. Logistista käyrää on käytetty myös kuvaamaan Kondratieffin pitkän aikavälin taloussyklejä.

4. Päätelmät

Sekä trendiekstrapolointi että S-käyräanalyysi ovat tulevaisuudentutkimuksen kannalta menetelmiä, joilla voidaan laskennallisesti jatkaa tunnistettua kehityskulkua tulevaisuuteen. Menetelmiä käytettäessä mennyt kehitys, erityisesti kehitystä kuvaava data, määrittää tulevaisuuden kehitystä.

Tämä on hyvä pitää mielessä, ja menetelmiä käyttäessä tulee varmistua datan laadusta. Menetelmien avulla ei voida huomioida tulevaisuuteen liittyvää epävarmuutta tai mahdollisia epäjatkuvuuskohtia, joten näiden

Sekä trendiekstrapolointi että S-käyräanalyysi ovat tulevaisuudentutkimuksen kannalta menetelmiä, joilla voidaan laskennallisesti jatkaa tunnistettua kehityskulkua tulevaisuuteen.

menetelmien rinnalla on hyvä hyödyntää myös muita menetelmiä. Trendiekstrapoloinnissa data määrittää vahvemmin sen, millaiseksi tulevaisuuden kehityskulku menetelmää sovellettaessa hahmottuu, kun taas S-käyräanalyysissä ennusteen tekijä voi olla suuremmassa roolissa tulevaisuuden kehityksen arvioinnissa ja määrittämisessä. S-käyrän muodon voi määrittää esimerkiksi sen maksimiarvon ja jyrkkyyden avulla.

Yksinkertaisessa trendiekstrapolointiesimerkissä, jossa on kaksi olemassa olevaa datapistettä, esimerkiksi vuoden 2020 arvo 100 ja vuoden 2021 arvo 110, voisi lineaarisella trendisuoralla piirtää tulevien vuosien arvot 120, 130, jne. Tässä kuitenkin on hyvä muistaa nyrkkisääntö, että historiadataa tulisi olla vähintään kaksinkertaiselta ajalta ekstrapoloitavaan ajanjaksoon verrattuna. Pidemmällä aikasarjalla valittavaksi tulee useita erilaisia trendikäyriä ja funktioita, joista eräät sopivat toisia paremmin kuvaamaan historiallista kehitystä. Selitysasteen avulla voidaan tutkia datan ja trendikäyrän yhteensopivuutta, mutta yhteensopivuuden ei yksin tarvitse määrätä sitä, mitä trendiekstrapolointeja tehdään, sillä tulevaisuuden arviointiin voi liittää myös laadullista tarkastelua ja ennusteen tekijän harkintaa (asiantuntemusta). Trendiekstrapoloinnissa ennusteen tekijä voi tarkastella ilmiöön liittyviä laadullisia tekijöitä ja päättää esimerkiksi siitä, minkä aikajakson kehitystrendi (tai -trendit, jos tehdään useampia ennusteita) sopii parhaiten jatkettavaksi ja miten esimerkiksi mahdollista kausittaista vaihtelua huomioidaan. S-käyräanalyysissä ennusteen tekijä voi puolestaan hyödyntää analogioita aiempiin ilmiöihin (esimerkiksi uuden innovaation yleistyminen seuraa samanlaista kehityskulkua kuin jokin aiempi) tai eri maiden välistä vertailua ja niiden perusteella valita käyrän maksimiarvon, kasvukertoimen ja taitepisteen, jossa puolet maksimiarvosta saavutetaan.

Trendiekstrapolointia ja S-käyräanalyysiä tulisi käyttää huolellisesti ja tunnistaa näiden menetelmien hyödyt ja rajoitteet tulevaisuutta koskevien ennusteiden laatimisessa. Menetelmiä voidaan yhdistää muihin laskennallisiin menetelmiin, kuten mallintamiseen, mutta myös laadullisiin menetelmiin ja analyysiin. Esimerkiksi innovaation leviämistä kuvaavan S-käyräanalyysin rinnalla voisi erilaisilla laadullisen tarkastelun menetelmillä selvittää, miten innovaation omaksuminen muuttaa käyttäytymistä.

Lähdeluettelo

- Chapin, Tim (2011) Extrapolation. Teoksessa Lewis-Beck, Michael S. – Bryman, Alan & Futing Liao, Tim (toim.) *The SAGE Encyclopedia of Social Science Research Methods*. Sage Publications, Inc., Thousand Oaks.
- Chutipongdech, Thanavutd (2019) Airline Economics: An Essay on International Airline Alliances. *Thailand and the world economy*, 37(2), 78–95.
- Grübler, Arnulf (1990) *The rise and fall of infrastructures. Dynamics of evolution and technological change in transport*. Physica-Verlag, Heidelberg.
- Hughes, Barry B. (1999) The International Futures (IFs) Modeling Project. *Simulation & Gaming*, 30(3), 304–326.
- Kaarakainen, Minna (2008) *Hajauttaminen valtion ja kuntien välisissä suhteissa 1945–2015. Valtiolisesta järjestelmästä kohti kuntaverkostojen perusterveydenhuoltoa*. Kuopion yliopiston julkaisuja E. Yhteiskuntatieteet 153. Terveystalouden ja -talouden laitos, Kuopion yliopisto, Kuopio.
- Kuosa, Tuomo (2006) *Heikko signaali vai merkityksetön kohina: Pattern management uutena ontologisena lähestymistapana heikkojen signaalien havainnointiin ja tulkintaan*. https://www.researchgate.net/publication/239562530_Heikko_signaali_vai_merkitykseton_kohina_Pattern_management_-_ontologisesti_uusi_lahestymistapa_heikkojen_signaalien_ja_tarkasteluun_ja_tulkintaan. [haettu 15.6.2021]
- Liljamo, Timo (2020) *Tieliikenteen automaation ja palveluistumisen vaikutukset ihmisten liikkumiseen tulevaisuudessa*. Väitöskirja, Tampereen yliopisto. <http://urn.fi/URN:IS-BN:978-952-03-1741-6>.
- Liimatainen, Heikki & Pöllänen, Markus (2010) Trends of energy efficiency in Finnish road freight transport 1995–2009 and forecast to 2016. *Energy Policy*, 38(12), 7676–7686.
- Liimatainen, Heikki & Pöllänen, Markus (2013) The impact of sectoral economic development on the energy efficiency and CO2 emissions of road freight transport. *Transport Policy*, Vol. 27, 150–157.
- Liimatainen, Heikki – Kallionpää, Erika – Pöllänen, Markus – Stenholm, Pekka – Tapio, Petri & McKinnon, Alan (2014) Decarbonizing road freight in the future — Detailed scenarios of the carbon emissions of Finnish road freight transport in 2030 using a Delphi method approach. *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 81, 177–191.
- Mannermaa, Mika (2004) *Heikoista signaaleista vahva tulevaisuus*. Werner Söderström Osakeyhtiö, Helsinki.
- May, Graham H. (1996) *The Future is Ours. Foreseeing, Managing and Creating the Future*. Praeger Studies on the 21st Century, Praeger, Westport.
- Metodix (2021) Tulevaisuudentutkimuksen käsitteitä. <https://metodix.fi/2014/11/15/tutu-osa-ii-menetelma-ja-sovellus/> [haettu 8.6.2021]
- Microsoft (2014) Describing the forecasting models in Power View. Microsoft PowerBI Blog. <https://powerbi.microsoft.com/en-us/blog/describing-the-forecasting-models-in-power-view/> [haettu 20.8.2021]
- MOT Kielitoimiston sanakirja (2021) Kotimaisten kielten keskus ja Kielikone Oy. <https://www.sanakirja.fi/kotus/finnish-finnish/trendi> [haettu 7.6.2021]
- Moore, Gordon E. (1965) Cramming more components onto integrated circuits. *Electronics*, 38(8).
- Popper, Rafael (2008) Foresight Methodology. Teoksessa Georghiou, Luke – Cassingena, Jennifer – Keenan, Michail – Miles, Ian & Popper, Rafael (toim.) *The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practice*. Edward Elgar, Cheltenham, 44–88.
- Pöllänen, Markus & Liimatainen, Heikki (2011) Analysing the sustainability of road freight transport – combining multiple sources of information. Teoksessa Lakkala, Hanna & Vehmas, Jarmo (toim.) *Proceedings of the Conference "Trends and Future of Sustainable Development", 9–10 June 2011, Tampere, Finland*. FFRC eBook 15/2011, Finland Futures Research Centre, University of Turku, 436–446.

- Pöllänen, Markus & Mäntynen, Jorma (2004) *Tieliikenteen turvallisuus vuoteen 2020*. Tiehallinnon selvityksiä 10/2004. Helsinki.
- Richie, Hannah & Roser, Max (2021) Technology Adoption. <https://ourworldindata.org/technology-adoption> [haettu 11.11.2021]
- Rogers, Everett (2003) *Diffusion of Innovations, 5th edition*. Free Press, New York.
- Rubin, Anita (2004) Trendianalyysi tulevaisuudentutkimuksen menetelmänä. <https://tulevaisuus.fi/metodit/toimintaympariston-muutosten-tarkastelu/trendianalyysi-tulevaisuudentutkimuksen-menetelmana/> [haettu 7.6.2021]
- Saarelainen, Aku (2018) *2030-luvun maastohenkilöauton käyttövoima arktisessa sotilaskäytössä*. Pro gradu -tutkielma. Maanpuolustuskorkeakoulu.
- Smith, Stanley K. – Tayman, Jeff & Swanson, David A. (2001) *State and local population projections: Methodology and analysis*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- Tilastokeskus (2021a) Laatuseloste: Väestöennuste 2021–2070. https://www.stat.fi/til/vaenn/2021/vaenn_2021-09-30_laa_001_fi.html [haettu 9.11.2021]
- Tilastokeskus (2021b) Väestö iän ja sukupuolen mukaan eri vuosien väestöennusteissa, koko maa. Väestö 31.12. (ennuste 2021). Tilastokeskuksen StatFin-tilastotietokanta. https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__vrm__vaenn/statfin_vaenn_pxt_128t.px/table/tableViewLayout1/ [haettu 9.11.2021]
- Tilastokeskus (2021c) Väkiluku ja väestömäärän muutos sukupuolen mukaan, 1750–2020. Tilastokeskuksen StatFin-tilastotietokanta. https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__vrm__vaerak/statfin_vaerak_pxt_11rb.px/table/tableViewLayout1/ [haettu 16.6.2021]
- Tilastokeskus (2021d) Kotitalouksien kulutus. Eräiden kestokulutustavaroiden omistus viitehenkilön sosioekonomisen aseman mukaan 1990–2016 (%). https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__tul__ktutk/statfin_ktutk_pxt_008.px/ [haettu 3.8.2021]
- Tulevaisuudentutkimuksen oppimateriaali (2021a) Käsitteitä A–H. Tulevaisuuden tutkimuskeskus, Turun kauppakorkeakoulu, Turun yliopisto. <https://tulevaisuus.fi/kasitteet/kasitteita-a-h/> [haettu 7.6.2021]
- Tulevaisuudentutkimuksen oppimateriaali (2021b) Käsitteitä I–R. Tulevaisuuden tutkimuskeskus, Turun kauppakorkeakoulu, Turun yliopisto. <https://tulevaisuus.fi/kasitteet/kasitteita-i-r/> [haettu 7.6.2021]
- Tulevaisuudentutkimuksen oppimateriaali (2021c) Käsitteitä S–O. Tulevaisuuden tutkimuskeskus, Turun kauppakorkeakoulu, Turun yliopisto. <https://tulevaisuus.fi/kasitteet/kasitteita-s-o/> [haettu 7.6.2021]
- Väylävirasto (2021) Avoimet LAM-tiedot. <https://vayla.fi/vaylista/aineistot/avoindata/tiestotiedot/lam-tiedot> [data kerätty 27.5.2021–8.6.2021]
- Wilenius, Markku & Kurki, Sofi (2012) *Surfing the Sixth Wave: Exploring the next 40 years of global change*. FFRC eBook 10/2012. Finland Futures Research Centre, University of Turku, Turku.