

Mustat joutsenet vihreän siirtymän investointien kiihdytyskaistalla

Toukokuu 2023



AFRY
ÄF PÖYRY

Sisällys

1	Vihreän siirtymän investointien houkuttelevuuden iso kuva	4
1.1	Vihreän siirtymän investoinnit tienhaarassa	4
1.2	Miten analyysi tehtiin?.....	6
1.3	Murroksessakin vihreään siirtymään investoimisen on oltava houkuttelevaa	7
1.4	Miksi murrosta voi kuvata dominoina?	9
1.4.1	"Rahoitusdomino"	11
1.4.2	"Materiaalidomino".....	12
1.4.3	"Komponenttidomino"	14
1.5	Dominoefektien yhteisvaikutus vihreän siirtymän investointien houkuttelevuuteen	15
2	Käytännön tila Suomessa – ison kuvan vieminen arkipäivään	16
2.1	Vihreä siirtymä etenee – iso kuva	16
2.2	Funding Curve apuvälineenä siirtymän hahmottamiseen.....	17
2.3	Vihreän siirtymän kello – ja uhat	19
2.4	Mikä on vihreän siirtymän investointien tila nyt?	20
2.5	Vuoden 2023 alun musta joutsen: pankkidisruptio.....	24
2.6	Mitkä kolme viestiä ovat tärkeimmät muistaa?.....	26
3	Lähivuosien muutokset ja vaikutus vihreän siirtymän investointien houkuttelevuuteen Suomessa.....	26
3.1	Rahoitusympäristön vaiheet vuodesta 2019.....	26
3.2	Miten tekijöiden vaikutus on vaihtunut ajanjakson aikana?	27
3.3	Miten tilanne saattaisi edetä kolmen vuoden horisontilla ja vaikuttaa vihreän siirtymän investointeihin?.....	29
4	Osiaan suurempi mahdollisuus houkutteleviin vihreän siirtymän investointeihin .	30
5	Liite: Menetelmä	31

Ilmastorahasto on tilannut selvityksen AFRY Finland Oy:lta.

Kansikuvan tekemisessä hyödynnetty iteroiden Stable Diffusion -tekoälymallia.

Yhteenveto

Vihreä siirtymä on laaja ja monitahoinen ilmiö, joka ulottuu ja etenee kaikilla elinkeinoelämän ja teollisuuden aloilla monin erilaisin tavoin. Siirtymän taustalta löytyy kuitenkin monta yhteistä tekijää.

Tämä raportti analysoi tiiviisti viime vuosien kehitystä ja uusien ilmastoteknologioiden investointien muutosta. Keinoina ovat tekoälypohjainen data-analyysi, Ilmastorahaston portfolioyritysjoukon haastattelut ja työn toteuttaneen ryhmän kokemus sekä asiantuntemus. Monimutkaiset yhteisvaikutukset teräksen ja hiilidioksidipäästöjen hinnoista Euroopan keskuspankin korkoihin sekä toimitusketjujen viiveisiin olivat pääsyytä siihen, että sovelsimme data-analyysissä pitkää kokemustamme tekoälyalueen eri algoritmeilla tehdyistä tarkasteluista.

Sukellus ennennäkemättömään pandemia-aikaan ja sen seuraamuksiin sekä lähitulevaisuuden näkymiin antaa toivoaksemme ajattelemisen aihetta. Itse haluamme nostaa esille kolme asiaa muistettaviksi.

Ensinnäkin, vihreän siirtymän investoinnit ovat investointeja kuten muutkin. Niiden on houkuteltava rahoittajia – ja vihreällä siirtymällä on aikarajansa, jotta asetetut kansalliset ja kansainväliset tavoitteet saavutetaan. **Tietyt hidasteet investoinneissa uhkaavat aikataulua, kello käy.**

Toiseksi, **rahoitus on noussut ehkä suurimmaksi pullonkaulaksi** vuoden 2019 jälkeisten nopeiden ja dramaattistenkin käännteiden jälkeen. Sekä data että haastattelut ennakoivat tilanteen jatkuvan ainakin tämän vuoden.

Kolmanneksi, vihreän siirtymän investointien toimintaympäristö näyttää olevan valmiiksi jännitteisessä tilassa, valmiina reagoimaan uusiin käännteisiin nopeasti ja jyrkästi. **”Kärsivällinen puskuri” vaimentamaan äkkikäännteitä rahoituksessa näyttää yhä tärkeämmältä.**

Kokonaisuus, kuten tämän hetken maailmantilanne yleensäkin, on harvinaisen monimutkainen. Samaan aikaan ilmastonmuutos ja siihen liittyvät tavoitteet eivät odota. Jalka vihreän siirtymän kaasulta ei saa hellittää. Vihreän siirtymän investointien houkuttelevuus on säilytettävä, kärsivällisen ja kärsimättömän rahan yhteisenä intressinä.

Aika on rahaa, mutta vihreässä siirtymässä vuoden tai kahdenkin viive kriittisten investointien liikkeelle lähtemisessä voi kumuloitua lukuisiksi vuosiksi tavoitteiden saavuttamisessa.

Helsingissä 15.5.2023

Petri Vasara

Hannele Lehtinen

Nhi Le

AFRY Finland Oy

1 Vihreän siirtymän investointien houkuttelevuuden iso kuva

1.1 Vihreän siirtymän investoinnit tienhaarassa

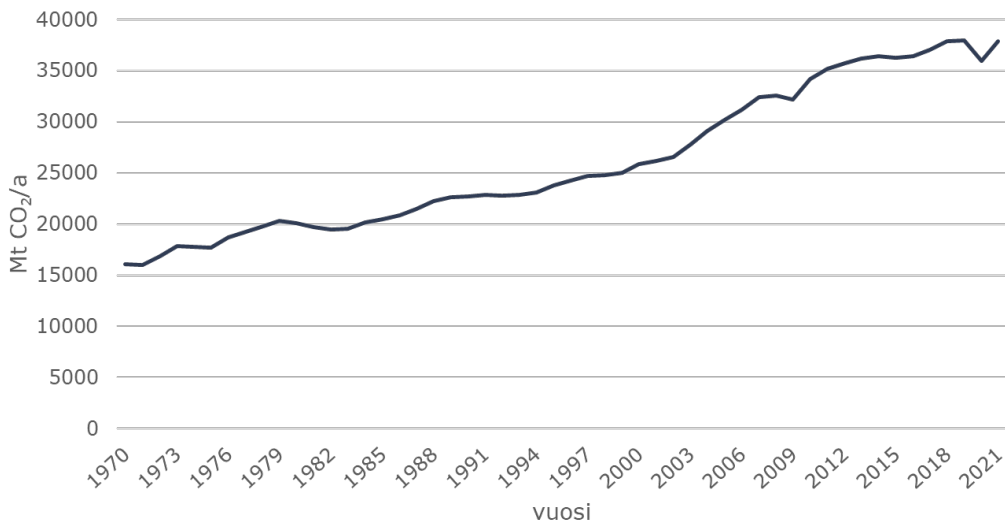
Mikä on vihreän siirtymän investointi?

Vihreällä siirtymällä tarkoitetaan muutosta kohti ekologista ja ilmastokestävää taloutta, joka ei perustu luonnonvarojen ylikulutukseen ja fossiilisiin polttoaineisiin. Vihreän siirtymän investointi on tällöin jokainen investointi, jolla edesautetaan tätä muutosta.

Miten investoinnit ovat edenneet ja miksi olemme tienhaarassa?

Raportissa käymme läpi vihreän siirtymän investointien toteutumisen nopeutta ja pullonkauloja. Analysoimme, onko investointitahti mahdollisesti hidastunut, mitkä tekijät ovat hidastaneet investointien kehitystä – ja miten vauhti taas voisi kiihtyä.

Ei ole olemassa ”vihreän siirtymän indeksiä”, joka olisi selkeä, yksiselitteinen ja kaikkien hyväksymä. Voimme kuitenkin käyttää esimerkkinä kehityksestä Kuvaa 1, jossa näytetään kasvihuonekaasupäästöjen kehitys vuosina 1970-2021.



Kuva 1. Koko maailman CO₂-päästöt fossiilisista polttoaineista, teollisista prosesseista ja tuotekäytöstä¹

Päästöjen kasvaminen pandemiakauden alun kysyntä- ja tuotantoshokkien jälkeen selittyy osittain energiakriisistä, toimitusketjukriisistä ja sodasta: vihreän siirtymän eteneminen ei näy suoraan maailmanlaajuisissa päästöissä, vaikka ilmastoratkaisujen kysyntä ja vihreän siirtymän investointiaikeet ovat olleet kasvussa. Kasvava määrä rahoitusta on maailmanlaajuisesti kanavoitunut vihreään siirtymään, mutta viimeisen vuoden aikana rahoituksen saatavuus ja toteutuminen on osittain vaikeutunut. Kuva 2

¹ European Commission, EDGAR – Emissions Database for Global Atmospheric Research

alla näyttää kuinka sekä rahoituksen että rahoitussopimusten määrä ilmastoteknologian Venture Capital -sijoituksissa on laskenut.

"Pitäisi painaa kaasua, mutta vaikuttaa, että jalka nousee hieman polkimelta"



Kuva 2. Rahoituksen ja rahoitussopimusten määrä ilmastoteknologian Venture Capital -sijoituksissa²

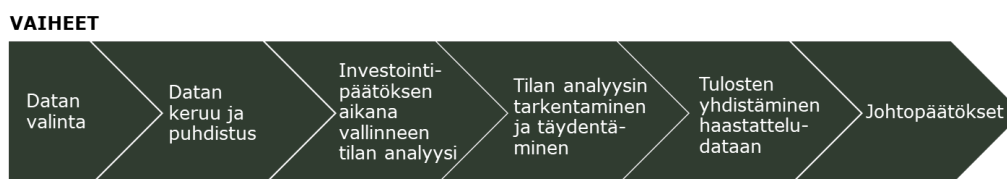
"Kello tikittää – suuri osa päätöksistä pitäisi olla tehtyinä vuoteen 2025 mennessä "

Vihreä siirtymä etenee, mutta numeroiden perusteella se ei tapahdu riittävällä vauhdilla. Usea tiekartta-tyyppinen työ ympäri Eurooppaa on painottanut vuoden 2025 tärkeyttä. IPCC:n tuore yhteenvetoraportti maaliskuulta 2023 on vain yksi arvovaltainen dokumentti, joka painottaa nopeiden toimenpiteiden välttämättömyyttä. Pariisin ilmastopimuksen 2015 tavoitteet ja niiden seuranta sekä EU:n ilmastotavoite ovat saaneet seurakseen monta kansallista, teollisuussektori- ja yrityskohtaistakin tavoitetta. EU:n tavoite asettaa 55 %:n vähennys kasvihuonekaasupäästöissä vuoteen 2030 mennessä rimaksi saattaa jopa tiukentua. Kustannuksista on tehty monenlaisia laskelmia, joissa myös edelläkävijyyden etu vientimarkkinoilla tulee esille. Jollei suurta osaa olennaisista investointipäätöksistä teknologiaan ja laitoksiin ole tehty vuoteen 2025 mennessä, ei vuosina 2025-2035 voida tehdä suurta kehitys- ja toteutusponnistusta – ja silloin Pariisin ilmastopimuksen tavoitteita ilmaston lämpenemisen hillitsemisessä alle kahdessa asteessa, mieluiten lähempänä 1,5 astetta, ei saavuteta.

² Pitchbook

1.2 Miten analyysi tehtiin?

Kuten Kuva 3 näyttää, työn aikana yhdistettiin kolme päätiedonlähdettä: data, haastattelut joukon Ilmastorahaston portfolioyhtiöiden kanssa sekä muu asiantuntemus.



Kuva 3. Analyysin eteneminen

Tiiviisti työ eteni siten, että data valittiin, kerättiin ja puhdistettiin. Sen pohjalta tutkittiin vihreän siirtymän investointeja ja niiden aikana vallinneita tilanteita sekä etsittiin yhtenäisiä kuvioita. Saadut tulokset yhdistettiin haastatteludataan, ja näiden pohjalta laadittiin johtopäätökset. Monimutkaiset yhteisvaikutukset olivat pääsyitä siihen, että sovelsimme data-analyysissä menetelmää, jota kutsutaan nimellä Exploratory Data Analysis eli ”tutkiva data-analyysi”. Käyttäen pitkää kokemustamme yleisesti määritelmän tekoäly/koneoppiminen alle sopivilla algoritmeilla tehdyistä analyyseistä, hyödynsimme monella eri mantereella toimiville tahoille käyttämiämme algoritmeja tämän analyysin tekoon.

Raportin lopussa on liitteenä tarkempi kappale käytetyistä menetelmistä.

Vaihe yksi on datan valinta.

Selvityksen aineistona oli sekä numeerinen datajoukko vihreän siirtymän investointeihin todennäköisesti vaikuttavista tekijöistä että haastateltavista yrityksistä saatava informaatio. Selvityksessä käytettyä dataa on kuvattu Kuvassa 6.

Vaihe kaksi on datan keruu ja puhdistus.

Datan puhdistamisen käyttökelpoiseksi ja yhteensopivaksi vie tyypillisesti noin 80 % data-analyysiin käytetystä ajasta, sisältäen myös haastatteluista saatujen informaation jäsentelyn sekä yhdistelyn.

Vaihe kolme on toimintaympäristön tilan ja investointien välisten kuvioiden etsiminen.

Ongelma, eli ”mikä vaikuttaa vihreän siirtymän investointien houkuttelevuuteen”, ohjaa datan keräämistä. Erityisesti vuodesta 2020 jatkuneen poikkeuksellisen tilan aikana yhtäaikainen moneen eri taloudelliseen, toimitusketju-, raaka-aine- sekä päästökauppaulottuvuuteen liittyvä datajoukko määritellään aluksi. Lisäksi käytetään kyllä/ei-poikkeustilamuuttujia, kuten ”pandemia” tai ”sota”. Data joko on tai muunnetaan kuukausittaiseksi.

Vaihe neljä on tilan analyysin iteroiva tarkentaminen ja täydentäminen.

Etsien sekä parhaita näkökulmia, kysymyksiä ja sopivimpia algoritmejä, on hakeuduttava kohti vastausta. **Lähtökohtana on, että vihreän siirtymän investointeja rahoitetaan tietyllä rahamäärällä tietyin keinoin.** Investointeihin vaikuttaa **kokonaisympäristö**, jota kuvaa **kootun datan yhdessä muodostama tila**. Tämän tilan ja investointien välisiä **kuvioita tunnustetaan (pattern recognition)**. **Ei ole yhtä ainoaa tapaa** tehdä tätä, vaan datasettiä tunnustellaan eri algoritmeilla, löydöksiä tehdään, kokeillaan toista algoritmia (Exploratory Data Analysis), yhdistellään löydöksiä ja hyödynnetään jatkuvasti asiantuntemusta datan ja tulosten tulkinnassa.

Vaihe viisi on data-analyysin tulosten yhdistäminen haastatteludataan.

Työhön kuuluivat myös **haastattelut joukon Ilmastorahaston portfolioyhtiöitä** kanssa. Periaatteina olivat

- mahdollisimman **”autenttinen” näkemys investointien tilanteesta yhtiön omasta näkökulmasta** – kaikki analyysin ulottuvuudet olivat mukana keskustelussa
- **”puhdas pöytä”-keskustelu** ilman tuloksia data-analyyseistä tai toisten yritysten näkemyksiä – tarvittaessa julkisuudessa olleita uutisia syötteinä keskusteluun

Vaihe kuusi ovat johtopäätökset ja omien tulosten kyseenalaistaminen.

Haastatteluista saatu informaatio on yhdistetty data-analyysiin, ja kumpaakin validoi/kyseenalaistaa työn tulosten suhteen AFRYn tiimin asiantuntemus ja kokemus.

1.3 Murroksessakin vihreään siirtymään investoimisen on oltava houkuttelevaa

Miksi olemme murroksessa?

Perussyynä murrokseen on antropogeeninen ilmastonmuutos ja esimerkiksi uusiutumattomien luonnonvarojen sekä biotooppien kato. Viime vuodet ovat olleet lähes koko ihmiskunnan eliniässä poikkeuksellisia. Eurooppalaisesta perspektiivistä valittu ajanjakso on ennen kaikkea kahden ”mustan joutsenen” ympärille rakentunut monimutkainen disruptio – joka jatkuu parhaillaan. Tarkastellulla ajanjaksolla 2019- on

1. Lähdetty liikkeelle sangen myönteisessä taloudellisessa ja poliittisessä tilassa, etenkin jälkikäteen tarkasteltuna
2. Koettu globaali pandemia, joka maaliskuussa 2020 muutti maailman täyteen poikkeustilaan
3. Nähty kesästä 2021 tottumista ja kasvavia investointeja
4. 24.2.2022 toinen musta joutsen, Venäjän hyökkäys Ukrainaan, toi uuden poikkeustilan päälle
5. Vuosi 2023 on jo nähnyt pankkijärjestelmän häiriötä, eikä häiriön muuttuminen pankkikriisiksi ole poissuljettua
6. ... ja taantumaa on odotettu tai ennustettu suuren osan ajasta

Vähempikin määrä disruptiivisia elementtejä riittäisi saamaan aikaan häiriöitä, myös

houkuttelevan investoinnin määritelmälle.

"Investoinnin kauneus on investoijan silmissä"

Mikä on houkutteleva investointi vihreässä siirtymässä?

Investoinnin houkuttelevuus on erilainen erilaisille sijoittajille. Vihreään siirtymään investointi on kasvattanut trendinomaisesti suosiotaan, mutta globaaleista varoista edelleen vain noin kymmenesosa suuntautuu kestävien ratkaisujen mahdollisuuksien edistämiseen.

Kuvassa 4 haastattelut vahvistettuina datalla näyttävät yksinkertaistettuna houkuttelevan vihreän siirtymän investoinnin määritelmän muuttuneen vuosien 2019 ja 2023 välillä.

Houkutteleva vihreän siirtymän investointi	
2019	2023
Aihealueessa nähdään olevan vetoa markkinoilla ja regulaatioissa	Aihealueen houkuttelevuus tulee osoittaa tarkemmalla business casella
ESG-teema vetää	ESG-teema vetää varsinkin siihen erikoistuneissa yksiköissä, mutta ESG-rahoitustuotteita tarkastellaan kriittisemmin. Yhdysvaltain "Anti-ESG"-liike vaikuttaa osittain mielialoihin
On tärkeää, että pyydetty rahoitus kantaa toteutukseen asti- sijoitukset ovat suurempia kokonaisuuksia	On tärkeää, että pyydetty rahoitus voidaan paloitella mitattaviin virstanpylväisiin, jonka jälkeen tehdään uusi harkinta. Rahoitusta kerätään nyt usein varsin pienissä erissä.
Päätös voidaan tehdä nopeastikin	Päätösprosessi on sekä monimutkaisempi että pidempi eri osiltaan
Takaisinmaksuaika voi olla pidempi markkinoiden lupaavuuden takia	Vaadittu takaisinmaksuaika on lyhentynyt
Tuotto voi olla alkuvaiheessa kohtuullinen	Tuottovaatimus on kasvanut

Kuva 4. Houkutteleva vihreän siirtymän investointi 2019 ja nyt (2023/Q1)

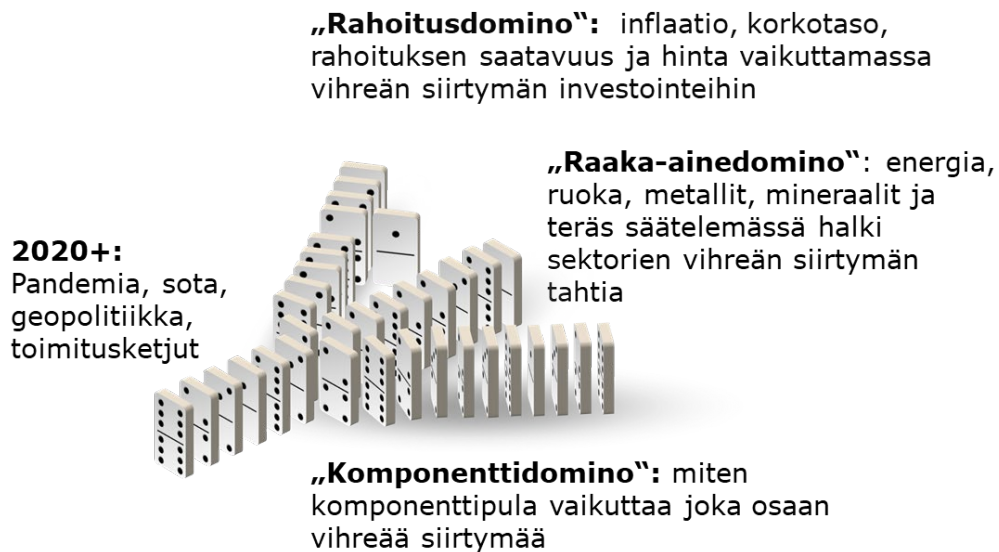
Erityisesti pitempikestoisempi rahoitus, kohdistuen esimerkiksi laitosinvestointeihin, kärsii muuttuneesta houkuttelevuuden käsitteestä; palveluihin ja digitaaliseen kenttään liittyvät investoinnit pääsevät vähemmällä.

Suomessa on julkistettu viime aikoina paljon investointihankkeita, mikä itsessään luo myönteistä ilmapiiriä. On kuitenkin huomattava, että suurimmalla osalla varsinkin suurista julkistetuista hankkeista rahoitus ei vielä ole koottuna valmiina ja on olemassa esimerkkejä myös julkistetuista hankkeista, jotka hakeutuivatkin muualle investointiolosuhteiden muututtua. Toisin sanoen, ainoastaan julkistettuja hankkeita seuratessa voi saada liian ruusuisen kuvan vihreän siirtymän investointien etenemisestä Suomessa.

1.4 Miksi murrosta voi kuvata dominoina?

Dominoteoriat ja -efektit ovat tunnettuja monista yhteyksistä. Miten mieltää tilanne, jossa kokonaisdisruptio laukaisee ketjureaktioita osin samoista, osin eri syistä?

Kuva 5 näyttää ”vihreän siirtymän investointien dominoketjut”.



Kuva 5. Vihreän siirtymän investointien dominoketjut

Tarkastellulla ajanjaksolla käynnistyi vuonna 2020 sittemmin vahvistunut ilmiö: pandemia, sota, geopolitiikka ja toimitusketjut saivat ennennäkemättömällä globaalaisella laajuudella liikkeelle ketjureaktioita, ”dominoketjuja”.

Komponenttidomino on ketju, jossa ytimessä on puolijohteiden ja erilaisen kehitystason komponenttien saatavuus. Toimitusketju ei toiminut, raaka-aineita ei saatu perille eikä myöskään esimerkiksi valmiita siruja. Tila jatkuu, esimerkiksi tuoreessa tutkimuksessa 60 % yhdysvaltalaisesta elektroniikkateollisuudesta ilmoitti 2022/Q4 kärsivänsä komponenttipulasta. *Ilman puolijohteita ei synny myöskään vihreätä siirtymää.*

Raaka-ainedomino kattaa pääosissa teräksen, ruoan, energian, muut metallit ja mineraalit sekä niiden toimitusketjut ja hinnat. Yhteisvaikutus esimerkiksi teräksen ja energian hinnannoususta on joissain investoinneissa ollut kustannusennusteet moninkertaistava – toisissa energian ja hiilidioksidipäästönnin korkeat hinnat ovat olleet positiivisia ajureita vihreälle siirtymälle. Kun geopolitiikka, sota, pandemia ja akuutti tarve yhdistyvät äärimmäisiin sääilmiöihin, on tilannetta ollut äärimmäisen vaikea hallita – *myös vihreän siirtymän osalta.*

Rahoitusdomino on noussut inflaation ja korkotason nousun myötä merkittävään asemaan – itse asiassa merkittävimpään sekä dataan että haastatteluihin perustuen. Vuoden 2023 pankkihäiriö ei ainakaan ole omiaan vähentämään rahoituksellista pullonkaulaa investointien etenemiseksi.

Selvityksessä etsittiin datan avulla kuvioita, jotka yhdistävät toimintaympäristön ja vihreän siirtymän investoinnit. Parhaimmillaan data voi osoittaa riippuvuuden, jolla yhdestä ketjusta siirretään yksi domino syrjään ja katkaistaan ketjureaktio. Näin voidaan päästä paremmin kiinni myös investointeja vauhdittaviin tekijöihin.

Kuva 6 näyttää joukon päädatoja tässä käytettyine lähteineen.

Termi	Määritelmä	Lähde
CO ₂ -hinta	Hiilidioksidin päästöoikeuksien hinta hiilidioksiditonnilta	Trading Economics – EU Carbon Permits
Teräksen hinta	Yhdysvaltain tuottajahintaindeksi rauta- ja terästehtaille	YCharts - US Producer Price Index: Iron and Steel Mills
Inflaatio	Kuluttajahintaindeksi yleisenä inflaation mittarina	OECD - Inflation (CPI)
Energian hinta	Energian hintaindeksi	Kansainvälinen valuuttarahasto (IMF) – Global Energy Price Index
Toimitusketjupaine	Indeksi, joka ottaa huomioon kuljetuskustannukset käyttämällä tietoja merikuljetuskustannuksista ja toimitusketjuun liittyvistä komponenteista	Statista - Global supply chain pressure index
EKP-korko	Euroopan keskuspankin ohjauskorko	Euroopan keskuspankki (EKP)
FED-korko	Yhdysvaltain keskuspankin FED:n ohjauskorko	Yhdysvaltain keskuspankki (FED)
Ruoan hinta	Globaali ruokahintaindeksi	Kansainvälinen valuuttarahasto (IMF) – Global Food Price Index
Puolijohdeviive	Globaali puolijohteiden toimitusaika	MacroMicro - Global Lead Times For Semiconductor Deliveries

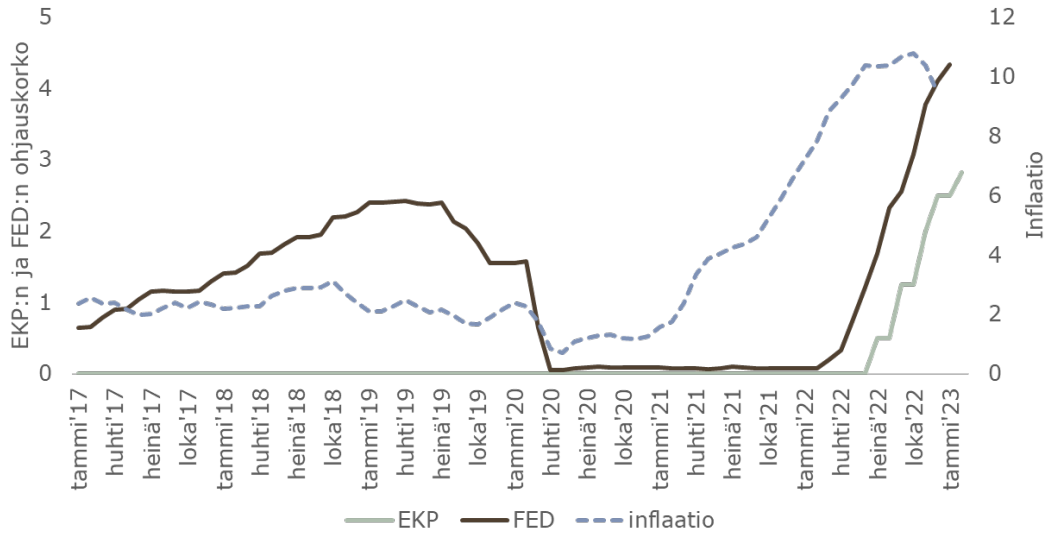
Kuva 6. Valikoima olennaisia dataa lähteineen

1.4.1 ”Rahoitusdomino”

Selvityksen tavoitteena ei ole olla rahoitustieteellinen tutkielma, vaan analyysi siitä, miten moni erilainen tekijä dataan ja haastatteluihin perustuen on vaikuttanut ja vaikuttaa vihreän siirtymän investointeihin.

Rahan hinta tarkoittaa maksettavaa korkoa ja muita lainan nostoon liittyviä kuluja – näitä kuluja syntyy myös lisää, jos rahoitusta myönnetään hitaammin ja joudutaan esimerkiksi ottamaan lainaa palkkojen maksuun rahoituspäätöstä odotellessa. Maailma eli halvan rahan tai nollakorkoympäristössä pitkään, noin 14 vuotta.

Kun materiaalien hinnat nousivat, disruptiot viivyttivät toimituksia ja inflaatio kohosi, keskuspankit vastasivat korkojen nostoilla. Inflaation ja nousevien korkojen aalto jatkuu tätä kirjoitettaessa, ja Kuva 7 alla näyttää aaltoliikkeen inflaation, Yhdysvaltain keskuspankki Fedin ja Euroopan Keskuspankki EKP:n reaktioissa.

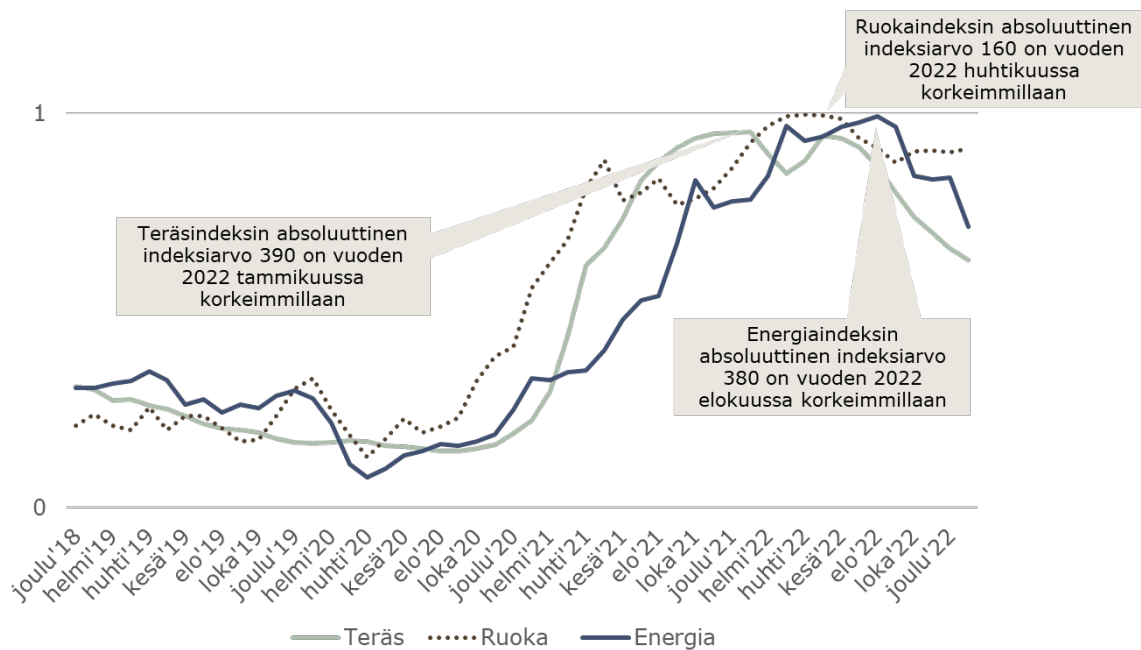


Kuva 7. Inflaatio sekä Fedin ja EKP:n korkojen liikehdintä rahan hintaa nostamassa

1.4.2 "Materiaalidomino"

Pohdittaessa materiaalidominoa, on haastavaa selvittää syy-seuraussuhteita, sillä materiaalien hinnat ovat nousseet eritahtisesti ja toimitusketju on oireillut jo aikaisemmin. Selvästi kuitenkin COVID-epidemia tapahtui ensin, mitä seurasivat muut ilmiöt, vaikka edellytykset, kuten toimitusketjujen haavoittuvaisuus, olivat olemassa odottaen pääsyä esille.

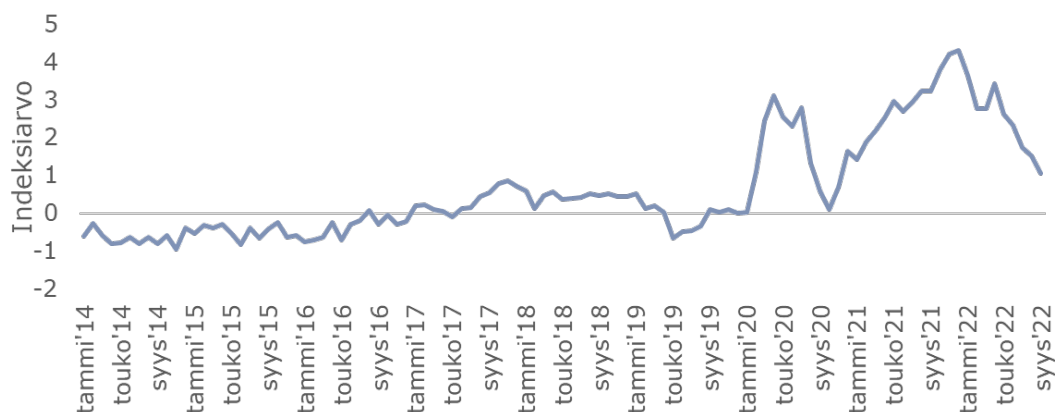
Analyysiin sisällytettiin kolme olennaista tekijää, joilla kaikilla on ehdoton maailmanlaajuinen merkitys: teräs, energia ja ruoka. Hinnat käyttäytyivät Kuvan 8 mukaisesti.



Kuva 8. Teräs, ruoka ja energia, "materiaalipunos", kiitämässä huipulle ja hieman alas

Osittain samat, osittain eri syyt iskivät ruoan, teräksen ja energian hintoihin. Geopoliittiset päätökset ja sota olivat kuitenkin suuria ajureita kaikissa tapauksissa: geopoliittinen asetelma suosi disruption aiheuttajia.

Toisaalla toimitusketjut nousivat ennätyselliseen paineeseen: indeksi "Global Supply Chain Pressure" käyttää lähtötietoina muun muassa kuljetuskustannuksia ja ostoindeksiä (Purchasing Managers' Index, PMI) Kiinassa, Euroalueella, Japanissa, Etelä-Koreassa, Taiwanissa, Yhdysvalloissa ja Britanniassa. Nolla vastaa pitemmän ajan keskiarvoa, positiivinen arvo kasvavaa painetta, negatiivinen suurempaa väljyyttä toimitusketjuissa, kuten Kuva 9 näyttää.



Kuva 9. Maailmanlaajuinen toimitusketjupaine nousee

Toimitusketjut voivat kärsiä yksittäisistäkin tapahtumista ja kaikkea ei voi suunnitella optimaalisesti. Maaliskuussa 2021 yksi laiva, Ever Given, asettui vinoon Suezin kanavalla ja tukki tämän maailman johtaviin kuuluvan kuljetusreitit kuuden päivän ajan. "Ever Givenin kuusi päivää" aiheuttivat myöhästyksiä, jotka vahvistuivat, koska määräajat jäivät saavuttamatta. Tietoisuudelle haavoittuvuudesta tapaus oli parhaita koskaan annettuja herätyssoittoja.

1.4.3 "Komponenttidomino"

Komponenteilla tarkoitetaan puolijohdesektorin tuotteita, joita ilman teknologia tai uuden teknologian vihreät laitokset eivät toimi. Komponentteja löytyy eri nimillä, muun muassa resistoreja, diodeja, LEDejä, transistoreita – ja yleisemmällä nimellä tietokonesiruja.

Vaikka puolijohteet ovat kaikkialla, Kuva 10 näyttää muutaman sovelluskohteen, joissa puutteet näkyvät erityisen nopeasti.

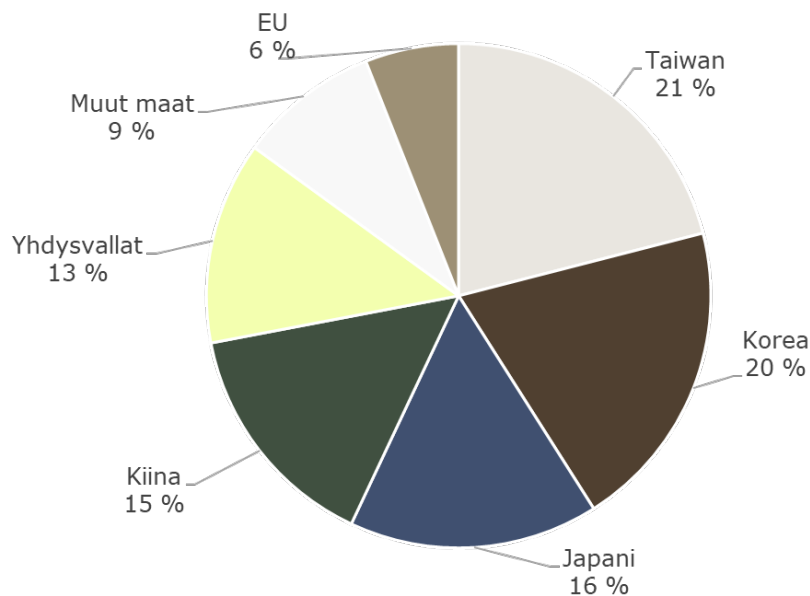


Kuva 10. Esimerkkejä puolijohdekomponenttien käyttökohteista

Toimitusketjuongelmat eivät tätä kirjoitettaessa ole ohi – esimerkiksi joulukuussa 2022 tehdyssä tutkimuksessa 60 % Yhdysvaltain elektroniikkateollisuudesta ilmoitti kärsivänsä komponenttipulasta.

Sadan prosentin ongelma ja "heikoin lenkki": Tyypillisesti tuotanto on rakennettu niin, että kaikkia komponentteja tarvitaan prosessin toimimiseksi. Arviot esimerkiksi auton sisältämistä siruista vaihtelevat – 3000 on yksi esitetty luku. Ei riitä, että autossa on 2800 sirua – kaikkien pitää olla paikallaan, jotta tuote voi lähteä kohti kuluttajaa. Siksi yhdenkin "heikoimman lenkin" puuttuminen pitää koko auton odottamassa – mikä onkin huomattu hyvin paljon venyneissä toimitusajoissa esimerkiksi sähköautoissa.

Geopoliittisesti ongelmana on puolijohteiden valmistuksen keskittyminen, kuten Kuva 11 osoittaa: joillakin alueilla yksi ainoa yritys on ratkaisevassa asemassa koko maailman komponenttien saatavuudelle.



Kuva 11. Puolijohdekomponenttien kärkituottajamaat 2020

1.5 Dominoefektien yhteisvaikutus vihreän siirtymän investointien houkuttelevuuteen

Eri dominoketjut voivat sotkeutua omiin haasteisiinsa – oli kyseessä rahoitus, materiaalit tai puolijohteet. Rahoituksen ongelmat vaikuttavat muihin ketjuihin, samoin materiaalien ja puolijohteiden, ja seuraukset eivät ole yksinkertaisen selkeitä tai aina edes ilmeisiä.

Suurella todennäköisyydellä voidaan kuitenkin sanoa, että

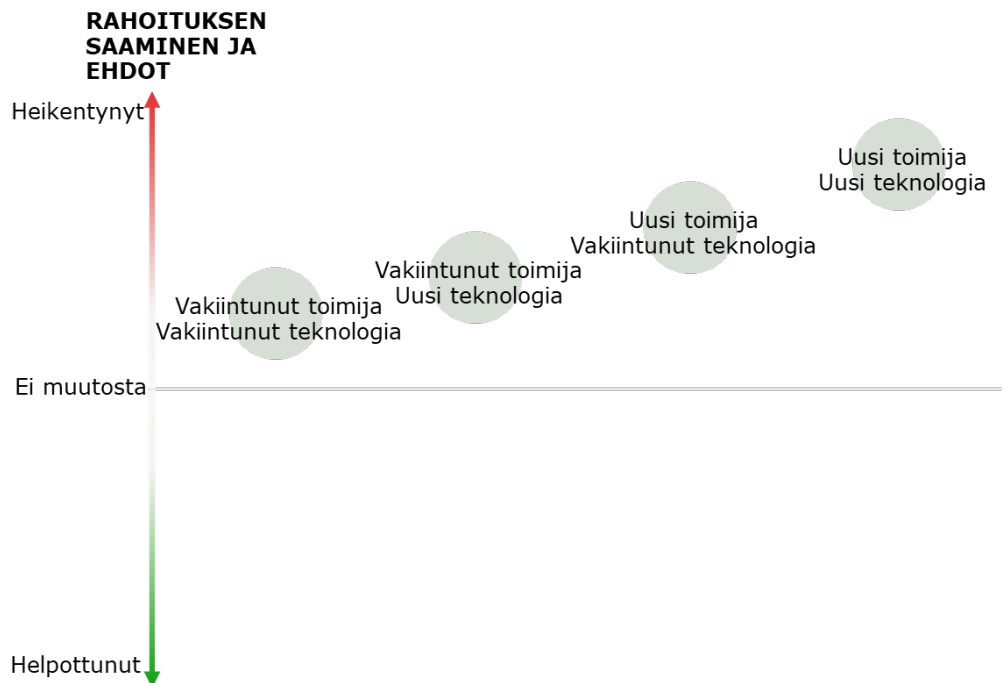
- ongelmat rahoituksessa hidastavat vihreän siirtymän investointeja erityisesti tietyillä sektoreilla, ja saattavat jopa pysäyttää lupaavan ilmastoteknologian kehityksen
- materiaalien hintojen nousut vaikuttavat joskus positiivisesti (esimerkiksi energia osassa vihreää siirtymää) mutta usein negatiivisesti: suurempi

- investointibudjetti ja pidempi takaisinmaksuaika karsii tahtia ja mahdollisuuksia
- komponenttien puute jättää pahimmillaan meneillään olevat laitosinvestoinnit seisomaan tai hidastaa houkuttelevienkin vihreän siirtymän tuotteiden skaalausta ylöspäin

2 Käytännön tila Suomessa – ison kuvan vieminen arkipäivään

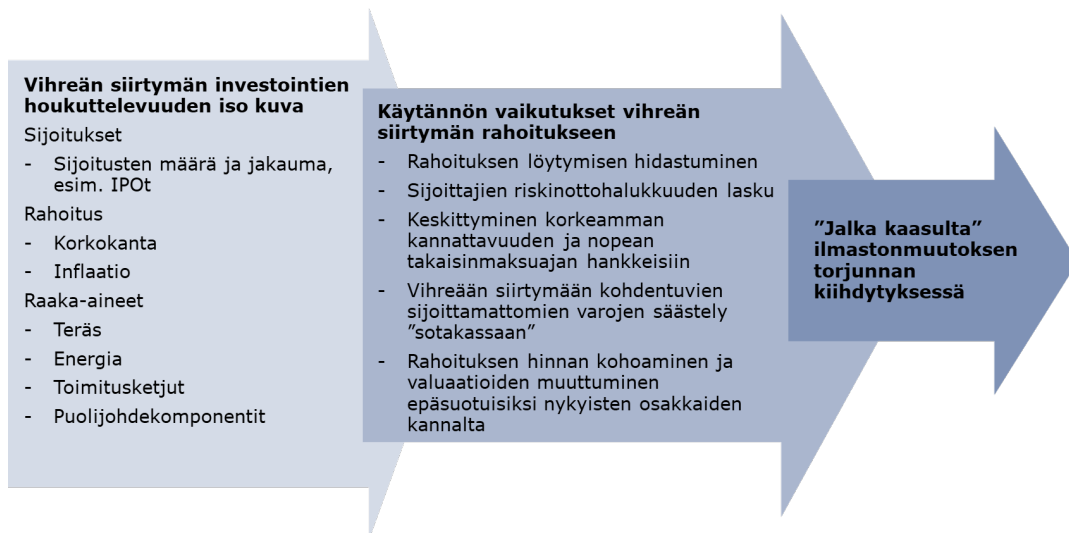
2.1 Vihreä siirtymä etenee – iso kuva

Yleisesti vihreään siirtymään liittyvät investoinnit ovat edenneet Euroopassa laajalla rintamalla palveluista ja digitaalisista ratkaisuista laitoksiin. Sijoittajien riskitietoisuus on kuitenkin kasvanut ja kytkentä teknologian kehitystasoon on havaittavissa. Kuten Kuvassa 12 on hahmoteltu, rahoittajien kasvanut (teknologia)riskitietoisuus iskee kaikkiin toimijoihin vakiintuneista startupeihin. Uutta teknologiaa pidetään luonnollisesti riskipitoisempänä kuin vakiintunutta, mikä jättää pahimmillaan aukon vihreän siirtymän ydintarpeisiin.



Kuva 12. Rahoituksen saaminen, toimijatyypit ja teknologian valmius

Yleisesti ottaen **monen eri tekijän yhteisvaikutus** on **usean vaiheen kautta** johtanut **monitahoiseen rahoitustilanteen muutokseen**, joka osaltaan on nostanut vihreän siirtymän jalkaa kaasulta (Kuva 13).



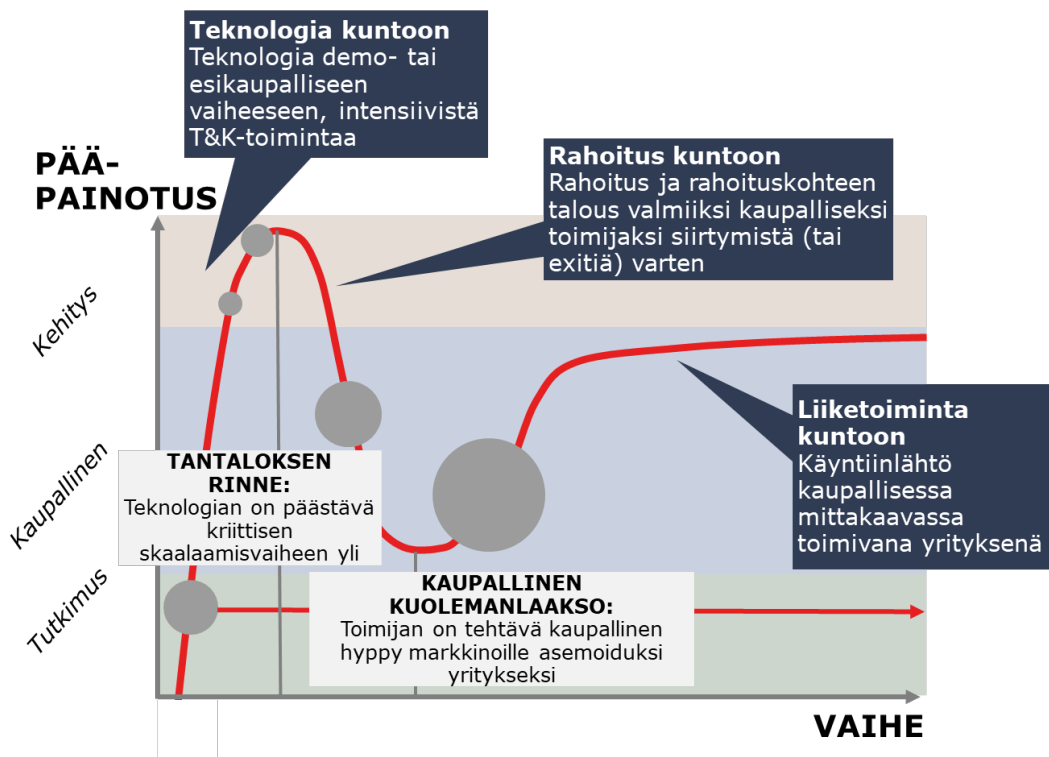
Kuva 13. Rahoituksen pullonkaula nostamassa jalkaa kaasulta vihreässä siirtymässä

2.2 Funding Curve apuvälineenä siirtymän hahmottamiseen

Voidaksemme paremmin kuvata muutoksia kehitimme laskentamallin ja visualisoinnin nimellä AFRY Funding Curve (Kuva 14). Idea kuvaa, miten rahoitus tutkimuksen, kehityksen ja kaupallisen toiminnan kautta vie idean ohi Tantaloksen rinteen (jossa teknologia pahimmillaan pyörii takaisin alas suunnittelupöydälle) ja kaupallisen kuolemanlaakson (jossa kaupalliset esteet poistetaan tiellä kohti markkinoille asemoitunutta yritystä).

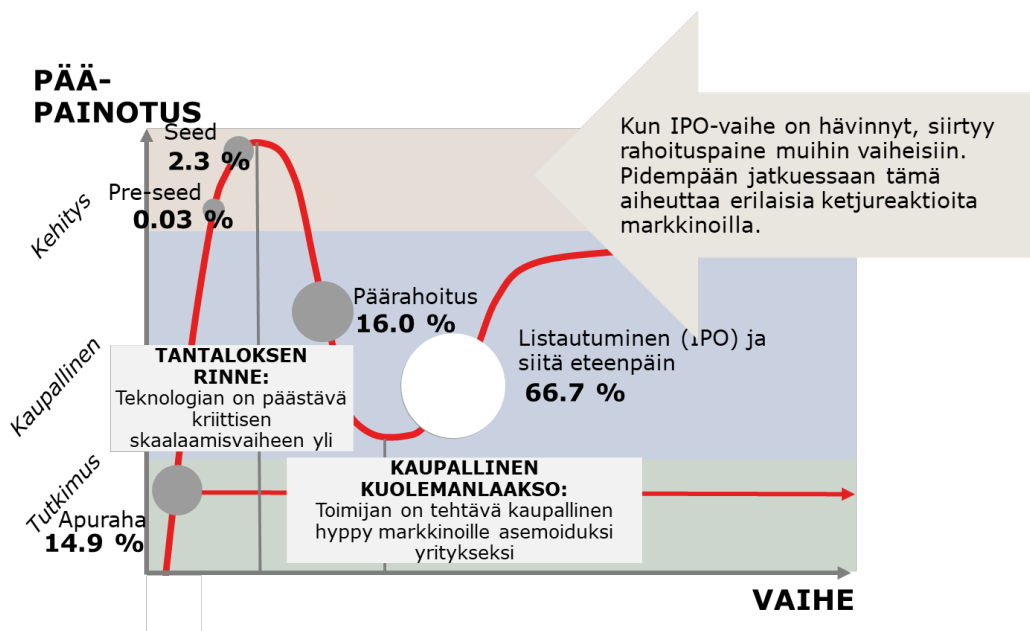
AFRY Funding Curve jakautuu kolmeen vaiheeseen, joissa erityyppinen rahoitus vauhdittaa toimintaa eteenpäin. "Teknologia kuntoon"-vaiheessa teknologia nostetaan vaiheittain demo- ja esikaupalliseen vaiheeseen. "Rahoitus kuntoon"-vaiheessa rakennetaan teknologian tueksi markkinaehtoisen yrityksen tarvitsema perusta eri instrumentteja käyttäen. "Liiketoiminta kuntoon"-vaiheessa tapahtuu nousu markkinoilla markkinaehtoisesti kilpailevaksi toimijaksi.

Huomattavaa on, että riippuen teknologiasta tai alasta (esimerkiksi vety, digitaaliset palvelut, vihreät kemikaalit), Funding Curve näyttää usein hyvin erilaiselta.



Kuva 14. AFRY Funding Curve – osa kokonaisuutta, joka tukee rahoituksen ja teknologian yhteisvaellusta

Kuvassa 15 alla nähdään esimerkkitapauksena erilaisten rahoitusvaiheiden suhdetta yli tuhannen vety-yhdistettynä-biomateriaaleihin -investointikohteen analyysistämme. Kuvan luvut kuvaavat prosentteina osuutta yrityksen elinkaaren kokonaisrahoituksesta. Kaksi kolmasosa rahoituksesta sijoittuu tässä tapauksessa viimeiseen vaiheeseen, listautumiseen (IPO) ja siitä eteenpäin. Kun listautuminen on tällä hetkellä hyvin vaikeaa, lähes mahdotonta, siirtyy rahoituksen volyympipaine aikaisempiin vaiheisiin. Samalla erityyppiset rahoittajat miettivät uusia strategioita, mikä johtaa varsinkin pidempään jatkuessaan erilaisiin ketjureaktioihin markkinoilla.

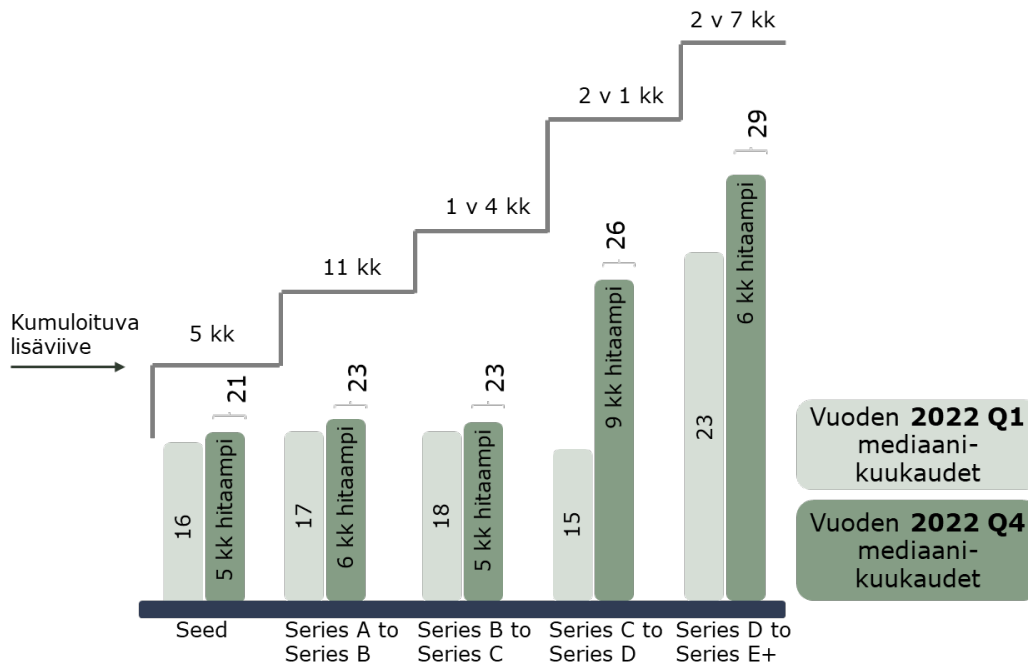


Kuva 15. Vety- ja biomateriaalit esimerkkinä rahoituksen jakautumisesta

2.3 Vihreän siirtymän kello – ja uhat

Useassa matalahiili-/ilmastotiekartassa ympäri maailmaa on löytynyt sama kriittinen aikataulu, jotta asetetut tavoitteet saavutettaisiin. Vuoteen 2025 mennessä on tehtävä tärkeät päätökset, vuosina 2025-2035 on tapahduttava kiihdytetty kehitys- ja markkinalaitosvaihe, ja vuodesta 2035 eteenpäin täytyisi olla kumulatiivinen eteneminen täydestä vauhdista.

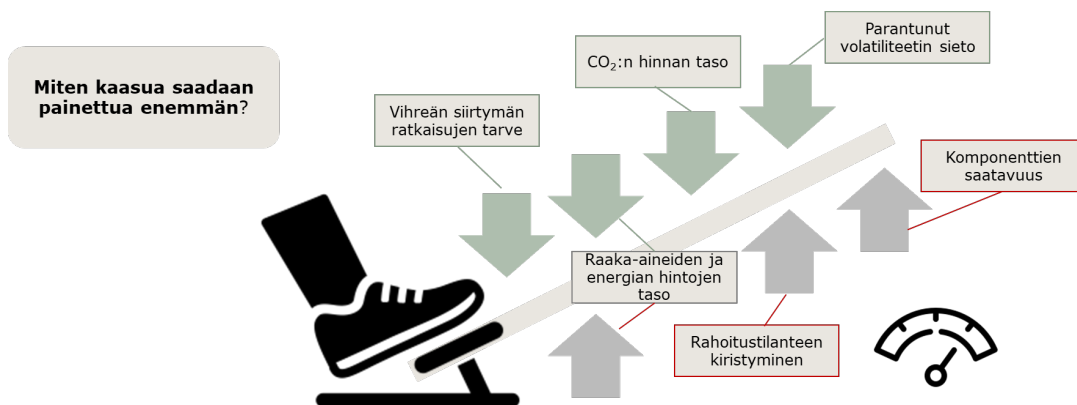
Vuosi 2025 on lähellä. Kuva 16 on laskelma viime vuoden aikana tapahtuneista keskimääräisistä viivästyksistä eri rahoitusvaiheissa. Kumulatiivinen käyrä näyttää, että seed-rahoituksesta Series E:hen lisä on yhteensä 2 v 7 kk – eli pelkästään tällainen lisäviivästys veisi päätöksen nykyhetkestä vuoteen 2025. Aikaa ei ole hukattavissa, mutta sitä kuluu.



Kuva 16. Viivästyksen portaat kellon tikittäessä kohti vuotta 2025

2.4 Mikä on vihreän siirtymän investointien tila nyt?

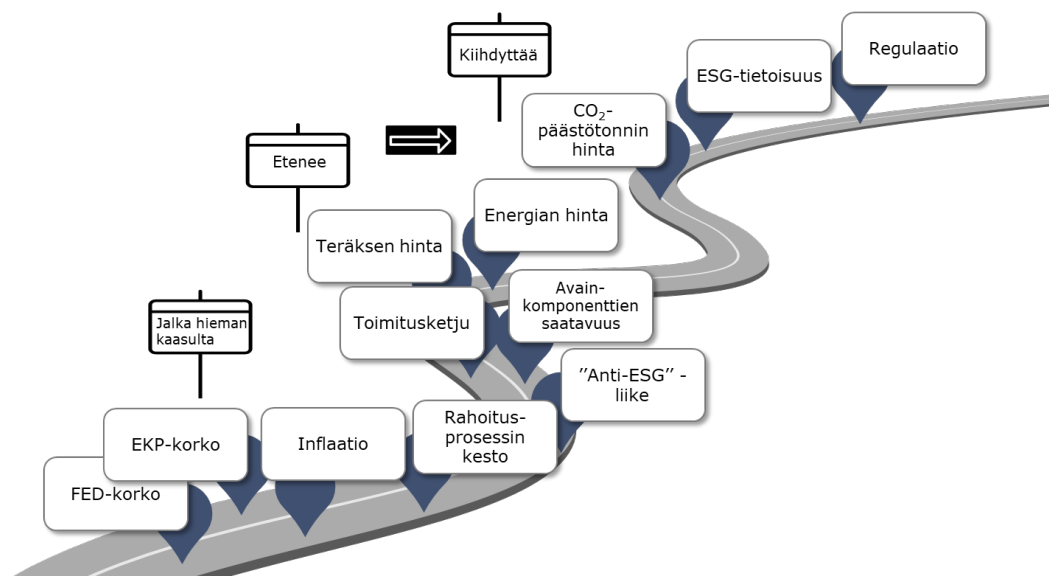
Vihreä siirtymä etenee ja verraten nopeasti. Sähköinen liikenne on osa vihreää siirtymää, joten liikkuminen on luonteva aihepiiri visualisoinneille.



Kuva 17. Taistelu vihreän siirtymän kaasupolkimesta

Kuten monessa nykyautossa, vihreän siirtymän kaasupolkimessa on sisäänrakennetut avut ja vastukset. Kaasua auttavat painamaan alas *vihreän siirtymän ratkaisujen tarve*, *hiilidioksidin eli CO₂:n hinnan taso päästökaupassa* ja pandemia-ajan aikana *kasvanut volatiliiteetin sieto*. Riippuen tapauksesta, raaka-aineiden ja energian hinnat toisaalta jarruttavat, toisaalta kiihdyttävät siirtymää. *Puolijohteiden saatavuus* ja ennen kaikkea *rahoitustilanteen kiristyminen* painavat kaasutusta vastaan.

"Vaatimus rahan pitkästä sitoutumisesta poistaa houkuttelevuutta investoijille"



Kuva 18. Vihreän siirtymän kulkueen vetäjät ja hidastajat

Kuva 18 kuvaa vihreän siirtymän aaltoliikkeenä kohti yhteistä päämäärää, kulki alhaalta ylöspäin siirtymän etenemissuuntaan. Vihreän siirtymän tekijät ja osat liikkuvat eri tahtia kohti päästövähennystavoitteita, mutta kaikkien tekijöiden on päästävä perille kokonaisuutena. Kokonaisuuden ei voi antaa jakautua erillisiksi pieniksi osiksi, sillä yksittäiset tekijät eivät voi jäädä kyydistä.

Vihreässä siirtymässä on ollut vuorovettoa: eri ajurit ovat vaihdelleet tuulenhalkojina, samoin koko saattuetta ovat hidastaneet eri tekijät. Tällä hetkellä tilanne on suunnilleen seuraavanlainen:

- **tuulta halkovat eli siirtymää vauhdittavat** erilaiset regulaatiot, ESG-tietoisuus (ESG tarkoittaa selvityksessä investointia kestäviin eli Environmental, Social and Governance-teemoihin) ja hiilidioksiditonin hinta päästökaupassa – ne työntävät eteenpäin vihreitä investointeja.
- **Keskivaiheilla** saattuetta teräksen ja energian hinnat, puolijohteiden saatavuus ja toimitusketjujen toiminnallisuus ovat vaihdelleet suuresti - välillä pahastikin hidastaen vihreän siirtymän investointeja. Energian hinta on osaltaan pystynyt siirtymään ylemmäs tuulenhalkojaksi. Tällä hetkellä tilanne keskiosassa on edelleen jännittänyt ja kuvaavaa on, että toimitusketjut eivät vielä toimi normaalisti ja ruoan hinta on jälleen vahvassa nousussa. Uutena tekijänä, voimakkaimmillaan Yhdysvalloissa, on ns. "Anti-ESG-liike", jossa ESG-kriitikot nostavat jarruttavina syinä esille muun muassa

maailmantalouden epävarmuuden, kartellien mahdollisuudet, epäluotettavan datan, viherpesun sekä ESG:hen liittyväksi mielletyt lainsäädäntöriskit. Argumentaatio ei välttämättä ole johdonmukaista, mutta Anti-ESG on nostanut jatkuvasti painoarvoaan Yhdysvalloissa ja usein tämäntyyppiset ilmiöt tekevät matkan yli Atlantin Eurooppaan.

- **saattueen vauhtia hidastamassa löytyy** rahoitus-teema, jossa **Fed- ja EKP-korot, inflaatio** ja **rahoitusprosessin kasvanut kesto** hidastavat saattueen nopeampaa kulkua.

Luvituksen rooli vihreässä siirtymässä

Luvituksen rooliin investointien houkuttelevuudessa ovat vaikuttaneet erityisesti muutamat korkean profiilin investointitapaukset, joissa tiettyä tarvittua lupaa joko ei ole saatu tai se on jo saatuna kumottu.

Haastatteluissa Ilmastorahaston portfolioyritysten kanssa luvitus joko ei ollut aiheuttanut erityisiä huolia, tai sen vaikutus oli ajanjaksolla muuttumaton – eli tiedossa ja laskettu mukaan investointien aikatauluihin. Sektorien väleillä oli eroja, ja mitä lähemmäksi esimerkiksi elintarvike- tai lääketeollisuutta mennään, sitä tarkempi ja pitempi prosessi.

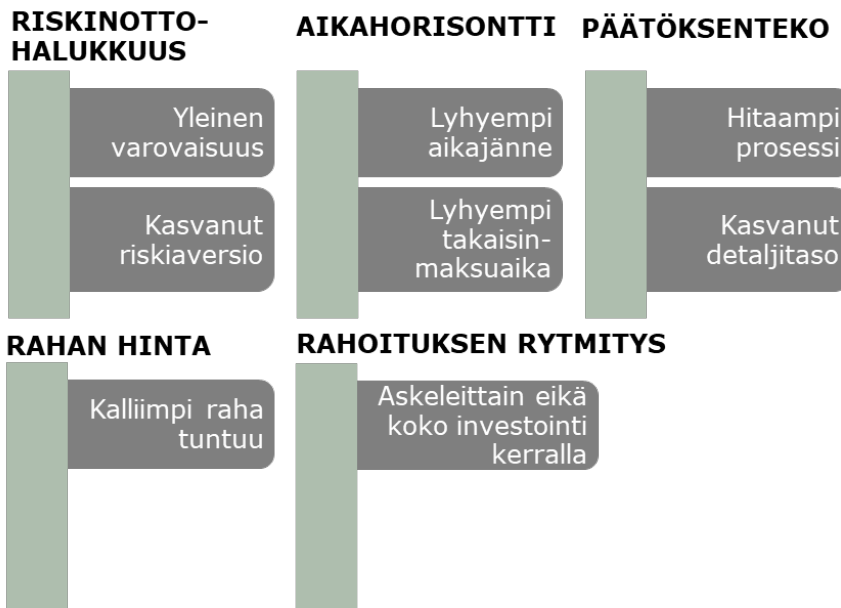
Data-analyysi luvituksesta ei ollut mahdollinen, koska riittävää datajoukkoa eri lupien hakuhetkestä, saamishetkestä ja mahdollisista viivästyksistä ei ollut käytettävissä. Lupien määrässä ja luvituksen kuormittavuudessa on myös eroja maiden välillä; haastatteluissa esitettiin 10-kertainen lisämäärä tietyissä Euroopan maissa Suomeen verrattuna.

Vaikka siis tutkimuksen erityisaineisto ei nostanut luvitusta esille, luvitus on kiistatta keskeinen vihreän siirtymän hankkeiden etenemiseen vaikuttava tekijä. Luvitus ei ole muuttunut tarkastelujaksolla vaikeampaan suuntaan, pikemminkin on tehty toimia sen helpottamiseksi. Haasteita ja muutosta vaikeampaan suuntaan on Suomessa aiheuttanut ainakin ajoittainen luvituksen ruuhkautuminen.

"Rahoituksesta on muodostunut pullonkaula, joka sekä hidastaa että hautaa hankkeita, jotka aikaisemmin olisivat saaneet vihreää siirtymävaloa"

Sekä data-analyysi että haastattelut kertovat samaa tarinaa: rahoitus on noussut suurimmaksi huolenaiheeksi. Kyse ei ole yhdestä ainoasta tekijästä, vaan monesta yhdessä hidastavasta ilmiöstä, kuten Kuvassa 19 alla havainnollistetaan.

Ydintekijät luomassa rahoituksen pullonkaulaa: haastattelut
päälähteenä, vahvistettuina datalla



Kuva 19. Rahoituksen pullonkaulat

Muutaman kysymyksen avulla voidaan kuvittaa nykytilanteen pullonkauloja.

Saako rahoituspäätöksen yhtä nopeasti kuin ennen? Yleensä ei. Kuten Kuva 16 näyttää, esimerkiksi kumulatiivinen lisäviive alkuvaiheen Seed-rahoituksesta Series E:hen kasvoi vuonna 2022 keskimäärin 2 vuotta ja 7 kuukautta. Päätöksentekoprosessi on hitaampi ja monivaiheisempi, vaadittujen selvitysten määrä ja detaljitaso ovat kasvaneet.

"Ilmapiiri on odottava, ja tunnelma pysähtyi viime syksynä"

Saako tarvitsemansa rahoituksen kerralla koko hankkeeseen? Yleensä ei. Vielä esimerkiksi vuonna 2019 monella vihreän siirtymän investoinnilla oli rahoitus valmiina kerralla koko polulle (esimerkiksi laitosinvestoinnille). Nyt investoinnit paloitellaan mahdollisimman selkeästi rajattuihin askeliin. Heikentyneen rahoituksen saatavuuden ja tiukentuneiden ehtojen vuoksi useat toimijat joutuvat keräämään rahoitusta pienemmissä osissa. Tällä hetkellä tehdään tyypillisesti pieniä välirahoituskierroksia, usein olemassa olevilta omistajilta.

Onko investoijan aikahorisontti yhtä pitkä? Yleensä ei. Aikajänne on lyhentynyt selvästi, mikä vaikeuttaa potentiaalisten läpimurtoteknologioiden pääsyä liikkeelle. Tuottovaatimus ja takaisinmaksuaikaodotus ovat myös muuttuneet: investoinnin tulisi kannattaa selkeästi lyhyemmässä ajassa.

Onko kiinnostus suuremman riskin teknologioihin samalla tasolla? Yleensä ei.

Asenteesta "läpimurtoja vihreän siirtymän kasvaville markkinoille" on siirrytty kohti selvästi suurempaa riskiaversiota. Mullistava teknologia on kuitenkin yleensä riskipitoisempi ja takaisinmaksuaika on harvoin lyhyt.

Onko kasvanut "rahan hinta" vailla merkitystä? Yleensä ei. Nousseet korot, inflaatio, rahoituskustannukset ja kasvaneet kustannukset tuntuvat päätöksenteossa.

Päteekö sama kaikkeen? Yleensä ei. Tällä hetkellä esimerkiksi tekoäly on edelleen suuren kiinnostuksen kohteena ja yllä olevat pullonkaulat eivät alustavien lukujen ja julkaistujen investointien valossa näytä olevan rajoittamassa teeman rahoitusta.

Digitalisaatio poikkeuskohteena investoinneille: vihreä siirtymä, tekoäly ja 200 000-kertainen investointisäästö

Yleensä trendit ja rahoitus suosivat yhtä kohdetta kerrallaan ja tällä hetkellä tekoäly on houkutteleva investointikohde. Tekoäly on osa vihreää siirtymää esimerkiksi niin kutsutun Green Computingin eli energiatehokkaan laskennan myötä.

Suurten tekoälymallien opettaminen on kallista, energiaintensiivistä ja vaatii kehittyneen laskentakoneiston. Esimerkiksi OpenAI-yhtiön GPT-4-mallin opettamisen kustannukselle on esitetty arvio 100 miljoonasta dollarista.

Stanfordin yliopisto on kuitenkin kehittänyt 600 dollarilla Alpaca-mallin, joka pystyy lähes samaan kuin GPT-4. Toisin sanoen Stanfordin ratkaisu on lähes 200 000 kertaa halvempi kuin OpenAI:n.

Digitalisaatio ja sen kehittymisen myötä saatavat investointisäästöt ovat kuitenkin poikkeuksellisia. Vastaavia hyötyjä ei voida tuoda fyysisten investointien maailmaan – 40 miljoonan euron vihreän vedyn laitosta ei voida tehdä 200 euron investointibudjetilla.

2.5 Vuoden 2023 alun musta joutsen: pankkidisruptio

Ajanjakso vuodesta 2020 on ollut täynnä mustia joutsenia. Nassim Nicholas Talebin musta joutsen -termistä vuodelta 2007 on hieman erilaisia tulkintoja, tässä käytetään seuraavaa määritelmää:

odottamaton tapahtuma, jolla on yllättävät ja huomattavat seuraukset.

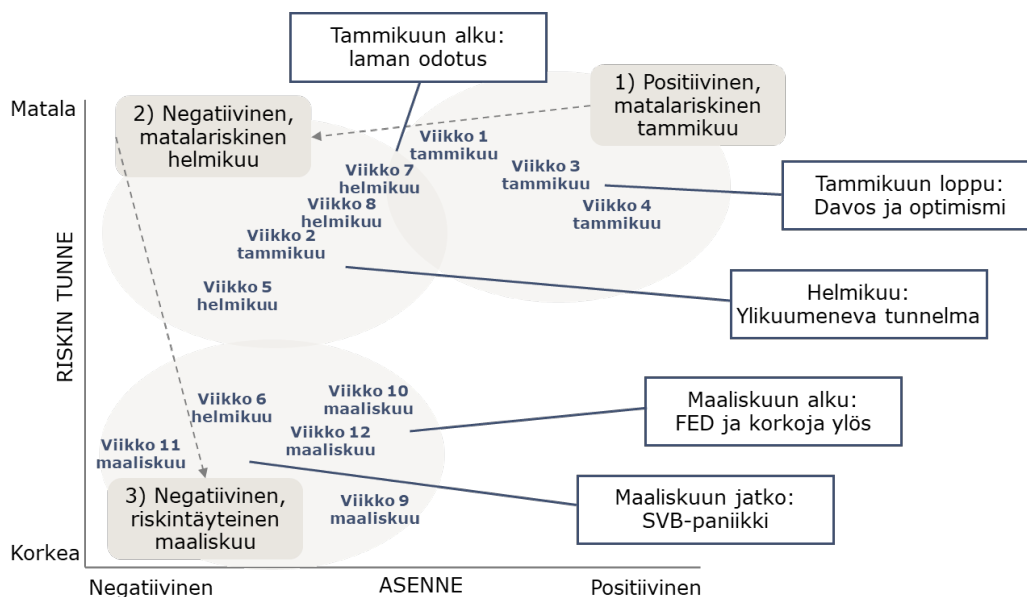
Käsitteelle keskeistä on, että "musta joutsen" yllättää, mutta ei välttämättä ole tuntematon. Pandemioita on ollut ja tulee olemaan - sodat eivät myöskään ole uusia ilmiöitä. Mutta ne voivat puhjeta outoon aikaan oudossa paikassa.

COVID-pandemiaa seurasi moni odottamattoman vahva ilmiö esimerkiksi toimitusketjuissa ja hinnoissa, ja sota lähellä Euroopan sydänmaata muutti tilannetta uudelleen. Vuoden 2023 alussa yhdysvaltalaisen Silicon Valley Bankin romahdus käynnisti ketjun, jossa Credit Suisse tuli yhdistetyksi suurempaan pankkiin ja epävarmuus on tätä kirjoitettaessa toukokuussa 2023 edelleen vallalla.

Vaikka pankkihäiriö pysyisi häiriönä eikä muuttuisi täydeksi pankkikriisiksi, lienee

selvää, että kuvattu rahoituksen pullonkaula pikemminkin kiristyy tapahtumaketjun seurauksena.

Pankkisektorin epävarmuus ei ole irrallaan vihreän siirtymän investoinneista. Markkinoilla on havaittavissa rahoitusta ohjaava mielentila kovien numeroiden lisäksi. Teimme tekoälyanalyysin pääasiassa uutislähteiden, kolumnien sekä tiedotteiden perusteella siitä, kuinka nopeasti muutos tapahtui tammi-maaliskuussa 2023. Kuva 20 alla näyttää erään näkymän, missä valitsimme aggregoidut muuttujat ”asenne: akseli negatiivinen – positiivinen” ja ”riskin tunne: akseli matala – korkea”. Vaellus viikosta 1 viikkoon 12 etenee systemaattisesti ja olemme lisänneet muutaman kommentaarin sen hetken tapahtumista.



Kuva 20. Tunnelman vaiheittainen romahtaminen tammi-maaliskuussa 2023 talouskeskustelussa

Vuosi alkoi lievähköä lamaa odotellen, mutta maailman talousfoorumi Davosissa nosti optimismia – tammikuu oli yleisesti positiivinen ja matalan riskintunteen kuukausi. Helmikuu toi jatkuvasti kiristyvän, jopa hieman ylikuumenevan ja negatiivisen tunnelman, mikä yleensä purkautuu jollain lailla. Maaliskuussa Fed ja koronnostot lisäsivät negatiivisuutta ja riskiä – ja sitten kalifornialainen startup-yritysten ja viininviljelyn keskus Silicon Valley Bank kaatui ja indikaattorit menivät pohjaan.

Monta muuta ulottuvuutta olisi käytettävissä tunnelman analyysissä, mutta alkuvuoden esimerkki näyttää miten nopeasti vaihtelut tapahtuvat. Kun markkinat ovat korkealle viritetyssä ja reagoitiherkässä tilassa, muutossignaali voi nopeammin saada aikaan myös voimakkaamman kokonaisuutoksen.

Tämänlaatuinen epävarmuus ja äkkimuutos, varsinkin kytkettynä siihen, että maaliskuun häiriön liikkeelle laittanut Silicon Valley Bank oli startup-pankkikeskus, ei voi olla jättämättä jälkiä myöskään esimerkiksi vihreän siirtymän teknologioiden rahoituksen saamiseen.

2.6 Mitkä kolme viestiä ovat tärkeimmät muistaa?

Analyysin pohjalta nousee kolme johtopäätöstä vihreän siirtymän investointien etenemisestä Suomessa:

- **aika tehdä investointipäätökset käy vähiin:** useissa tutkimuksissa ja tiekartoissa asetettujen tavoitteiden saavuttamisen edellytyksenä on ollut avainpäätökset vuoteen 2025 mennessä ja nopea toimeenpano vuosina 2025-2035,
- **aika tehdä päätöksiä on pidentynyt:** lisäksi 2022 seed-rahoituksesta Series E:hen oli 2 v 7 kk. Tämä saattaa myös päättää usean lupaavan teknologian skaalaamisen likvidien varojen puutteeseen, ilman varsinaista muuta syytä, sekä
- **aika markkinoille, TTM (Time-to-Market) on lyhennettävä useissa teknologioissa:** kun mahdollista, rahoituksen sopiva askeltaminen ja paloittelu saattaa jopa tukea tavoitetta.

3 Lähivuosien muutokset ja vaikutus vihreän siirtymän investointien houkuttelevuuteen Suomessa

3.1 Rahoitusympäristön vaiheet vuodesta 2019

Vihreän siirtymän investointien tilaa, muutoksia sekä niitä ohjaavia ajureita analysoitaessa ei oletettu tulosten eroavan radikaalisti yleisestä ymmäryksestä viime vuosien tapahtumista. Näin ollen oli pikemminkin kyse siitä, kertovatko anekdotaaliset todisteet, data ja haastattelut suunnilleen saman tarinan. Koska käytetty menetelmä data-analyysissä ei lähde tietystä rajatusta hypoteesistä, vaan tulos nousee esiin datasta itsestään, on sen todistusarvo monin tavoin suurempi.

Kuukausittainen datajoukko, josta poimintoja on näytetty esimerkiksi luvussa 1.3, jäsenyi lyhyenäkin (2019-) selvästi kuuteen vaiheeseen.

Alkaen tammikuusta 2019, **Ennen pandemiaa** -vaihe erottuu omakseen ja vertailukohdaksi normaaliin tilanteeseen.

COVID 1-shokin ensimmäinen vaihe erottuu kuukausiksi 4/2020-6/2020, jolloin kysyntäshokki laskee hintoja ja toimitusketju alkaa oireilla.

COVID 2-vaihe 7/2020-12/2020 lisää toimitusketjupainetta ja ruoan hinta käynnistää kansainvälisesti merkittävien hinnannousujen syklin.

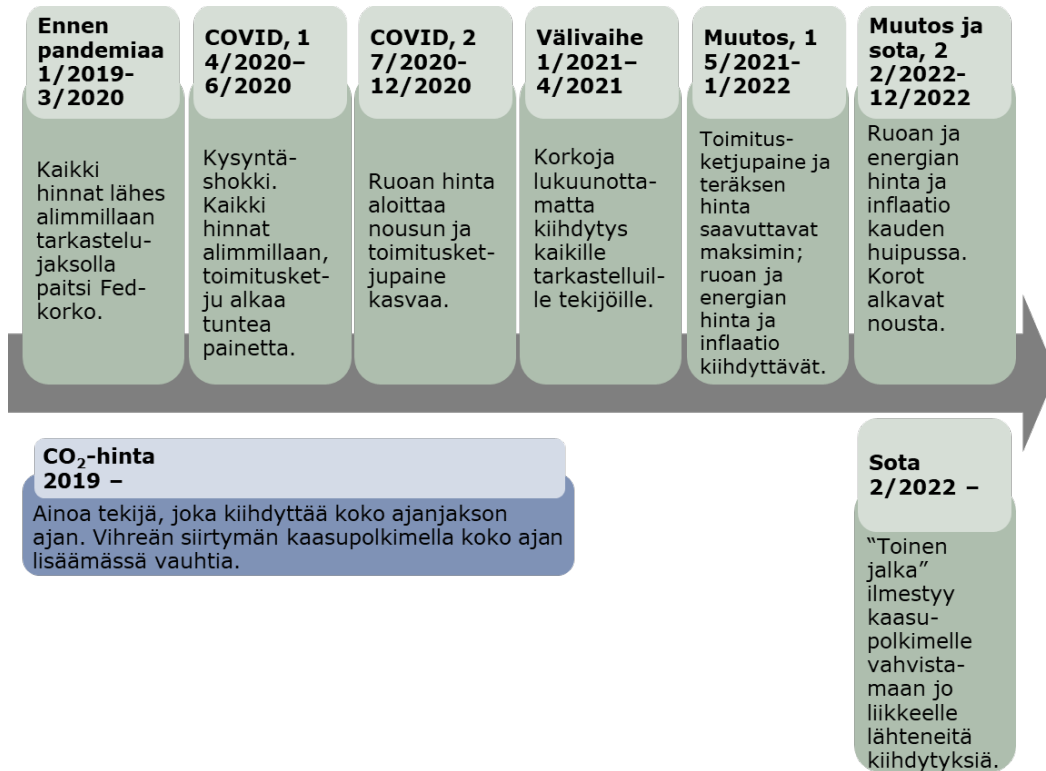
Välivaihe 1/2021-4/2021 on korkoja lukuunottamatta tarkasteltujen tekijöiden kiihdytystä hintojen noustessa ja ketjujen rakoillessa.

Muutos, 1 kestää kauden 5/2021-1/2022 ja kiihdytys-osittainen lasku -syklit alkavat toteutua: teräksen hinta ohittaa maksiminsa ja laskee, toimitusketjupaine hellittää hieman, mutta ruoan ja energian hinnat nousevat ja inflaatio lähtee nousuun.

Muutos ja sota, 2 jaksolla 2/2022-12/2022 ruoan ja energian hinnat saavuttavat toistaiseksi maksiminsa, ja korot lähtevät nousuun seuraten inflaatiota.

Vuoden 2023 alusta pankkihäiriö ja taloudellinen kasvava paine ottavat lisävaltaa. Valitettavasti kuluu **jaksoa ei vielä voida nimetä**.

Koko kautta kuvaa CO₂-päästötonnin hinnan jatkuva nousu. Venäjän hyökkäyssota Ukrainaan ei sinänsä tuo uusia kehityskulkuja vaan vahvistaa jo näkyvissä olleita trendejä.



Kuva 21. Selvästi datasta itsenäisesti nousevat kaudet lyhyellä 2019- ajanjaksolla

3.2 Miten tekijöiden vaikutus on vaihtunut ajanjakson aikana?

Analysoitaessa vihreän siirtymän investointeihin vahvasti vaikuttavia tekijöitä, muuttujat vaihtuvat aikajaksosta toiseen kuin vihreän siirtymän ajurien viestijuoksussa (Kuva 22 alla).



Kuva 22. Vihreän siirtymän ajurien viestijuoksu

”Normaalitilasta” 2019-3/2020, jolloin Fed-korko, puolijohteet ja CO₂-päästötonnin hinta ovat suurimmassa roolissa vihreän siirtymän investointien tekijöinä,

- vuonna **2020 ruoan hinta, toimitusketjupaine ja puolijohteiden saatavuuden** viive dominoivat,
- vuonna **2021 toimitusketjupaine ja puolijohteiden viive** lisäävät vaikutustaan samalla kun ruoan hinta laajenee **raaka-aineiden hinnaksi**, ja
- vuonna **2022 Fed- ja EKP-korot** nousevat suurimpaan rooliin: **rahoitus** on silloin ja edelleen suurin vihreän siirtymän investointien taustatekijä.

Datan avulla voidaan havainnollistaa sitä, miten COVID-ajan sisällä muodostui sykli, joka vaikuttaa sekä vihreiden investointien etenemiseen että yleisesti ilmiönä deglobalisaatioon. Kuva 23 alla kuvaa tätä ”spiraalina”.



Kuva 23. COVID-ajan spiraali – ja siitä eteenpäin

Puolijohteiden saatavuus, toimitusketjujen pettäminen ja ruoan nouseva hinta käynnistävät syklin, jossa teräksen ja energian hinnat kiihdyttävät yleisesti hintojen nousua. Inflaatio vahvistuu ja korot nousevat vastatoimena – tämän ketjun seurauksena rahoitus nousee vihreän siirtymän hidastajaksi.

Hinnat eivät kiihdytyksen jälkeen yleisesti ole palanneet COVIDia edeltäneeseen tilaan, vaan huipun jälkeen hinnat laskettuaankin ovat pysyneet uudessa, korkeampien hintojen virittyneessä tilassa. Tämä yhdistettynä rahoitukseen pullonkaulana luo tilanteen, jossa **uusi disruptio voi laukaista samantyyppisen syklin hinnannousuja – mutta lähtien korkeammalta lähtötasolta.**

3.3 Miten tilanne saattaisi edetä kolmen vuoden horisontilla ja vaikuttaa vihreän siirtymän investointeihin?

Erilaiset käyttämämme ennustealgoritmit antavat suunnilleen saman tuloksen vuodesta 2019 eteenpäin kerätyllä datalla: tilanne jatkuu ainakin vuoden tiukan rahoituksen puitteissa, eivätkä hinnat laske tai toimitusketjut ratkaisevasti paranna toimivuutta.

Tämä on osaltaan luonnollista seurausta tilanteen poikkeuksellisuudesta, eikä vastaavaa dataa löydy vertailukohtaksi. Esimerkiksi espanjantauti yli sata vuotta sitten ei tapahtunut globalisoituneessa maailmassa.

Spekuloitaessa tulevien vuosien kehitystä on mielekästä lähteä kolmesta vaihtoehdosta: datan antamasta ennusteesta ja sen seurauksien tulkinnasta sekä ”kahdesta joutsenesta”. Uusi ”musta joutsen” käynnistää hinnannoususyklin uudelleen; uusi ”vihreä joutsen” käynnistää suunnatun lisäaallon vihreän siirtymän investointeja. Kuva 24 alla tiivistää tulkintamme jaettuna vaikutuksiin kolmeen vihreän siirtymän investointiin: laitosinvestointeihin, myynnin vauhdittamiseen ja digitalisaatiopainotteisiin investointeihin.

	Laitosinvestoinnit	Myynnin vauhdittaminen	Digitalisaatio
Perusarvio: hintasuhteet samat kuin nyt, inflaatio/korkotaso vaikeuttaa rahoitustilannetta	Tiukemmat kriteerit ja lyhyempi horisontti karsivat kohteita. ESG^{*)}-rahasot ja ”kärsvälliset” sijoittajat toimivat puskureina mutta business casen täytyy olla parempi	Rahoituksen hakija saattaa joutua muuttamaan liiketoimintamallia . Tarvitaan selkeämmin jaoteltava kokonaisuus niin että välituotot on helppo määritellä. Puskureilla silti sama rooli.	Tekoäly nyt hype-tilassa ja erittäin voimakkaassa kehitysvauhdissa – imee todennäköisesti suuren osan digitalisaatorahoista . Jälleen, ESG-puskureilla rooli ilmastoversoelluksissa.
Muunnelma I: uusi musta joutsen käynnistää uuden hintakorotussyklin vaikeassa rahoitustilanteessa	Äärimmäisen vaikea tilanne, joka karsisi suuren osan nykyisiä ehdokkaita. ESG-suuntautunut rahoitus muodostaa puskurit, jotka ovat olennaisia vihreän siirtymän vauhdin ylläpidossa.	Raha saattaa siirtyä laitosinvestoinneista tarpeeksi isoiksi skaalautuviin, modulaarisiin toimintoihin . Tällöin ESG-painotteiset sijoittajat voivat keskittyä vaikeammin rahoitusta löytyviin tapauksiin .	Raha menee aina johonkin – todennäköisesti digitalisaatio, erityisesti käytännön sovellukset, suhteellisesti vielä vahvistuu vaikeammassa rahoitustilanteessa.
Muunnelma II: uusi vihreä joutsen käynnistää suunnatun aallon vihreän siirtymän investointeja	Mikäli esim. Power-to-X tai ”vihreä jälleerakentaminen” nousevat poliittisella konkreettisella (vrt. IRA ^{**)}) tuella isoiksi kokonaisuuksiksi, vihreä kiihdytys voi valmiiksi ”intensivisessä” toimintaympäristössä tapahtua nopeasti .	Voimakas kiihdytys vetää mukanaan tukevaa ja täydentävää liiketoimintaa – itse asiassa voi olla ongelma skaalata toimintaa ylös tarpeeksi nopeasti.	Digitalisaatiolla, ja esim. ”Green computing”-ilmastoystävällisellä laskennalla olisi kiihdytyksessä poikkeuksellinen mahdollisuus.

Kuva 24. Kolme skenaariota vihreän siirtymän investointien houkuttelevuudelle

Investointityypeittäin tarkasteltaessa voidaan sanoa seuraavaa:

Digitalisaatiopainotteiset investoinnit selvinnevät helpoimmalla. **Tällä hetkellä**, ja kehitystahdista päätellen ainakin jonkin aikaa, tekoäly nykytilanteessa niellee suuren osan investoinneista. Mikäli **uusi musta joutsen** käynnistää uuden negatiivisen disruption, on digitalisaation alta oletettavasti helpompi löytää hyviä lyhyemmän takaisinmaksuajan liiketoimintamahdollisuuksia. **Vihreä joutsen** puolestaan voisi tuoda mukanaan suuremman painotuksen esimerkiksi ”vihreään laskentaan” (*green computing*), muun muassa algoritmien ja pilvipalvelujen energia- ja muuhun tehostamiseen. **ESG-sijoittajilla on puskureina silti roolinsa kaikissa tapauksissa vähintäänkin varmistamassa riskipitoisempien vihreiden investointien toteutuminen.**

"Valistustyötä vihreän siirtymän investoinneista on vielä tehtävä"

Myynnin vauhdittamiseen suuntautuneet investoinnit ovat kohdistuneet tapauksiin, joissa osin on jo jouduttu sopeutumaan ja muuttamaan alkuperäisiä liiketoimintamalleja. Suurempi modulaarisuus eli skaalautuvuus monistamalla yksiköitä ja selkeästi määritellyt seuraavat askeleet helpottavat nykytilanteessa. **Musta joutsen** voi siirtää investointeja laitoksista muihin skaalautuviin liiketoimintoihin, jolloin vieläkin olennaisempaa olisi tehdä liiketoimintasuunnitelmista paloittain lyhyessä ajassa itsensä takaisin maksavia. **Vihreä joutsen** puolestaan todennäköisesti lisää kokonaisten ekosysteemien syntyä, jolloin laitosmaisten investointien ympärille syntyvä liiketoiminta voisi kasvaa huomattavankin nopeasti. **ESG-suuntautuneet sijoittajat turvaavat vihreän liiketoiminnan käynnistämistä ja sama rooli on tarpeen myös lisäkiihdytyksessä.**

Laitosinvestoinnit ovat tyypillisesti kooltaan suurempia sekä pitkäkestoisempia ja nykytilanteessa esiintyy jo hankkeiden karsintaa. **Musta joutsen** laukaisisi erittäin haastavan tilanteen, jossa ESG-sijoittajan rooli vihreän siirtymän vauhdin ylläpidossa kasvaisi entisestään. **Vihreä joutsen** puolestaan voisi haastavimmillaan ohjata rahoitusta siiloutuneesti hyvin harvoille urille, jollei ESG-sijoittaja varmista myös suuremman riskin hankkeiden esillepääsyä. Laitosinvestoinneissa **ESG-sijoittaja on ehkä vahvin ja välttämättömin puskuri volatiliteettiä vastaan.**

4 Osiaan suurempi mahdollisuus houkutteleviin vihreän siirtymän investointeihin

Vihreän siirtymän investointien houkuttelevuutta tarkastellessa neljä keskeistä ilmiötä leimaavat myös tämän selvityksen johtopäätöksiä:

Ei vain yhtä ratkaisua

Vihreä siirtymä on ilmiönä kuin digitalisaatio: yhden staattisen ja rajatun kohteen sijaan kyseessä on monta dynaamista toisiinsa kietoutuvaa ilmiötä ja tapahtumien ketjua. Vihreän siirtymän investointien houkuttelevuus ei myöskään ole yhdellä ainoalla keinolla varmistettavissa oleva asia.

Kohti hienojakoisempaa ymmärrystä

COVID-kauden aikana on käytännössä nähty, kuinka suuresta ja tärkeästä investointiaallosta on kyse. Samalla on myös päästy kohti hienojakoisempaa ymmärrystä siitä, miten vihreä siirtymä jakautuu – ja missä tällä hetkellä on hidasteita.

Rahoitus pullonkaulana

Rahoitus on muodostunut pullonkaulaksi verrattuna pandemiaa edeltäneeseen kauteen, vaikka tietyillä alueilla, kuten tuulivoiman tuotannossa, on runsaasti uusia investointeja. Uuden teknologian kehittäminen vihreän siirtymän eri osa-alueilla kohtaa esteitä, ja koko arvoketju, joka tarvitaan uuden teknologian saamiseksi markkinoille, kohtaa ajoitukseen liittyviä haasteita.

Kello käy ja kilpailu kovenee

Vuotta 2025 voidaan pitää vedenjakajana: suuren osan päätöksiä tulee olla tehtynä, jotta kaudella 2025-2035 saadaan tehtyä tarvittavat toimet teknologian ylöskaalauksesta erilaisiin laitosinvestointeihin, liiketoimintaan ja digitaalisiin ratkaisuihin. Kauanko rahoitus jatkaa pullonkaulana? On suuri merkitys sillä, helpottuuko tilanne esimerkiksi vuoden 2023 loppupuoliskolla vai vuoden 2024 alkupuolella. Pelikenttä ei myöskään ole maailmanlaajuisesti tasainen tällä hetkellä: Yhdysvaltain IRA-paketin (Inflation Reduction Act) houkutusvoima on suuri ja EU:n Net Zero-paketti kokoaa itseään vastaukseksi.

Selvityksen kolme johtopäätöstä liittyvät kaikki aikaan:

- **Epävarmuus ja rahoituksen pullonkaulat vievät aikaa** erityisesti vihreälle siirtymälle olennaiselta **riskipitoisemmalta teknologiakehitykseltä**. Tälle volatiliteetille tarvitaan vastapainona vakaata ja pitkäjänteistä rahoitusta, joka pysyy tavoitteessa.
- **Laitosinvestoinnit ovat erityisen herkkiä aikaviiveille**, koska myös raaka-aineiden hinnoissa esiintyneet nousut voivat nostaa investointibudjetit huomattavasti korkeammiksi. Hintojen heilahtelun yli katsova rahoitus on välttämätön laajan laituskannan aikaansaamiseksi tarvittavassa aikataulussa.
- **Vihreä digitaalinen siirtymä voi osaltaan leikata tarvittavaa aikaa monessa vaiheessa** esimerkiksi laitosinventoinneissa ja palvelujen toteutuksessa, mikäli se pysyy tavoitteissaan. Tässäkin kärsivällinen rahoitus, joka ei nopeasti heilahda puolelta toiselle, on olennainen tasapainottava tekijä.

Potentiaali työllistämiseksi ja viennille, mikäli Suomessa saadaan toteutettua vihreän siirtymän tarjoama, on Suomen kokoon nähden erittäin huomattava. Kärkitekniikat, laitokset, palvelut sekä digitalisaatio muodostavat yhdessä kokoaan suuremman mahdollisuuden.

Liian myöhään tehdyt oikeatkin asiat ovat – liian myöhään. Vielä on kellossa sekunteja.

5 Liite: Menetelmä

Menetelmä ja lähestymistapa on EDA-AI - ja mitä se onkaan

Menetelmänä on tutkiva data-analyysi (Exploratory Data Analysis, EDA) käyttäen tekoälyn ja koneoppimisen piiriin kuuluvia algoritmeja.

Menetelmää voi kuvata sanoilla *hypoteesivapaa, datalähtöinen ja data-agnostinen* – eli emme lähde mistään tietystä hypoteesista (esim. ”korkokanta on vaikuttanut eniten ilmastoteknologiasijoituksiin”) vaan lähdemme datasta (joka on kaikki tässä tapauksessa kerättävissä julkisista lähteistä). Dataan yhdistyy päättely (”jokin vaikuttaa investointien määrään”) eli investointien kokonaisuuden ei oleteta olevan sattumanvaraista. Lisäksi menetelmä ei ole lähtökohtaisesti viritetty mitään tiettyä dataa varten, vaan etsii kuvioita ja trendejä hyvinkin erilaisilta alueilta, ja kuviot nousevat esille datasta ilman ennakkokäsitystä siitä, mitä niiden tulisi olla - soveltaen asiantuntemusta datan reaali maailman merkitykseen tuloksia tulkittaessa.

Mitä on EDA (ja EDA-AI)?

Tilastotieteessä EDA (*Exploratory Data Analysis*) tarkoittaa lähestymistapaa datan analyysiin, missä etsitään datajoukosta esille nousevia ominaisuuksia, usein käyttäen hyväksi runsasta visualisointia. EDAn päätarkoitus on nähdä mitä data kertoo, ei testata edeltä määriteltyjä hypoteeseja. Tilastotieteen suuriin nimiin kuuluva John Tukey (1915-2000) toi EDAn esille 1970, tarkoituksenaan kehottaa tilastotieteilijöitä rohkeasti tutkimaan dataa – ja löytämään samalla uutta dataa ja uusia ratkaistavia ongelmia. EDAn alta löytää IDA (Initial Data Analysis) jossa muun muassa valmistellaan dataa jatkoanalyysijä varten. EDA-AI ei ole muu kuin täsmäntävä lisäys, jossa kerrotaan käytettävien algoritmien tyylilajista.

Menetelmässä ja lähestymistavassa FAANGUS on näkyvä tekijä

EDA ei sanele mitä algoritmeja tulee käyttää, vaan tyypillisesti ”työkalupakki” on kasvava, ja sitä sovitetaan ja täydennetään itse. Kuhunkin ongelmaan sovitetaan ja kokeillaan yleensä monia analyysijä parhaiten kysymykseen ja dataan sopivina.

Yhtenä menetelmämme vaikuttaneena tekijänä voidaan mainita niin sanotut FAANGUS³-algoritmit. Lyhenteen taustalla olevat yritykset tekevät laajaa tekoälytutkimusta ja julkaisevat myös algoritmeja julkiseen käyttöön. Kyseisten yhtiöiden tutkimus näiden parissa on erittäin kehittyneitä ja monin tavoin esimerkiksi tämän työn ongelmiin sopivaa.

Meta Research on erittäin laaja-alainen, myös talouteen keskittynyt ja laajalti akateemisesti verkottunut kokonaisuus	Amazon on pilvipalveluissa tekoäly-alustantarjoaja, ja voimakkaasti tekoälyyn panostanut yhtiö jonka toimitusketjun ja varastojen hallinnan parhaat palat ovat kilpailuetu.	Apple on ehkä hieman jäljessä Googlea, Metaa, Amazonia ja nykyään Microsoftia, mutta julkinen tutkimus algoritmeissa mm. terveysdatan, äänen ja kuvan suhteen on huipputasoa.	Netflix on arvioiden mukaan vastuussa n. 15 prosentista maailman nettiliikennettä, joten kyseisten bittien optimointi laadun suhteen on erittäin olennainen tekijä, samoin tietysti preferenssi- ja suositteija-algoritmit.
Google on julkaissut häkellyttävän monipuolista tekoälytutkimusta, ja saavuttanut monta läpimurtoa.	Uber ei ole tunnetuin tutkimuksesta, mutta julkaistu tekoälytutkimus mm. logistiikassa ja dynaamisessa hinnoittelussa on huomattavan korkeatasoista.	Spotify on suositteija-algoritmeissa yleisesti alan huipuksi katsottu, ja Ruotsista lähtenyt tutkimus on ehkä tunnetuin yhdistelmä pohjoismaista suoraa kaupan ja tieteen yhteistyötä.	Nostona... erittäin mielenkiintoisesta, suhteellisuusteorian ja mm. osakkeet yhdistävänä algoritmina mainittakoon Lorentz-muunnoksien käyttö aikasarjoihin, esim. LDC (Lorentzian Distance Classifier)

Kuva 25. FAANGUS

³ FAANGUS = Facebook, nyk. Meta, Amazon, Apple, Netflix, Google ja emoyhtiö Alphabet, Uber, Spotify