



Johanna Tuomisaari<sup>a</sup>, Niina Junno<sup>b</sup>, Pia Bäcklund<sup>b</sup> & Annakaisa Korja<sup>b</sup>

## Geoterminen energia ja politiikkaongelmien hallitsemisen tiedollinen haaste

### Geothermal energy and the knowledge challenge of governing policy problems

To mitigate climate change, we must transition to low-carbon energy system. In Finland and abroad, geothermal energy has become one source of emission-free renewable energy but its building and use entail risks. In this article we study the governance of seismic risk of geothermal energy in a multi-actor network. We focus on how actors perceive the role of the Institute of Seismology in geothermal energy governance network. We examine how a complex policy problem such as the governance of seismic risk of geothermal energy is organized in an institutionally ambiguous situation and what kind of questions relating to knowledge and knowing arise. Our analysis demonstrates how the solution to the policy problem is negotiated while the governance practices of geothermal energy and division of labour is being shaped. Our study also points out that the move from government to governance does not make traditional hierarchical government and regulation obsolete. On the contrary, explicit and stable operational environment fosters the adoption of new technologies.

**Keywords:** energy transition, geothermal energy, governance, institutional ambiguity, knowing, seismic risk

### Johdanto: geoterminen energia tulevaisuuden ratkaisuna ilmastoviisaassa energiatuotannossa

Käynnissä on energiamurros eli siirtymä kohti energiajärjestelmää, joka rakentuu uusiutuvien energialähteiden käytölle (Heiskanen ym. 2021; Karhunmaa 2021). Ilmastonmuutoksen hillitsemisessä rakennusten lämmittämisestä koituvien päästöjen vähentäminen on yksi keskeisistä tekijöistä, sillä niiden on arvioitu aiheuttavan jopa 30 prosenttia Suomen hiilidioksidipäästöistä (Mattinen ym. 2016; ks. myös Nissinen & Savolainen 2019; Tilastokeskus 2021). Lämmitysenergian tarvetta voidaan vähentää parantamalla uudis- ja korjausrakentamisen energiatehokkuutta, mutta lisäksi pitää kehittää

<sup>a</sup> Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Jyväskylän yliopisto, johanna.m.tuomisaari@jyu.fi

<sup>b</sup> Geotieteiden ja maantieteen osasto, Helsingin yliopisto

uusia ilmastoystävällisiä lämmitysenergian tuotantotapoja. Geoterminen energia eli maankuoren lämpöenergia on noussut sekä Suomessa että muualla maailmassa yhdeksi vaihtoehdoksi korvaamaan erityisesti fossiilisiin lähteisiin perustuvaa energiantuotantoa. Geotermisen energian etuja ovat muun muassa uusiutuvuus ja vähäpäästöisyys (Goldstein ym. 2011; Dalla Longa ym. 2020; Uski & Piipponen 2019). Geoterminen energia voi olla osa ratkaisua, kun siirrymme pois polttamiseen perustuvista teknologioista.

Geotermisen energian tuotantoon sisältyy kuitenkin myös riskejä, joita sekä geotermistä energiaa tuottavat yhtiöt että sitä käyttävät toimijat kuten kunnat ovat alkaneet tunnistaa. Tällaisia riskejä ovat esimerkiksi sellaisen seismisen aktiivisuuden lisääntyminen, joka voi pahimmillaan merkittävästi vaurioittaa rakennuksia ja herkkää infrastruktuuria laajemminkin (Carreño ym. 2007; Uski & Piipponen 2019). Geotermisen energiantuotannon riskien arviointia vaikeuttaa, että riskit voivat toteutua kilometrien päässä varsinaisesta geotermisen energian tuotantopaikasta. Tällä hetkellä riskien yhteiskunnallista hallintaa hankaloittaa olennaisesti geotermisen energian regulaation keskeneräisyys. Nykytilannetta kuvaakin hyvin käsite institutionaalinen epäselvyys (*institutional ambiguity*, Hajer 2003; 2006), jossa toimijat samaan aikaan kehittävät sekä uusia toimintatapoja että niitä ehdollistavaa regulaatiota. Geoterminen energia on esimerkki siirtymisestä ilmastoviisaampaan elämäntapaan, mutta sitä ei kuitenkaan pidä tarkastella yksinomaan ilmastomuutoksen hillinnän näkökulmasta. Samalla on tarkasteltava, millaisia muita yhteiskunnallisia vaikutuksia näillä siirtymillä ja teknologioilla saattaa olla paikallisesti ja globaalisti (Heiskanen ym. 2021; vrt. kriittisten mineraalien tuotanto ja vihreä teknologia, esim. Sairinen ym. 2021).

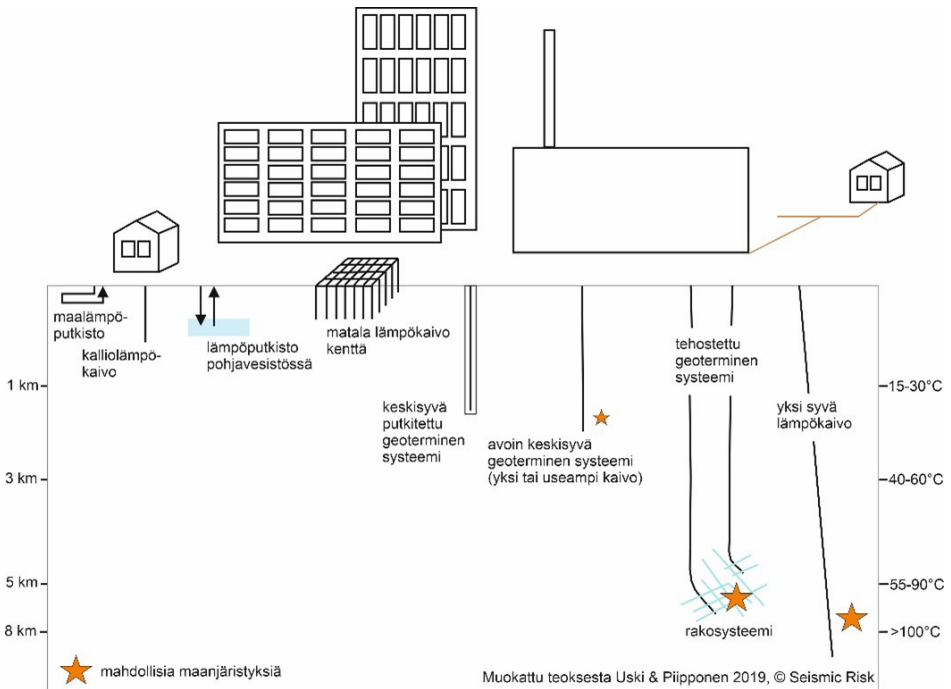
Artikkelissamme käsittelemme geotermisen energian rakentamiseen ja käyttöön liittyvän seismisen riskin hallintaa monitoimijaisessa verkostossa. Analysoimme erityisesti sitä, millaisen roolin eri toimijat näkivät Seismologian instituutilla geotermisen energian riskien hallinnassa. Seismologian instituutti on Helsingin yliopiston observatorio- ja tutkimuslaitos, joka on nykyisin osa matemaattis-luonnontieteellistä tiedekuntaa ja kuuluu hallinnollisesti geotieteiden ja maantieteen osastoon. Sillä on oma ulkopuolinen johtokunta. Johtosäännön mukaan Seismologian instituutilla on erilaisiin sopimuksiin ja säädöksiin perustuvia seismologiseen valvontaan liittyviä viranomaisten siirtämiä valtakunnallisia tehtäviä. Lisäksi instituutin tehtävänä on seismologinen tutkimus, alan kehityksen seuraaminen ja kansainvälisten yhteyksien ylläpitäminen. Tämän lisäksi instituutti antaa asiantuntija- ja tutkimusapua ja lausuntoja sekä tekee muita valvontaseismologisia tehtäviä viranomaisten toimeksiannosta.

Artikkelimme etenee siten, että seuraavassa luvussa esittelemme ensin geotermisen energian tuotantotapoja ja tähän tuotantomuotoon liittyviä uhkia. Tämän jälkeen kerromme tarkemmin, millaisten institutionaaliseen epäselvyyteen liittyvien näkökumien kautta olemme tulkinneet aineistoamme ja kuvaamme aineistomme keruun ja analyysitavan. Tämän jälkeen esittelemme analyysimme tulokset ja lopuksi kiteytämme keskeiset geotermisen energian riskin hallintaan liittyvät havaintomme.

## Geoterminen energia ja seisminen riski

Geotermisen energian hyödyntäminen perustuu nesteiden kierrättämiseen maa- ja kallioperässä ja lämmenneen nesteiden käyttämiseen rakennusten lämmityksessä. Geoterminen energia jaetaan matalaan, keskisyvään ja syvään geotermiseen energiaan riippuen siitä, kuinka syväälle maa- tai kallioperään laitteisto ulottuu. Matalasta geotermisestä energiasta käytetään usein termejä geoenergia ja maalämpö, ja syvästä geotermisestä energiasta termiä geoterminen energia. Kuvassa 1 on kuvattu Suomen olosuhteissa mahdollisia matalan ja syvän geotermisen energian sovelluksia.

Matalalla geotermisellä energialla eli maalämmöllä tarkoitetaan enintään 1 000 metrin syvyyteen ulottuvia maalämpöputkistoja tai kaivoja. Matala geoterminen energia perustuu maaperään ja vesistöihin varastoituneen auringon lämpöenergian sekä maa- ja



Kuva 1. Suomessa mahdollisia geotermisen energian sovelluksia (muokattu teoksesta Uski & Piipponen 2019, 7).  
 Figure 1. The adaptations of geothermal energy possible in Finland (modified from Uski & Piipponen 2019, 7).

kallioperän pintakerrosten sisäisen lämmön hyödyntämiseen (Pokki ym. 2014). Matalan geotermisen energian tuotannossa käytetään maan pintakerroksessa tai vesistössä vaakatasossa kiertävää maalämpöputkistoa tai porakaivoon asennettua pystyputkea eli kaivoa. Putkistosta tai kaivosta saatava energia riittää lämmittämään pientaloa, ja useamman kaivon yhdistelmä suurempia rakennuksia: Suomen suurin maalämpöjärjestelmä on Sipoossa SOK:n logistiikkakeskuksessa, jossa on 300 noin 300 metrin syvistä kaivoa. Maalämpö on viimeisten parin vuosikymmenen ajan yleistynyt voimakkaasti sekä uudis- että korjausrakentamisessa. Joissakin kunnissa on haluttu suosia maalämpöä muun muassa poistamalla tai alentamalla lämpökaivojen toimenpidelupamaksuja (esim. Juvonen & Lapinlampi 2013).

Syvä geoterminen energia hyödyntää kallioperän lämpöenergiaa: auringon lämmittävä vaikutus ulottuu noin 15 metrin syvyyteen, ja sitä syvemmällä lämpöenergia on pääosin peräisin radioaktiivisten isotooppien hajoamisesta. Maan sisäinen lämpöenergia on sitä suurempi mitä syvemmällä kallioperässä ollaan. Suomen kallioperä on viileää, ja lämpötila nousee noin yhdestä kahteen celsiusastetta sataa metriä kohden (Kukkonen 2000). Jotta kallioperän lämpöenergiaa olisi kannattavaa hyödyntää kaukolämpötuotantoon, lämpökaivot on porattava useiden kilometrien syvyyteen.

Syvän geotermisen energian laitokset voidaan jakaa edelleen keskisyviin ja syviin. Keskisyvät kaivot ovat noin yhdestä kolmeen kilometriin syviä, ja syvät yli kolme kilometriä ja jopa 6–8 kilometriä syviä. Tässä artikkelissa tarkastelemme keskisyviä ja niitä syvempiä lämpökaivoja, ja käytämme molemmista nimitystä syvä geoterminen energia. Syvän geotermisen energian järjestelmät ovat avoimia tai suljettuja riippuen siitä, onko lämmön siirtoon käytettävä neste kosketuksissa kallioperän kanssa vai kulkeeko se suljetussa putkessa (kuva 1). Suljetuissa eli putkitetuissa järjestelmissä maanjäristysriski on hyvin

pieni. Sen sijaan avoimiin geotermisiin järjestelmiin, jossa paineistettu vesi on kontaktissa kallioperän kanssa, liittyy kohonnut seisminen riski (Majer ym. 2007).

Tehostetussa geotermisessä lämmöntuotannossa (enhanced geothermal system, EGS) porataan kaksi osittain avointa lämpökaivoa, joista toisesta syötetään vettä kallioperään ja toisesta kallioperässä lämmennyt vesi pumpataan ylös (esim. Majer ym. 2007). Tuotantolaitoksen rakennusvaiheessa lämmön keräämistä tehostetaan pumppaamalla ensimmäisen kaivon kautta kallioperään suurella paineella vettä. Veden pumppaus avartaa kallioperässä olevia rakoja ja siten parantaa veden virtausta ja kallioperän lämmön talteenottoa. Kallioperän rakojen avartaminen eli stimulointi aiheuttaa pieniä maanjäristyksiä, jotka paikantamalla selvitetään veden virtaussuuntia kallioperässä. Tämän tiedon perusteella määritellään, mihin kallioperässä lämmenneen veden ylös pumppaamiseen tarkoitettu toinen kaivo on porattava.

Kallioperän stimuloinnin aiheuttamat maanjäristykset ovat suurimmaksi osaksi hyvin pieniä mikromaanjäristyksiä (Uski & Piipponen 2019). EGS-laitokset saattavat kuitenkin aiheuttaa myös suuria maanjäristyksiä: vuonna 2006 Sveitsissä Baselissa oli magnitudin 3,4 järistys (Häring ym. 2008) ja Etelä-Koreassa Pohangissa magnitudin 5,5 järistys vuonna 2017 (Grigoli ym. 2018). Tätä ihmisen toiminnan aiheuttamaa seismisyyttä kutsutaan indusoiduksi seismisyydeksi erotuksena luonnollisesta seismisyydestä. Indusoitua seismisyyttä aiheutuu myös muun muassa maanalaisesta louhinnasta sekä öljyn- ja kaasuntuotannosta (Keränen ym. 2018).

Indusoidun seimisyuden aiheuttama riski on keskeinen kysymys geotermisen energian teknologioiden kehittämisessä. Arkisessa kielessä hasardilla ja riskillä tarkoitetaan usein samaa asiaa, mutta käsitteellisesti ne viittaavat eri asioihin. Seisminen hasardi eli uhka viittaa luonnolliseen seismisyyden tasoon, ja siihen ihminen ei voi vaikuttaa. Seisminen hasardi on todennäköisyys sille, että tietyn suuruinen maanjäristys voi tapahtua tietyllä alueella tietyn ajanjakson aikana. Indusoidut maanjäristykset nostavat seismisyyden tasoa eli hasardia paikallisesti. Riski puolestaan kuvaa seismisyyden vaikutuksia ympäristöön kuten rakennuksiin tai laitteistoihin, ja siihen vaikuttaa seismisen uhan lisäksi ympäristön haavoittuvuus (kuten rakennusten lujuus) sekä altistuminen (vaikutusalueen laajuus ja ominaisuudet) (Bommer ym. 2015).

Riskiä voidaan pienentää esimerkiksi vahvistamalla talojen rakenteita tai välttämällä rakentamista järistysherkillä alueilla. Indusoidun seismisyyden riskin hallinnassa pääasialliset keinot ovat selvittää mahdollisimman tarkkaan, mikä seismisyyttä aiheuttaa ja mitkä ovat sen mahdolliset vaikutukset infrastruktuurille. Samoin pitää valvoa seismisyyden tasoa, jotta toiminta voidaan tarvittaessa keskeyttää riskin madaltamiseksi (Majer ym. 2007; Kraft ym. 2009; Uski & Piipponen 2019). Seismistä valvontaa varten tarvitaan puolestaan seismisten havaintoasemien verkosto, joka kerää tietoa alueen seismisyydestä ennen geotermisen energian tuotantolaitoksen toimintaa, sen aikana ja sen jälkeen.

Suomi on luonnostaan matalan seismisyyden aluetta. Suomessa esiintyy maanjäristyksiä, mutta ne ovat enimmäkseen pieniä (alle magnitudin neljä) eivätkä aiheuta suuria vahinkoja. Varsinkin eteläinen Suomi on seismisesti rauhallista. Matala seismisyys johtuu siitä, että Suomi sijaitsee Euraasian mantereen sisäosissa ja vanha kallioperämme on rikkonaista: Suomessa ei ole suuria ja aktiivisia siirroksia, jotka voisivat aiheuttaa voimakkaita järistyksiä. Tämä ei tarkoita, etteivätkö pienemmätkin siirrokset, jotka kulkevat kallioperän syvemmissä osissa geotermisten kaivojen läheisyydessä, voisi aiheuttaa pienempiä järistyksiä. Tämän vuoksi niiden kartoitus on välttämätöntä riskin arviointia varten (Korja & Kosonen 2015).

Yksittäisten siirrosten aktiivisuutta on vaikea tarkasti määrittellä, ja on arvioitu, että jopa magnitudin seitsemän maanjäristys olisi teoreettisesti Suomessakin mahdollinen (Korja & Kosonen 2015). Tällainen maanjäristys aiheuttaisi mittavia vahinkoja rakennuksille, silloille ja muulle infrastruktuurille. Toisaalta tiheästi rakennetuilla kaupunkialueilla, joilla on paljon monimutkaista infrastruktuuria ja herkkää teknologiaa, pienempikin maanjäristys voi aiheuttaa suuria vahinkoja sekä taloudellisesti että sosiaalisesti. Koska nimenomaan

kaupunkialueilla geotermistä energiaa pidetään lupaavana lämmöntuotantomuotona, sen aiheuttamat mikromaanjärjestykset saattavat muodostaa uudenlaisen kaupunki-infrastruktuuria koskettavan uhan. Tässä kontekstissa on tärkeää pyrkiä lisäämään ymmärrystä siitä, millaista tietämystä tarvitaan uhkien tunnistamiseksi ja millaisin keinoin uhkia voidaan vähentää.

Energia-yhtiö St1 aloitti Suomen ensimmäisen syvän geotermisen energian laitoksen suunnittelun Espoon Otaniemeen vuonna 2014. Otaniemen voimala oli pilottihanke, jossa kokeiltiin, miten Suomen kova, kiteinen ja viileä kallioperä soveltuisi syvän geotermisen energian hyödyntämiseen ja erityisesti tehostettuun geotermiseen lämmöntuotantoon. Vuonna 2015 kairattiin ensimmäinen noin kaksi kilometriä syvä pilottireikä alustavia testauksia ja tutkimuksia varten. Varsinaisten tuotantoreikien poraus alkoi huhtikuussa 2016. Ensimmäinen reikä saavutti tavoitesyvyytensä (6,4 km) huhtikuussa 2018, ja kesäkuussa 2018 aloitettiin kuuden viikon pituinen stimulointivaihe. Toinen stimulointivaihe oli keväällä 2020 toisessa tuotantoreiässä. Stimulointien aikana 2018 sekä 2020 tuhansia pieniä mikromaanjärjestyksiä rekisteröitiin Otaniemen EGS-laitoksen ympäristössä ja ne tulkittiin stimulointien indusoimiksi. Suurimmat järjestykset (esimerkiksi kesän 2018 magnitudin 1,7 järjestykset; Uski & Piipponen 2019) tunnettiin ja kuultiin lähialueilla, eritoten Helsingin Munkkivuorella (Hillers ym. 2020). Seismologian instituutti sai satoja havaintoilmoituksia tärinästä ja äänestä ST1:n hankkeen indusoimista järjestyksistä vuosina 2018 ja 2020.

Loppusyksystä 2021 oli tarkoitus tehdä virtaustestejä reikien välillä, mutta testi peruttiin, koska aiempien stimulointiaineistojen analyysin tuloksena sen ei todettu olevan kannattavaa. Jotta vesi virtaisi kuuden kilometrin syvyydellä, rakoja pitäisi pitää auki hydraulisen paineen avulla. Suuren paineen vuoksi rei'issä on teknologiahaasteita ja samalla sekä indusoidun seismisyyden riski että taloudellinen riski kasvavat. St1 ja sen kumppani Fortum etsivät nyt uusia teknologioita voimalan toimintaan, jotta näistä kahdesta yli kuuden kilometrin testikaivosta saataisiin paras mahdollinen teknologiahyöty (ST1 2021; Fortum 2022).

## Geotermisen energian tuotanto avoimena politiikkaprosessina ja riskin hallinnan tiedollinen haaste

Geotermisen lämmöntuotannon aiheuttaman seismisen riskin hallinnan ensimmäinen askel on tunnistaa ensinnäkin ne toimijat, jotka tuottavat tai käyttävät geotermistä energiaa ja toiseksi ne toimijat, joiden pitäisi valvoa toimintaa. Tulkinnallisesti lähdemme liikkeelle siitä, että geotermisen energian tuotanto-ympäristön nykytilaa kuvastaa institutionaalisen epäselvyyden käsite (Hajer 2003; 2006). Käsitteellä on viitattu tilanteeseen, jossa ei ole ennalta määriteltyjä sääntöjä tai normeja päätöksenteolle ja toimintapolitiikalle (Hajer 2003; 2006). On siis kiistanalaista, millaista ja miten toimintapolitiikkaa tulisi harjoittaa: päätösten sisältöjen lisäksi on samanaikaisesti neuvoteltava toimintaa ohjaavista säännöistä ja periaatteista. Neuvottelut ovat poliittisen toiminnan paikkoja, joissa ongelmia ja niiden ratkaisuja muotoillaan. Näitä määrittelykamppailuja käydään vakiintuneiden instituutioiden sisällä, välillä ja myös niiden ulkopuolella erilaisissa verkostoissa.

*Politiikkaprosessilla* tarkoitamme tapahtumien, tulkintojen ja kiistojen kokonaisuutta, jonka yhteiskunnalliset, hallintaa vaativat ongelmat muodostavat. Politiikkaprosessin käsite kohdistaa huomion siihen, miten yhteiskunnalliset ongelmat kehkeytyvät ja muuttuvat eri käytännöissä ja eri toimijoiden vuorovaikutuksessa (esim. Majone 1989; Fischer 2003; Hajer 2003; 2006; Yanow 2007; Häikiö & Leino 2014; Durnová & Weible 2020). Politiikkaprosesseja voidaan jäsentää avautumisen ja sulkeutumisen sykleinä: avauman hetkellä ongelma nostetaan keskusteluun ja määrittelykamppailujen kohteeksi, kunnes sulkeutuman hetkellä toimijat saavuttavat jaetun näkemyksen ongelman luonteesta ja sen hallinnan päämääristä (esim. Häikiö & Leino 2014; Dodge & Metzger 2017). Tässä artikkelissa analysoimme geotermisen energian politiikkaprosessia avauman vaiheessa: sääntelyä on vielä niukasti, toimijoiden väliset suhteet ovat jäsentymättömiä ja on epäselvää, millaisesta ongelmasta on kyse.

Politiikkaprosessin avautumisen vaihe nostaa näin samalla esille hallinnan verkostojen toimintalogiikan (*governance*) ja yksittäisten julkisen hallinnon instituutioiden (*government*) toiminnanohjauksen välisiä jännitteitä (esim. Hajer 2009; Pollitt & Bouckaert 2011; Mäntysalo & Bäcklund 2018; Jurmu 2021). *Hallinnan* käsitettä on käytetty viime vuosikymmeninä laajalti eri tieteenaloilla kuvastamaan julkisen sektorin toiminnan muutosta, jonka myötä verkostomaiset toimintatavat ja uudet kumppanuudet myös yksityisen sektorin toimijoiden kanssa ovat saaneet lisää painoarvoa (Osborne & Gaebler 1992; Rosenau 1992; Stoker 1998; Pierre 1999; Aarsather ym. 2011; Klijn & Koppenjan 2012; Jurmu 2021). Käsitteen on kuitenkin nähty jättävän helposti huomiotta esimerkiksi erilaiset toimintaa ohjaavat institutionaaliset polkuriippuvuudet (esim. Mahoney 2000; Mäntysalo & Bäcklund 2018), sekä sen, millaisten ideologisten toimintalogiikkojen kautta nämä verkostot ovat organisoituneet (Pierre 1999, 373–376). Hallinnan verkostoissa on kyse sekä politiikkatoimien sisäisestä että ulkoisesta koherenssista (esim. Bang & Esmark 2009).

Geotermiseen energiaan liittyvässä politiikkaprosessissa on keskeistä, miten vakiintuneet julkishallinnon instituutiot omine julkisen valvonnan tehtävineen eri aluetasoilla määrittelevät roolinsa uudenlaisessa tilanteessa. Yhteisesti hyväksytyjen toimintatapojen edellytys on, että toimijoilla on keskinäinen ymmärrys nykytilanteesta mukaan lukien ongelmaan liittyvät epävarmuudet ja toimijan oma institutionaalinen asema (esim. Van Rijswick & Salet, 2012). Esimerkiksi Seismologian instituutilla on myös lakisääteiset tehtävänsä, joita hallinnan verkostoissa ei voida neuvotellen muuttaa. Tilanteessa tarvitaan samanaikaisesti sekä toimijoiden keskinäistä yhteistyötä että myös selkeytystä verkostossa mukana olevien tehtävistä samoin kuin siitä mitä – ja kenen – on mahdollista muuttaa.

Vaikka geotermisen energian tuotannosta löytyy jo kansainvälisiä esimerkkejä (esim. Lund & Toth 2021), geotermisen energian riskin hallinnan käytäntöjä ei voi sellaisinaan siirtää Suomeen. Hallintakäytäntöjen rakentamisessa on huomioitava yhteiskunnallinen konteksti, kuten lakisääteiset ohjauskeinot, ja viranomaisten toimivaltuudet sekä niihin perustuvat paikalliset käytännöt ja strategiat. Esimerkiksi maankäytön suunnittelua säädellään eri tavoin eri maissa (esim. Davoudi ym. 2009; Skelcher ym. 2011; Stead 2012; Kanninen 2017), mikä puolestaan vaikuttaa siihen, millaisten päätösprosessien ja toimijaverkostojen yhteistyön kautta geotermisiä voimaloita voidaan rakentaa. Lisäksi kallioperä on erilaista eri alueilla ja siten myös kallioperästä aiheutuvat mahdolliset seismiset riskit vaihtelevat alueilta toisille (Korja & Kosonen 2015).

Syvän geotermisen energian hyödyntäminen nostattaa uudenlaisia kysymyksiä, joihin toimijaverkostossa on löydettävä vastauksia. Paikallista energiahuoltoa tutkinut Taru Peltola (2007) on käyttänyt käsitettä teknologinen pusku, jolla hän viittaa teknologisen järjestelmän kykyyn ohjata kehitystä tiettyyn suuntaan. Teknologialla tarkoitetaan tässä laitteistojen lisäksi myös niitä käytäntöjä, jotka kytkeytyvät uuteen tekniikkaan. Syvä geoterminen energia on oiva esimerkki siitä, kuinka uuden energiatuotantomuodon käyttöönotto muokkaa hallinnan verkostoja ja luo ympärilleen myös uuden käytäntöjen verkoston – yksittäiset käytännöt ovat aina suhteessa toisiinsa (esim. Schatzki 1996; Mäntysalo & Bäcklund 2018). Teknologisten järjestelmien sekä energiamurroksen ehtojen ja edellytysten ymmärtäminen edellyttää myös käytäntöjen ja merkitysten analyysia (Dodge & Metze 2017). Uusien käytäntöjen tarkastelun lisäksi on huomioitava olemassa olevat, jo vakiintuneet käytännöt ja toimija-asetat (Verbong & Geels 2007).

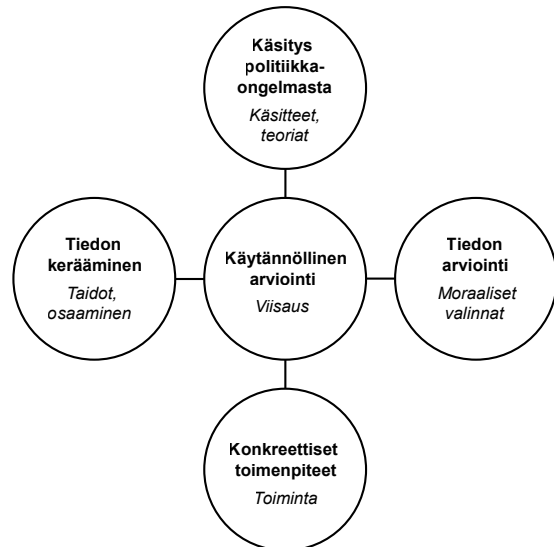
Syvän geotermisen energian riskin hallintaa ja tarkoituksenmukaisten käytäntöjen määrittelyä mutkistaa se, että voimaloiden rakentamisesta ja käyttämisestä Suomen geologisissa olosuhteissa on toistaiseksi vähän tietoa ja kokemusta. Poliitiikkaprosesseissa otetaankin aina kantaa myös siihen, millaista tietoa tarvitaan kyseisen ongelman ratkaisemiseksi ja miten kyetään käsittelemään tunnistettuja epävarmuuksia ja tiedon aukkoja. Kyse on samanaikaisesti sekä tiedollisesta epävarmuudesta että tiedollisesta epäselvyydestä (Forester 1993; Sotarauta 1996). Tiedollinen epävarmuus viittaa siihen, onko ilmiöön liittyvää tarpeelliseksi koettua tietoa riittävästi ja tiedollinen epäselvyys puolestaan



siihen tiedämmekö, millaista tietoa ilmiöstä pitäisi ylipäänsä olla käytettävissä.

Käytämme aineiston analyysissamme geotermisen energiatuotannon riskin hallintaan liittyvien haasteiden jäsentämiseen Simin Davoudin (2015) jaottelua tietämisen eri ulottuvuuksiin (kuva 2). Katsomme, että jaottelu kuvastaa hyvin myös geotermisen energian seismisen riskin hallinnan kompleksista tiedollista luonnetta. Seismisen riskin hallinnassa on ensinnäkin kyse siitä, mitä tiedämme riskeistä. Millaisia asioita tulisi huomioida ja millaisen tiedollisen ymmärryksen kautta voimme saavuttaa yhteisen käsitykset seismisistä riskeistä (käsitys politiikkaongelmasta)? Toisekseen tarvittavan tiedon luonteeseen liittyy väistämättä myös moraalinen arviointi; millainen riski on yhteiskunnallisesti hyväksyttävissä ja millaisin perustein (tiedon arviointi)? Kolmanneksi tarvitaan laajempaa, kriittistä ymmärrystä tietämyksemme rajoista sekä konkreettista tiedon keräämisen ja analyysin tavoista, joilla riskiä pitäisi pyrkiä minimoimaan (tiedon kerääminen). Näiden analyttisten lähestymistapojen kautta on mahdollista suunnitella toimintaa (konkreettiset toimenpiteet). Davoudin (2015) mukaan tietämisen eri ulottuvuuksien kautta on mahdollista saavuttaa perusteltu arvio, joka mahdollistaa ongelman tiedollisen hallinnan (käytännöllinen arviointi).

Luvussa 5 esittelemme aineistomme analyysiin perustuen, missä ja millaisia nykyisten tietokäytäntöjen puutteet ovat, miten geotermisen energian tuotannon hallintaa tulisi kehittää ja millaiset roolit eri toimijoilla tulisi olla hallintakäytäntöjen verkostossa.



Kuva 2. Tietämisen ulottuvuudet Davoudin (2015, 327) mukaan.  
Figure 2. Dimensions of knowing after Davoudi (2015, 327).

## Aineisto ja tulkinnalliset lähtökohdat

Aineistomme koostuu ensinnäkin toukokuussa 2021 pidetystä Seismologian instituutin ryhmäkeskustelusta, johon osallistui seitsemän instituutin työntekijää. Keskustelu järjestettiin Zoomin välityksellä, ja se kesti noin kaksi tuntia. Keskustelu tallennettiin osallistujien suostumuksella aineiston analyysin helpottamiseksi. Ryhmäkeskustelun lisäksi aineistomme koostuu keväällä ja kesällä 2021 tehdyistä yksilohaastatteluista (22 haastattelua) kuntien ja valtion viranhaltijoille yrityksille, tutkijoille ja järjestöjen edustajille, jotka tunnistimme mahdollisesti tärkeiksi toimijoiksi geotermisen energian tuotannossa. Olemme anonymisoineet aineistomme siten, että emme käytä aineistolainauksen yhteydessä henkilöiden nimiä vaan olemme merkinneet, mistä toimija-asemasta haastateltava puhuu. Seismologian instituutin työntekijästä käytämme lyhennettä SI, yrityksistä Y, kuntien viranhaltijoista K, valtion viranomaisista V ja muista M.

Geotermisen energian riskien hallinnan institutionaalinen epäselvyys kävi selkeästi ilmi, kun etsimme haastateltavia tutkimukseemme. Mahdollisten haastateltavien nimeämiseksi kävimme hankkeen tutkijoiden kesken useita keskusteluja, kun pohdimme, ketkä alalla toimivat sopisivat haastateltaviksi. Etenkin geotermisen energian kysymyksiä käsittelevien viranhaltijoiden löytäminen osoittautui työlääksi, ja monessa organisaatiossa asiaan perehtyneitä henkilöitä oli vain yksi tai kaksi.

Ennen haastattelujen aloittamista valmistellussa haastattelurungossa Seismologian instituutin asema ei ollut erillisenä kysymyksenä mukana. Aineistonkeruun edetessä huomaisimme, että instituutti on yksi solmukohta geotermisen energian hallinnan verkostossa, ja siihen on syytä perehtyä tarkemmin. Aloitimme analyysimme etsimällä haastatteluista kohtia, joissa puhuttiin Seismologian instituutin roolista. Näiden näkökulmien pohjalta rakensimme rungon Seismologian instituutin työntekijöiden ryhmäkeskustelun teemoiksi: haastatteluaineiston analyysi siis käynnistyi ennen kuin ryhmäkeskusteluaineisto oli kerätty, ja tämä alustava ymmärrys aineistosta ohjasi ryhmäkeskustelun järjestämistä.

Ryhmäkeskustelua ja sitä ennen tehtyjä yksilöhaastatteluja varten valmistelimme listan aiheista, joista halusimme virittää keskustelua. Aiheet liittyivät 1) seismiseen riskiin ja sen määrittelyyn, 2) toimijoiden työnjakoon seismisen riskin hallinnassa, 3) voimaloiden rakentamisen lupakäytäntöihin, 4) seismisen riskin valvontaan sekä 5) geotermisen energian tulevaisuudennäkymiin. Tarkastelimme näitä kysymyksiä sekä instituutioiden välisinä että sisäisinä kysymyksinä analysoidessamme aineistoamme. Pidimme haastattelurungon väljänä ja annoimme haastateltaville mahdollisuuden nostaa keskusteluun omasta mielestään tärkeitä asioita. Asiantuntijahaastatteluissa on tärkeää jättää haastattelurunkoon tarpeeksi tilaa haastateltavien omalle kokemusmaailmalle etenkin, kun tavoitteena on nimenomaan tulkintojen moninaisuuden näkyväksi tekeminen (vrt. esim. Alastalo & Åkerman 2010).

Analysoimme syvän geotermisen energian hallintaa tulkitsevan politiikka-analyysin lähtökohdista (Hajer & Wagenaar 2003; Hajer 2003; 2006; Wagenaar 2011; Häikiö & Leino 2014a). Tulkitseva politiikka-analyysi on tutkimusote, joka keskittyy politiikkaprosessien analysointiin merkitysten ja käytäntöjen näkökulmasta: lähtökohdaksi otetaan toimijat ja heidän tavoitteensa ja tulkintansa, ja tutkimuksen päämääränä on ymmärtää yhteiskunnallisia kysymyksiä ja käytäntöjä sellaisina kuin ne niissä mukana oleville toimijoille näyttäytyvät. Tutkimuksen tavoitteena on lisätä ymmärrystä merkityksistä, joita toimijat antavat asioille ja ilmiöille eli ”löytää tulkintoja siitä, miten ja miksi politiikkaprosessit ovat menneet kuten ovat menneet” (Häikiö & Leino 2014b, 9). Tutkimushankkeessamme tämä tarkoittaa sitä, että halusimme tunnistaa niitä asioita ja näkökulmia, jotka lisäävät epäselvyyttä geotermisen energian hallinnan kentällä. Tulkitseva politiikka-analyysi haastaa siten perinteisen lineaarisen mallin, joka alkaa ongelman tunnistamisesta ja päättyy toimenpiteisiin sen ratkaisemiseksi. Geotermisen energian seismisen riskin hallinta on uudenlainen politiikkaongelma, jonka ratkaisemiseksi tarvitaan ensin yhteinen käsitys ongelman luonteesta.

Tavoitteemme on tuoda esiin politiikan tilanne- ja ongelmasidonnaisuus ja tutkittavan todellisuuden moninaisuus (Lappalainen 2007). Koska geotermisen energiatuotanto on institutionaalisesti kompleksinen ja hallinnan käytännöt ovat vasta muotoutumassa, ainoa tapa tavoittaa hallinnan monimuotoisuus on sukeltaa siihen sisään eri toimijoiden näkökulmasta (vrt. Bäcklund ym. 2017). Artikkelimme tavoitteena on tehdä selkoa tästä monimuotoisuudesta ja pyrkiä ymmärtämään, miten toimijat sitä jäsentävät ja tulkitsevat. Koska kysymys geotermisen energian seismisen riskin hallinnasta on vasta noussut asialistalle ja politiikkaprosessi ja -ongelma ovat vasta muotoutumassa, aineistomme tarjoaa näköalan monella tapaa institutionaalisesti epäselvän hallinnan ongelmaan.

Tutkimuksemme asettuu myös toimintatutkimuksen kentälle (esim. Kuula 2000). Toimintatutkimuksessa tutkijoiden ja tutkittavien yhteistyö ja vuorovaikutus ulottuvat yksittäisiä aineistonkeruutilanteita syvemmälle, ja tutkimukseen osallistuvat toimijat ovat mukana tutkimuksen eri vaiheissa tutkimusongelmien kehittämisen tulosten reflektointiin (esim. Wagenaar 2011, 229–230). Tässä tutkimusasetelmassa tämä tarkoittaa, että haastatteluihin osallistui myös tutkijoita, jotka työskentelevät tutkimuskonsortiomme muiden työpaketin tutkijoina. He ovat siis paitsi geotermisen energian seismisen riskin asiantuntijoita myös kollegoitamme hankkeessa. Seismologian instituutti on puolestaan ollut aktiivisena osapuolena tiedonvaihdossa kuntien kanssa ja myös tätä kautta ollut muokkaamassa geotermisen energian hallintakäytäntöjä. Osa kuntien, valtion ja yritysten haastateltavista on myös osallistunut tutkimushankkeemme yhteydessä järjestettyihin



työpajoihin ja keskustelutilaisuuksiin. Omakin roolimme vaihtui tilanteesta toiseen ulkopuolisesta tutkijasta yhteistyökumppaniksi yhteiseksi koetun ongelmavyöhydin äärellä. Tutkimuksemme osallistuu geotermisen energian hallinnan kehittämiseen, ja lähestymistapamme on siten normatiivinen. Emme ota kantaa, miten hallinta olisi järjestettävä, mutta haluamme tuoda aineksia siitä käytävään keskusteluun.

## Seismologian instituutti ja geotermisen energian seismisen riskin hallinta

### *Seismologian instituutin asema geotermisen energian hallinnan verkostossa*

Seismologian instituutissa tehdään seismologian alan tutkimusta ja sillä on valvonnan viranomaistehtäviä. Instituutti tarjoaa myös konsulttiapua muille organisaatioille. Seismologian instituutin tehtävien moninaisuus nousi esiin sekä yksilöhaastatteluissa että instituutin työntekijöiden ryhmäkeskustelussa, vaikka emme siitä suoraan kysyneet. Moninaisuudesta johtuen tehtäväkenttä koettiin myös monella tapaa ongelmallisena. Ensimmäinen ongelma koskee instituutin henkilöstövoimavaroja, joiden tulkittiin nykyisellään olevan varsin rajalliset. Instituutilla on noin kaksikymmentä työntekijää, jotka hoitavat perustehtäviä ja osallistuvat uusiin tutkimusluontoisiin kehitystehtäviin. Mikäli geotermisiä voimaloita rakennetaan, instituuttiin tarvitaan lisää indusoidun seismisyyden asiantuntijoita: voimaloista aiheutuu pysyvä valvontavelvoite ja myös rakennusvaiheessa tarvitaan seismologista asiantuntemusta.

Seismologian instituutin työntekijöiden ryhmäkeskustelussa todettiin varsin suoraan, että jos geotermisen energian käyttöä halutaan lisätä ja voimaloita rakennetaan lisää, instituutin roolin on muututtava ja sen on aktiivisemmin määriteltävä asemansa geotermisen energian riskien hallinnassa. Kyse ei ole ainoastaan tiedon tuottamisesta ja jakamisesta muille toimijoille vaan myös sen määrittelystä, mitä tietoa on tarpeen tuottaa ja millaisiin tarkoituksiin. Tietäminen ei siis ole abstraktia järkeilyä vaan kytkeytyy aina kontekstiin, kokemukseen ja tulkintoihin tarkoituksenmukaisesta toiminnasta (Flyvbjerg 2001; Davoudi 2015, 320–322).

*”Meidän pitäisi itse päättää, mikä on tekemisen arvoista, muuten vaan reagoimme siihen mitä tapahtuu.”* (SI)

*”Toivon että tulevaisuudessa tätä [geotermisen energian tuotanto] säädellään enemmän ja Seismon rooli on selkeämpi.”* (SI)

Aineistossamme Seismologian instituutin asiantuntija-, palvelu- ja viranomaistoiminnan suhteet nähtiin epäselvänä. Tutkimuslaitoksena instituutin on pysyttävä riippumattomana, vaikka sen tarjoamalle asiantuntemukselle on kaupallista kysyntää. Seismologian instituutti tekee seismistä valvontaa geotermisen voimalan operaattorin palkkaamana, mutta samalla se viranomaisena vastaa kansallisen havaintoverkoston toiminnasta ja tarkkailee toimintaa. Tässä nähtiin piilevän mahdollisuus intressiristiriitaan, jos palveluita ostavan yrityksen edut ovat ristiriidassa viranomaisen valvontavastuulle kuuluvan yleisen edun kanssa. Tilannetta pidettiin instituutin legitimitectin kannalta ongelmallisena, ja monet instituutin työntekijät kokivat joutuvansa hankaliin tilanteisiin navigoidessaan eri roolien välillä.

*”Ehkä meillä pitäisi Seismon sisällä olla keskustelua siitä, että teemme sopimusvalvontaa ja samalla annamme lausuntoja. Voimmeko tehdä molempia, pitäisikö eri ihmisten olla eri tehtävissä? En tiedä.”* (SI)

Seismologian instituutin kaksoisrooli geotermisen energian riskien hallinnassa herätti instituutin ryhmähaastattelussa paljon keskustelua. Tämä on hyvä esimerkki siitä, miten uudet käytännöt eivät vain asetu olemassa olevien käytäntöjen lomaan, vaan samalla

haastavat vakiintuneita toimintatapoja ja niitä ylläpitäviä käytäntöyhteisöjä (esim. Schatzki 1996; Wenger 1999; Miller & Rose 2008; Beveridge 2012; Mäntysalo & Bäcklund 2018; Tuomisaari 2019; Jurmu 2021). Osa Seismologian instituutin työntekijöistä oli ratkaissut asian päättämällä olla mukana vain viranomais- ja tutkimustoiminnassa ja olla osallistumatta instituutilta ostettaviin palveluihin. Kaikille tämä valinta ei kuitenkaan ole mahdollinen eikä se ratkaise kaksoisroolin ongelmaa institutionaalisella tasolla.

Kahden eri roolin välillä tasapainottelu vaatii työntekijältä itsereflektiota ja pohdintoja omasta ammatillisesta asemasta ja ammatti-identiteetistä. Olennaista on myös se, missä määrin työntekijät kokevat voivansa itse määritellä omaa toimintaansa (vrt. Mäntysalo 2000; Bäcklund ym. 2017). Instituution toiminnan on näyttäytyttävä legitimiiltä myös sen sisäpuolella. Instituution sisäinen ja ulkoinen epäselvyys ovat näin yhteydessä toisiinsa ja mahdolliset muutokset Seismologian instituutin asemassa geotermisen energian seismisessä valvonnassa kytkeytyvät koko hallintaverkoston uudelleen määrittymiseen. Muiden toimijoiden näkökulmasta yhteistyö ja vuorovaikutus Seismologian instituutin kanssa on parantunut vuosien mittaan, kun osapuolten ymmärrys muiden toiminta- ja puhetavoista on karttunut.

*”Väitän, että myös meidän talossa on opittu ymmärtämään paremmin yliopistomaailmaa ja mitkä ne tarpeet ja ohjurit on siellä. [...] Tällaiset asiat vaan vaatii manageerausta ja ihmisten keskustelua, että pyritään ymmärtämään toisiamme.” (Y)*

Ryhmäkeskustelussa pohdinta Seismologian instituutin asemasta kiinnittyi etenkin Otaniemen EGS-voimalan rakentamiseen ja testaamiseen. Saadakseen tietoa ja kokemusta indusoidun seismisyyden valvonnasta kiteisen kallioperän alueella Seismologian instituutti oli mukana rakentamassa seismistä havaintoverkkoa. Havaintoverkon tuottaman datan perusteella arvioitiin porauksen ja stimuloinnin aiheuttamaa seismistä riskiä Otaniemen laitoksen rakennusvaiheessa. Espoon kaupunki ulkoisti valvonnan Seismologian instituutille, joka seurasi dataa reaaliajassa ja oli tarvittaessa yhteydessä laitoksen operaattoriin ja viranomaisiin, jos datan perusteella seisminen riski oli kohoamassa.

Aineistossamme tuli esille, että havaintoverkon data on tutkimuksellisesti hyödyllistä ja lisää ymmärrystä geotermisen energian rakentamisen vaikutuksista, mutta havaintoverkon rakentaminen on toiminnanharjoittajille kallista. On siis selvillä, millaista tietoa tarvitaan ja miten sitä voidaan tuottaa, mutta kysymys kerätyn tiedon omistajuudesta ja käytöstä jää avoimeksi (vrt. Davoudi 2015). Myös yrityksissä ajatellaan valvontatiedon olevan hyödyllistä yksittäisiä hankkeita laajemmin, mutta niissä ollaan huolissaan seismisen valvonnan kustannuksista.

*”Sen [monitoroinnin] ei ole tarkoitus olla hyödyllistä yritykselle vaan yhteiskunnalle.” (SI)*

*”Meidän pitäisi lobata, että yritysten tuottama data ei olisi yksityistä vaan tieteellisen yhteisön käytettävissä jonkin ajan päästä. Sitä voisi miettiä lainsäädännössä.” (SI)*

*”Mehän tuotetaan alueesta tutkimustietoa merkittävästi tässä hankkeessa, kun tässä on Suomen johtavat tabot, Seismologian instituutti ja GTK kumppaneina.” (Y)*

*”Se on kuitenkin merkittävä kustannuserä tällaisten seismometrien hankkiminen ja jokin verkko pitäisi sen ympärille tehdä, että saataisiin oikeasti mitattua sitä niin ei se ihan käden käänteessä hoidu kuitenkaan.” (Y)*

*”On ollut puhetta, jos eri toimijat yhdistäisivät verkonsa yhteiseksi verkoksi, se voisi olla ihan järkevä.” (Y)*

Olennainen kysymys liittyy myös Seismologian instituutin asemaan yhteiskunnallisesti

aktiivisena toimijana, joka osallistuu yhteiskunnalliseen keskusteluun seismisen riskin hallinnasta ja ottaa kantaa esimerkiksi seismistä valvontaa koskevan lainsäädännön valmisteluun. Instituutti voi tutkimukseensa nojautuen esimerkiksi suositella nykyistä tiukempaa seismistä valvontaa, mutta seismisen valvonnan lisäämisestä olisi sille taloudellista hyötyä, kun instituutin tarjoamien palvelujen kysyntä kasvaisi. Nykytilanne on muodostunut osin sattumanvaraisesti, kun ala on alkanut kasvaa ja muut toimijat ovat hakeneet seismologista asiantuntemusta Seismologian instituutista. Kysymys instituutin roolista palautuu näin seismisen riskin hallinnan legitimitettiin.

*”Ongelma on lainsäätäjien ja instituutin suhde. Sanomme lainsäätäjille, että geotermisillä voimaloilla pitää olla seismisen riskin arvio tai havaintoverkko ja sitten arviot ja verkot tilataan meiltä. [...] Se on hyvin monimutkainen tilanne esimerkiksi puolueettomuuden näkökulmasta.” (SI)*

*”Me neuvottiin kääntymään Seismologian laitoksen puoleen ja sieltä sitten rupesi tulemaan seismisiin riskeihin liittyviä ohjeistusta ja sitten se huipentui siihen, että yliopisto teki sellaisen selvityksen, ohjekirjan miten näitä seismisiä riskejä tulee havainnoida ja sen mukaan siinä ST1:n voimassa kai sitten toimittiin.” (K)*

Seismologian instituutin kaksoisroolin ongelmallisuus tunnistettiin myös yksilöhaastatteluissa. Kun geotermisen energian sääntely Suomessa etenee, myös instituutin roolin katsottiin vaativan uudelleentarkastelua. Tämä on tulkintamme mukaan samalla empiirinen esimerkki sekä monitoimijaisen hallintaverkoston että verkoston yksittäisten toimijoiden omien tehtävien välisistä jännitteistä (esim. Bang & Esmark 2009; Pollitt & Bouckaert 2011; Mäntysalo & Bäcklund 2018). Varsinkin yrityksissä instituutti miellettiin geotermistä energiaa valvovaksi keskeisimmäksi viranomaiseksi. Tilannetta pidettiin hankalana, koska instituutin asiantuntemukselle ja kokemukselle on kysyntää ja sitä arvostetaan, mutta samalla painotettiin, että viranomaisvalvonnan pitää olla riippumatonta. Kyse on myös vastuun jakautumisesta tilanteessa, jossa tapahtuisi tuhoisa maanjäristys ja instituutti olisi sekä valvova viranomainen että laitoksen seismisestä valvonnasta vastannut palkattu asiantuntija. Yhtenä ratkaisuna ryhmäkeskustelussa esitettiin palvelutoiminnan yhtiöittämistä ja siten selkeää erottamista tutkimus- ja viranomaistoiminnasta. Aineistomme eri toimijat yhdistivät näin sekä sisäisen että ulkoisen epäselvyyden instituutin asemaan ja legitimitettiin geotermisen energiatuotannon riskien hallinnassa.

*”Se tekee siitä aika erikoisen tilanteen siinä mielessä, että he on antanut ne suositukset ja he valvoo, että ne suositukset toteutuu. Me nähdään, että olisi hyvä, että esimerkiksi seismistä valvontaa tekisi joku muu taho kuin se, joka on antanut suositukset ja valvoo niiden toteutumista. Ei voi olla niin, että on yksi viranomainen, jonka käsissä koko alan turvallisuus on.” (M)*

*”Se tässä on outoa, että palveluntuottaja on sama kuin viranomaisen edustaja. Tämä on pitkällä aikavälillä kestävätilanne, siinä täytyisi olla jokin yritys ja kilpailua, kansainvälistä toimintaa. [...] Ei viranomainen voi itseään valvoa.” (Y)*

Seismologian alan asiantuntijalaitoksena instituutilla nähtiin olevan myös yleisempi neuvonta- ja viestintätehtävä. Jotta seisminen riski ja sen hallintamahdollisuudet tulisivat tutuiksi esimerkiksi kuntien päättäjille, tutkijoiden pitää pystyä kertomaan selkeästi, millaisista riskeistä on kyse ja osoittamaan, miksi ne on syytä ottaa vakavasti. Kyse on myös tarvittavan tiedon moraaliseen arvioimisesta (Davoudi 2015). Yhtenä vaihtoehtona pohdittiin päättäjille suunnattua tietopakettia, jossa selostettaisiin, mikä on seisminen riski ja kerrottaisiin konkreettisesti, miten sitä voidaan käsitellä. Myös geotermisen energian laitoksia rakentaville yrityksille olisi viestittävä, mistä seismisessä riskissä on kyse ja perusteltava, miksi sen valvonta on tärkeää vaikkakin kallista. Seismisen riskin viestinnän

ongelmat osoittavat, kuinka institutionaalinen epäselvyys kytkeytyy tietämiseen: kyse on tiedon lisäämisestä ja sen välittämisestä tavalla, joka edistää ongelman määrittelyä ja hallinnan järjestämistä (vrt. Davoudi 2015).

*”Magnitudit Suomessa ovat pieniä, joten ajatus siitä, että Suomessa olisi suuri maanjäristys on monelle mahdoton käsittää. Sitä ei pidetä mahdollisena, koska meillä ei ole ollut suuria maanjäristyksiä.”* (SI)

*”Seismisen hasardin ja riskin käsitteet ovat hankalia ja menevät usein sekaisin.”* (SI)

*”Luulen, että kunnallisilla viranomaisilla tärkeintä on tietää, että jotain vahinkoja voi tulla. Meillä täytyy olla jotain konkreettista, että voimme perustella, että seisminen valvonta on tarpeen.”* (SI)

Seismologian instituutin roolin laventuminen tiedon tuottajasta tiedon välittäjäksi ja seismisen riskin tulkitsijaksi havainnollistaa sekä aiemmin esittelemiämme tietämisen ulottuvuuksia. Tietäminen ei ole abstraktia ajattelua tai tiedon mekaanista soveltamista käytäntöön, vaan tietäminen kiinnittyy aina kontekstiin ja rakentuu toimijoiden ja toimintaympäristön välisissä suhteissa. Tietäminen ei ole toimijoihin ja toimintaympäristöön nähden erillinen kategoria vaan se nousee vuorovaikutuksesta ja toiminnasta (Flyvbjerg 2001; Cook & Wagenaar 2012; Davoudi 2015). Geotermisen energian seismisen riskin hallinnassa ymmärrys ilmiöstä ja toimintamahdollisuuksista rakentuvat vaiheittain toimijoiden välisessä vuoropuhelussa sitä mukaa kun yhteistyö jatkuu ja kokemusta laitoksista karttuu.

### Geotermisen energian riskit ja niiden valvonta

Ryhmäkeskustelussa pohdittiin paljon Otaniemen laitoksesta saatuja kokemuksia. Tulkinnot seismisen valvonnan merkityksestä Otaniemen laitoksen rakentamisessa vaihtelivat haastateltavien joukossa. Otaniemessä käytettiin niin kutsuttua liikennevalojärjestelmää (Traffic Light System, TLS; Ader ym. 2019), jossa tarkkaillaan seismistä aktiivisuutta ja joka varoittaa, jos raja-arvot (järistysten voimakkuus eli magnitudi ja/tai maanliikkeen maksiminopeus tai -kiihtyvyys) ovat ylitymässä. Vihreä valo tarkoittaa, että toiminta voi jatkua sellaisenaan, keltainen valo merkitsee, että on otettava käyttöön varotoimenpiteitä. Punainen valo tarkoittaa, että toiminta on pysäytettävä. Liikennevalojärjestelmä on yleisesti käytössä geotermisen energian hankkeissa ympäri maailman, mutta raja-arvot määrittellään tapauskohtaisesti ja niitä voidaan hankkeen edetessä muuttaa (Ader ym. 2019; Uski & Piipponen 2019). Seismologian instituutin tutkijan mukaan liikennevalojärjestelmän kehittäminen vaati paljon työtä ja Otaniemessä se osoitti toimivuutensa: stimulointivaiheessa veden syöttö kallioperään keskeytettiin, kun järjestelmä hälytti ja maanjäristykset jäivät alle magnitudin kaksi. Liikennevalojärjestelmän raja-arvojen määrittäminen vaati neuvotteluja ja alun alkaen rakennuttajan ja instituutin näkemykset raja-arvoista olivat varsin kaukana toisistaan.

*”Aluksi yhtiö olisi halunnut raja-arvoksi M4,2. Me siis oleellisesti alensimme sitä ja riskitasoa.”* (SI)

Ryhmäkeskustelussa pohdittiin myös, mikä oli onnekasta sattumaa ja hyvää tuuria. Otaniemen hankkeesta ei toistaiseksi ole aiheutunut merkittäviä vahinkoja aiheuttaneita maanjäristyksiä.

*”Liikennevalojärjestelmä oli Otaniemessä erittäin onnistunut, koska järjestykset eivät olleet yli magnitudin kaksi. Jos järjestelmää ei olisi ollut, voisimme olla eri mieltä seismisestä riskistä.”* (SI)

*”Ei ole sattumaa, että seismisyyttä ei ollut vaan he nimenomaan pyrkivät siihen.”* (SI)

*”Mielestäni he olivat Otaniemessä vain onnekkaita, että mitään suurempaa ei sattunut, se ei johtunut heidän pumppausstrategiastaan. Se oli vain onnea. Ei ole tarpeeksi tutkimusta siitä, että pumppauksen muuttamisella oli merkitystä.” (SI)*

*”Se ei ollut vain tuuria. Pakotimme heidät pysyttelemään matalammalla tasolla.” (SI)*

Liikennevalojärjestelmän kehittäminen osoittaa, kuinka instituutti oli politiikkaprosessin aktiivinen toimija, joka vaikutti siihen, millaiseksi seismisen riskin hallinnan käytäntö muotoutui ja miten riski tuli määritellyksi. Se myös havainnollistaa, kuinka tieto ja sen merkitys muotoutuvat lukuisten toimijoiden vuorovaikutuksessa ja neuvotteluissa. Tieto ja tietäminen ovat aina erottamattomasti yhteydessä valta-asemaan (Flyvbjerg 2001; Davoudi 2015, 325–326): kenellä on oikeus määrittellä, millaista tietoa tarvitaan ja millä perusteella? Seismisen valvonnan järjestelmät raja-arvoineen edelleen määrittelevät ja ohjaavat toimijoiden toimintamahdollisuuksia ja hallintaan liittyviä tietokäytäntöjä.

Keskustelu Otaniemen laitoksesta tuo esille, että valvonnan ja ohjeistuksen merkitys seismisen riskin hallinnassa ei ole yksiselitteinen edes alan asiantuntijoiden mielestä. Tämä kytkeytyy läheisesti riskin määrittelemisen ja mittaamisen ongelmaan (esim. Trutnevyte & Azevedo 2018). Geotermiseen energiaan liittyy myös Suomen olosuhteissa seisminen riski, mutta kuten eräs haastateltava asian ilmaisi, se on mahdoton määrittää täsmällisesti. Jopa riskin käsite on epäselvä: myös alan tutkijoilla ja asiantuntijoilla on erilaisia näkemyksiä, mitä sillä tarkoitetaan. Tämä hankaloittaa myös voimaloiden luvista päättävien viranhaltijoiden työtä. Heidän pitäisi pystyä soveltamaan vaikeasti omaksuttavaa, epävarmaa ja ristiriitaisakin asiantuntijatietoa riskin hallitsemiseen, mutta käsitys riskistä itsestään on samalla vielä neuvottelujen kohteena.

*”Riski on todella pieni, mutta ikinä ei tiedä. Jotain voi tapahtua, mutta riski on hyvin pieni.” (SI)*

*”En sanoisi, että seismistä riskiä ei ole vaan että sitä on bankala kvantifoida, sitä on vaikea mitata, sillä on bankala antaa tarkkaa numeroarvoa.” (SI)*

*”On paljon asiantuntijoita, jotka väittävät, että riskiä ei ole. [...] Asiasta on paljon väärinkäsityksiä, eikä meilläkään ole selkeää käsitystä riskeistä ja hasardeista, joten ihmisillä, jotka eivät tunne seismologiaa, ei myöskään ole selvää mielipidettä. [...] Numeroita riskeistä on vaikea antaa, mutta niitä ihmiset tarvitsisivat tehdessään päätöksiä projektien luvista.” (SI)*

*”Meidän ei tiedetä järjestelmien syvyyden funktiona, että mikä niiden [seismisten tapahtumien] ilmaantuvuus on vai onko ne paikallisesta kalliorakenteesta riippuvia asioita, että siihen liittyy paljon avoimia kysymyksiä.” (Y)*

*”Onhan se riskinhallinnan kannalta turvallisempaa edetä tällaisen raskaan ja kalliin prosessin kautta niin kuin meillä, jossa kaikki Suomen johtavat tahot on asiantuntijoina ihmettelemässä sitä reikää. Sitä ainakin saadaan kolmannen osapuolen asiantuntijalausunnot ja tieto julkisuuteen.” (Y)*

Sen lisäksi, että riskin määrittely on aineiston perusteella hankalaa, ei ole yksiselitteistä, millainen riski olisi hyväksyttävä. Seismologinen asiantuntemus antaa aineksia keskusteluun seismisestä riskistä, mutta riskin hyväksyttävyyden tulkinvarainen kysymys ja siihen kytkeytyvät lukuisia eri toimijoita, intressejä ja arvostelmia. Kyse on tiedolliseen ongelmaan liittyvästä väistämättömästä moraaliseen arvioinnista (Davoudi 2015). Riskin hyväksyttävyyden ei ratkea yksinomaan tutkimuksen piirissä, vaan siitä pitää käydä yhteiskunnallista keskustelua (Knoblauch ym. 2019; Cousse ym. 2021).

*”Olemme kaikki varmasti sitä mieltä, että riski on olemassa ja se on pieni, se on selvää. Miten kommunikoimme riskin merkittävyyden muille ihmisille ja minkä itse ajattelemme olevan hyväksyttävä riski? [...] Se, että sanomme, että on olemassa riski, se ei vielä auta, meillä pitää olla jotain selkeitä ohjenuoria ja meidän pitää kertoa, miksi valvonta on tärkeää.” (SI)*

*”Meidän tehtävämme on tuottaa tietoa. Laajempaa yhteiskunnallista keskustelua käydään sitten siitä, mitä Suomessa ajatellaan geotermisestä energiasta ja millaisia riskejä he ovat valmiita hyväksymään. Meidän tehtävämme ei ole sanoa, pitääkö geotermistä energiaa rakentaa vai ei.” (SI)*

Toimijat joutuvat siis tekemään päätöksiä ja valintoja tilanteessa, jossa sekä tiedollinen epävarmuus että epäselvyys ulottuvat hallinnan kohteena olevan ilmiön peruskäsitteisiin saakka (Davoudi 2015). Geotermisen energian seismisen riskin hallinta on moniulotteinen politiikkaongelma, joka kytkeytyy ilmastonmuutoksen ja energiamurroksen viheliäisiin ongelmiin (*wicked problem*; Rittel & Webber 1973), jotka on vaikea määritellä ja joihin ei ole helppoja ratkaisuja. Miten siis hallita ilmiötä, jota on vaikea rajata ja ymmärtää? Miten politiikkaprosessi tulisi järjestää, jos ei ole yhteistä käsitystä siitä, mitä tarkalleen ottaen tulisi säädellä? Nämä ovat perustavia kysymyksiä kompleksisten ilmiöiden hallinnan haasteista, vaikuttavuudesta ja rajoista, joihin ei ole tarjolla helppoja vastauksia, mutta jotka aineistossamme herättivät runsaasti keskustelua.

### Geotermisen energian hallinta

Viime vuosina yhteiskunnallisessa keskustelussa on kuultu puheenvuoroja normien purkamisen ja sääntelyn keventämisen puolesta, ja normien purkamista on perusteltu esimerkiksi liiketoiminnan helpottamisella (esim. Castree 2008; Keinänen ym. 2019). Tätä taustaa vasten on merkillepantavaa, että aineistossamme normien purkamisen sijaan toivottiin normien vahvistamista: kaikki toimijaryhmät halusivat, että geotermistä energiaa säädeltäisiin enemmän ja yksityiskohtaisemmin.

*”Meidän pitäisi patistaa, että tulisi lainsäädäntöä, koska nyt sitä ei ole.” (SI)*

*”Olisihan se helpompaa, että olisi yhtenäiset käytännöt valtion tasolla. Totta kai se helpottaa, että olisi selkeää, että nämä pitää olla hoidettuna ja tällä lailla hoidetaan tämä.” (Y)*

Nykyisellään geotermistä energiaa koskevaa regulaatiota on varsin vähän, minkä seurauksena eri toimijoiden roolit ja vastuunjako ovat epäselviä ja voimaloille lupia myöntävillä viranomaisilla ei ole selkeitä toimintaohjeita. Seismologian instituutuille ohjeistusten antaminen on vaikeaa, koska siellä ei ole tarpeeksi tietoa, miten geotermisiä voimaloita kunnissa luvitetaan ja millaiselle tiedolle kunnissa on tarvetta. Kuntien viranhaltijat taas eivät aina tiedä tarpeeksi osatakseen kysyä lisätietoa ja neuvoja. Tilanne on siis varsin mutkikas: kuntien viranhaltijat kaipaavat lisää tietoa ja tukea, mutta eivät osaa sanoa millaista. Seismologian instituutin asiantuntijat olisivat mielellään avuksi, mutta eivät tiedä miten.

*”Pohjimmiltaan kyse on siitä, että emme tiedä, mitä kunnat tarvitsevat. Me emme tunne ballinnollisia prosesseja kunnissa. Yksi ongelma on siis, että voidaksemme auttaa, meidän pitäisi tietää, millaisia ohjeita he tarvitsevat.” (SI)*

*”Me [insinöörit ja seismologit] puhutaan eri termeillä.” (K)*

Myös sääntelyn näkökulmasta tietämisen epävarmuus on kerrostunutta. Yleisenä tavoitteena on varmistaa, että geotermisen energia on turvallista ja että säännöt ovat



selkeät niin yrityksille kuin viranomaisillekin. Epäselvää on kuitenkin, mitä kaikkea pitäisi tietää ja millaisissa institutionaalisissa rajoissa toiminnan pitäisi tapahtua (Davoudi 2015). Geotermisen energian ympärillä käydäänkin kamppailuja sekä tiedollisen epävarmuuden että tiedollisen epäselvyyden välillä: on vaikea tietää millaista tietoa pitäisi olla käytettävissä, kun tietämisen kohteena oleva ilmiö on vielä kokonaisuudessaan epäselvä (vrt. Forester 1993; Sotarauta 1996).

Ryhmähaastattelun perusteella Seismologian instituutilla on halua tarjota asian-  
tuntemustaan ja olla mukana kehittämässä geotermisen energian sääntelyä ja seismisen riskin  
hallintaa, mutta ongelmaksi koettiin puolestaan puoluepoliittisen tahdon ja valtionhallinnon  
ohjauksen puute. Ministeriöiltä, etenkin ympäristöministeriöltä, toivottiin aloitteellisuutta  
sääntelyn kehittämisessä. Vastuu institutionaalisen epäselvyyden purkamisesta ja tilanteen  
selkeyttämisestä paikannettiin pääasiassa valtion keskushallintoon. Ongelman nähtiin  
juontavan siitä, että tällä hetkellä ministeriöissä ei tunnisteta alaan liittyviä riskejä ja  
sääntelytarpeita. Ministeriöissä asiantuntemus on yksittäisten viranhaltijoiden tasolla eikä  
selkeitä toimintalinjauksia ole. Tilanne on kuitenkin muuttumassa ja työ- ja elinkeinoministeriö  
on hiljattain käynnistänyt selvityshankkeen geotermisen energian sääntelytarpeista.

*”Kyse on lopulta poliittisesta tahdosta. Ilman sitä mitään ei tapahdu. [...] Poliitikot eivät ymmärrä siihen  
[geotermiseen energiaan] liittyviä riskejä. Se on dilemma. Jokainen haluaa hiiletöntä energiaa, se on  
itsestäänselvyys ja meidän pitää antaa selkeä signaali, että haluamme sitä. Haluamme tukea alaa, jotta  
saataisiin turvallista hiilioksiditonta energiaa.” (SI)*

*”Mielestäni YM:n tai TEM:in pitäisi ottaa aloite, jos haluamme lainsäädäntöä. Tällä hetkellä Helsingin  
kaupungilla on omat ohjeet, ja he puhuvat lainsäädännön puolesta. Helsinki on iso toimija, joten  
toivottavasti se etenee.” (SI)*

*”Kukaan ei ole asiasta vastuussa tällä hetkellä. Kaikki on hajallaan, ja niin kauan, kun ministeriöissä ei  
ole selkeää vastuunenkilöä, mitään ei tapahdu.” (SI)*

Tilanteessa, jossa politiikkaongelma on jäsentymätön ja uudet hallintakäytännöt eivät ole  
vielä vakiintuneet, myös toimijoiden legitimitetti on neuvottelun ja määrittelykamppailujen  
kohteena (Stoker 1998; Häikiö & Leino 2014b). Kysymys toiminnan oikeutuksesta ei kosketa  
yksittäistä toimijaa vaan koko politiikkaprosessia ja kaikkia siihen osallistuvia toimijoita.  
Pohjimmiltaan kyse on siitä, miten politiikkaprosessi on järjestettävä, millaisia käytäntöjä  
on rakennettava sekä miten oikeuttaa toiminta tilanteessa, jossa koko politiikkaongelma  
on poikkeuksellisen jäsentymätön. Kuten analyysimme havainnollistaa, siihen liittyy suuria  
tiedollisia epävarmuuksia ja toimijasuhteet ovat kaikkien alan toimijoiden mielestä epäselvät.

## Johtopäätökset

Tutkimuksemme ajoittuu tilanteeseen, jossa geotermistä energiaa vasta kokeillaan  
Suomessa ja selvitetään, miten Suomen viileä ja kiteinen kallioperä siihen soveltuu. Vaikka  
kokemukset geotermisen energian hyödyntämisestä Suomessa eivät ole olleet yksinomaan  
rohkaisevia, siihen sisältyy odotuksia ja lupauksia päästöttömästä ja uusiutuvasta energiasta.  
Geotermisen energia voi olla osa uutta energiajärjestelmää, kun siirrymme pois fossiilisista  
energianlähteistä ja muista polttoon perustuvista energiantuotannon tavoista. Sen lisäksi,  
että geotermisen energian hyödyntämisen teknologiset ratkaisut ovat kokeiluvaiheessa,  
myös geotermisen energian hallintakäytännöt ja toimijoiden työnjako ovat muotoutumassa.  
Instituutiot ja niiden väliset suhteet jäsenyivät samalla, kun voimaloita suunnitellaan ja  
testataan.

Olemme tässä artikkelissa analysoineet erityisesti Seismologian instituutin asemaa ja  
merkitystä geotermisen energian hallinnan verkostossa. Yhteen toimijaan keskittyvä analyysi

valottaa etenkin instituution sisäistä epäselvyyttä, mutta samalla paljastaa instituution sisäisen ja instituutioiden välisen epäselvyyden kytkeytyneisyyden. Koska Seismologian instituutti toimii yhtenä verkoston toimijana muiden kanssa, sen asema määrittynyt aina suhteessa hallinnan kokonaisuuteen ja muihin toimijoihin. Samaan tapaan yksittäisen toimijan legitimiteetti on kytköksissä koko verkoston legitimiteettiin. Tutkimuksessa politiikkaongelman ja siihen kytkeytyvän politiikkaprosessin ymmärtämisen kannalta on perusteltua käsitellä vain joitakin ulottuvuuksia, mutta hallinnan rakentaminen edellyttää näkökulmien yhdistelyä ja tarkastelua rinnakkain. Näin saadaan esiin päällekkäisyydet ja katvealueet, joihin tulee tarttua (ks. myös Bäcklund ym. 2017). Kyse on pikemminkin käytäntöjen kimpusta kuin erillisistä käytännöistä (Schatzki 1996, 200), jossa mikään käytäntö ei ole riippumaton toisesta vaan ne ovat aina suhteessa toisiinsa.

Aineistomme kuvastaakin hyvin sitä, miten siirtymä julkisesta hallinnosta verkostomaiseen julkiseen hallintaan (New Public Governance, ks. esim Osborne 2006; Torfing & Triantafillou 2013) ei poista yksittäisten instituutioiden sisäisen toimintalogiikan merkitystä yhteiskunnallisten asioiden hoitamisessa. Itseorganisoituva ja epämuodollinen verkostoituminen ei yksistään riitä eikä se korvaa hierarkkista hallintoa ja normiohjausta, mikäli geotermistä energiaa halutaan edistää ja varmistaa sen turvallisuus. Alan toimijat toivovat valtiolta regulaatiota eli lainsäädäntöä ja ohjeistusta, joka selkeyttäisi geotermisen energian rakentamisen ja valvonnan prosesseja ja toimijoiden toimivalta- ja vastuusuhteita. Hallinnan verkostot eivät siis ole tehneet hallintoa tarpeettomaksi vaan päinvastoin: hallintoa tarvitaan tuomaan selkeyttä, vakautta ja ennustettavuutta, jotta toimijat tietävät, millaisessa ympäristössä ja keiden kanssa toimitaan ja miten oikeudet, vastuut ja velvollisuudet jakautuvat mahdollisen riskin toteutuessa.

Geotermisen energia ja sen hallinta on monella tapaa institutionaalisesti epäselvä kysymys. Se on verrattain uusi energiantuotannon tapa, ja hallinnolliset normit ja käytännöt ovat rakentuneet sitä mukaa kun teknologiaa on kokeiltu ja kokemukset ovat kattuneet. Uusia hallinnan käytäntöjä ei luoda tyhjiössä, vaan neuvotellessaan uusista toimintapolitiikoista toimijat nojaavat olemassa oleviin normeihin, rutiineihin, käytäntöihin ja verkostoihin. Toimijoilla on erilaisia käsityksiä, miten hallinta olisi tarkoituksenmukaista järjestää eli miten esimerkiksi toimivalta olisi jaettava eri viranomaisten kesken, millaista sääntelyä tarvitaan tai miten yritysten tulisi alalla toimia.

Otaniemen kokeilun perusteella EGS-laitosten rakentaminen Suomeen ei välttämättä ole kannattavaa. Kokeilut ovat olennainen osa sosioteknistä muutosta, ja myös alkuperäisten toiveiden vastaisesti menneistä kokeiluista voidaan ottaa opiksi (Happonen ym. 2020). Geotermisen energian rakentaminen muualla kuitenkin etenee: uusia voimaloita on suunnitteilla myös Espooseen, Helsinkiin, Tampereelle, Saloon ja Vantaalle. Näistä voimaloista Espoossa, Helsingissä, Tampereella ja Vantaalla laitokset olisivat niin kutsuttuja yhden kaivon järjestelmiä (eli niissä ei tehtäisi kallioperän stimuloitua). Kaivot ulottuisivat kahdesta kolmeen kilometriin paitsi Tampereella, jonne on suunniteltu kahdeksan kilometrin syvyistä kaivoa. Varsinkin keskisyviin, enimmillään noin kolmeen kilometriin ulottuviin järjestelmiin suhtaudutaan luottavaisesti ja aineistossamme niiden uskotaan olevan Suomen geologisissa olosuhteissa toimivin ratkaisu. Vaikka niihin ei liity yhtä suurta seismistä riskiä kuin EGS-teknikkaan, seismisen riskin systemaattiselle hallinnalle on edelleen tarvetta. Kansainvälisten esimerkkien perusteella tiedämme, että geotermisen energian tuotantoon liittyvä pienikin indusoitu maanjäristys voi pahimmillaan aiheuttaa mittavia taloudellisia ja yhteiskunnallisia vaikutuksia.

## Kiitokset

Tutkimusta on rahoittanut Suomen Akatemia (hankkeet 337913 ja 315772). Kiitämme tutkimukseen osallistuneita haastateltavia ja ryhmäkeskustelun osallistujia.

## Lähteet

- Ader, T., Chendorain, M., Free, M., Saarno, T., Heikkinen, P., Malin, P. E., Leary, P., Kwiatek, G., Dresen, G., Bluemle, F., & Vuorinen, T. (2019) Design and implementation of a traffic light system for deep geothermal well stimulation in Finland. *Journal of Seismology* 24(5) 991–1014. <https://doi.org/10.1007/s10950-019-09853-y>
- Aarsather, N., Nyseth, T. & Björn, H. (2011) Two networks, one city: democracy and governance networks in urban transformation. *European Urban and Regional Studies* 18(3) 306–320. <https://doi.org/10.1177/0969776411403988>
- Alastalo, M. & Åkerman, M. (2010) Asiantuntijahaastattelun analyysi: faktojen jäljillä. Teoksessa Ruusuvoori, J., Nikander, P. & Hyvärinen, M. (toim.) *Haastattelun analyysi* 372–392. Vastapaino, Tampere.
- Bang, H. & Esmark, A. (2009) Good governance in network society: reconfiguring the political from politics to policy. *Administrative Theory & Praxis* 31(1) 7–37. <https://doi.org/10.2753/ATP1084-1806310101>
- Beveridge, R. (2012) Consultants, depoliticization and arena-shifting in the policy process. *Policy Sciences* 45(1) 47–68. <https://doi.org/10.1007/s11077-011-9144-4>
- Bommer, J.J., Crowley, H. & Pinho, R. (2015) A risk-mitigation approach to the management of induced seismicity. *Journal of Seismology* 19 623–646. <https://doi.org/10.1007/s10950-015-9478-z>
- Bäcklund, P., Kuusisto, A.-K. & Luukkonen, J. (2017) Julkishallinto sosiaalisten käytäntöjen kimppuna: teoreettiset-metodologisia näkökulmia julkishallinnon toiminnan tutkimiseen. *Hallinnon Tutkimus* 36(2) 81–91.
- Carreño, M. L., Cardona, O. D., & Barbat, A. H. (2007) Urban seismic risk evaluation: a holistic approach. *Natural Hazard* 40(1) 137-172. <https://doi.org/10.1007/s11069-006-0008-8>
- Castree, N. (2008) Neoliberalising Nature: The Logics of Deregulation and Reregulation. *Environment and Planning A: Economy and Space* 40(1) 131–152. <https://doi.org/10.1068/a3999>
- Cook, N.S.D. & Wagenaar, H. (2012) Navigating the eternally unfolding present. Toward an epistemology of practice. *The American Review of Public Administration* 42(1) 3–38.
- Cousse, J., Trutnevte, E., & Hahnel, U. J. (2021) Tell me how you feel about geothermal energy: Affect as a revealing factor of the role of seismic risk on public acceptance. *Energy Policy* 158 112547. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112547>
- Dalla Longa, F., Nogueira, L. P., Limberger, J., van Wees, J. D., & van der Zwaan, B. (2020) Scenarios for geothermal energy deployment in Europe. *Energy* 206 118060. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118060>
- Davoudi, S., Healey, P., Vigar, G. & Majale, M. (2009) The institutional and regulatory framework for planning. Teoksessa *Planning for Sustainable Cities: Global Report on Human Settlements 2009. United Nations Human Settlements Programme* 72–92. Earthscan, London.
- Davoudi, S. (2015) Planning as practice of knowing. *Planning Theory* 14(3) 316–331. <https://doi.org/10.1177/1473095215575919>
- Durnová, A. P., & Weible, C. M. (2020) Tempest in a teapot? Toward new collaborations between mainstream policy process studies and interpretive policy studies. *Policy Sciences* 53(3) 571–588. <https://doi.org/10.1007/s11077-020-09387-y>
- Fischer, F. (2003) *Reframing public policy: Discursive politics and deliberative practices*. Oxford University Press, Oxford.
- Flyvbjerg, B. (2001) *Making social science matter: Why social inquiry fails and how it can succeed again*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Forester, J. (1993) *Critical theory, public policy, and planning practice*. State University of New York Press, Albany.
- Fortum (2022) Fortumin lämmitys- ja jäähdytysliiketoiminta on irtautunut geotermisen lämmön hankkeesta. Lehdistöiedote 21.4.2022. <<https://www.fortum.fi/media/2022/04/fortumin-lammitys-ja-jaahdytysliiketoiminta-irtautunut-geotermisen-lammion-hankkeesta>>.
- Goldstein, B., Hiriart, G., Bertani, R., Bromley, C., Gutiérrez-Negrín, L., Huenges, E., ... Wratt, D. (2011) Geothermal Energy. Teoksessa O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, S. Kadner & T. Zwicker (toim.) *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* 401–436. Cambridge University Press, Cambridge. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139151153.008>
- Grigoli, F., S. Cesca, S., Rinaldi, A. P., Manconi, A., López-Comino, J. A., Clinton, J. F., Westaway, R., Cauzzi, C., Dahm, T., & Wiemer, S. (2018) The November 2018 Mw 5.5 Pohang earthquake: A possible case of induced seismicity in South Korea. *Science* 360 1003–1006. <https://doi.org/10.1126/science.aat2010>
- Hajer, M. (2003) Policy without polity? Policy analysis and the institutional void. *Policy sciences* 36(2) 175–195. <https://doi.org/10.1023/A:1024834510939>
- Hajer, M. (2006) The living institutions of the EU: Analysing governance as performance. *Perspectives on European politics and society* 7(1) 41–55. <https://doi.org/10.1080/15705850600839546>
- Hajer, M. (2009) *Authoritative Governance. Policy making in the Age of Mediatization*. Oxford University Press, Oxford. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199281671.001.0001>

- Hajer, M. & Wagenaar, H. (2003) Introduction. Teoksessa Hajer, M. & Wagenaar, H. (toim.) *Deliberative policy analysis. Understanding governance in the network society* 1–32. Cambridge University Press, Cambridge.
- Happonen, J. P., Heiskanen, E., Matschoss, K., & Mikkonen, I. (2020) Epäonnistumisista oppiminen energiamurroksen tukena: analyysi empiirisestä interventiosta. *Alue ja ympäristö* 49(2) 66–82. <https://doi.org/10.30663/ay.91705>
- Heiskanen, E., Matschoss, K., Laakso, S., Rinkinen, J., & Apajalahti, E. L. (2021) Energiamurroksen jännitteet kansalaisten arjessa. *Alue ja ympäristö* 50(1) 124–138. <https://doi.org/10.30663/ay.102992>
- Hillers, G., T. Vuorinen, T. A., Uski, M. R., Kortström, J. T., Mäntyniemi, P. B., Tiira, T., Malin, P. E., & Saarno, T. (2020) The 2018 Geothermal Reservoir Stimulation in Espoo/Helsinki, Southern Finland: Seismic Network Anatomy and Data Features. *Seismological Research Letters* 91(2A) 770–786. <https://doi.org/10.1785/0220190253>
- Häikiö, L. & Leino, H. (toim.) (2014a) *Tulkinnan mabti. Jobdatus tulkitsevaan politiikka-analyysiin*. Tampere University Press, Tampere.
- Häikiö, L. & Leino, H. (2014b) Tulkitsevan politiikka-analyysin lähtökohdat. Teoksessa Häikiö, L. & Leino, H. (toim.) *Tulkinnan mabti. Jobdatus tulkitsevaan politiikka-analyysiin* 9–30. Tampere University Press, Tampere.
- Häring, M.O., Schanz, U., Ladner, F. & B. C. Dyer, B. C. (2008) Characterisation of the Basel 1 enhanced geothermal system. *Geothermics* 37 469–495. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2008.06.002>
- Jurmu, L. (2021) *Millaisella asiantuntijuudella tulevaisuuden kunta rakennetaan?* Tampereen yliopiston väitöskirjat 399. Tampereen yliopisto.
- Juvonen, J. & Lapinlampi, T. (2013) *Energiakaivo – maalämmön hyödyntäminen pientaloissa*. Ympäristöministeriö, Helsinki.
- Kanninen, V. (2017) *Strateginen kaupunkisoutu. Spatiaalinen suunnittelu radikaalina yhteensovittamisena*. Aalto Doctoral Dissertations 227 / 2017. Aalto yliopisto.
- Karhunmaa, K. (2021) *Imagining energy transitions: carbon neutrality in Finland*. Publications of the Faculty of Social Science 189. Helsingin yliopisto.
- Keinänen, A., Sinkkilä, K., Lonka, H., Tuominen, R., Pajuoja, J. & Vauhkonen, V. (2019) Säästösten sujuvoittamisen kokemukset ja vaikutukset Sipilän hallituksen kärkihankkeen arviointi. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2019:66. Valtioneuvoston kanslia, Helsinki.
- Keranen, K. M., & Weingarten, M. (2018) Induced seismicity. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 46(1) 149–174. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-082517-010054>
- Korja, A. & Kosonen, E. M. (toim.) (2015) Seismotectonic framework and seismic source area models in Fennoscandia, Northern Europe. Report S-63. Seismologian instituutti, Helsinki. <[http://www.seismo.helsinki.fi/pdf/Seismotectonic\\_S63\\_Korja\\_Kosonen.pdf](http://www.seismo.helsinki.fi/pdf/Seismotectonic_S63_Korja_Kosonen.pdf)>.
- Klijn, E.-H. & Koppenjan, J. (2012) Governance network theory: past, present and future. *Policy & Politics* 40(4) 587–606. <https://doi.org/10.1332/030557312X655431>
- Knoblauch, T. A., Trutnevyte, E., & Stauffacher, M. (2019) Siting deep geothermal energy: Acceptance of various risk and benefit scenarios in a Swiss-German cross-national study. *Energy Policy* 128 807–816. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.01.019>
- Kraft, T., Mai, P. M., Wiemer, S., Deichmann, N., Ripperger, J., Kästli, P., ... & Giardini, D. (2009) Enhanced geothermal systems: Mitigating risk in urban areas. *Eos, Transaction, American Geophysical Union* 90(32) 273–274. <https://doi.org/10.1029/2009EO320001>
- Kukkonen, I.T. (2000) Geothermal energy in Finland. Proceedings World Geothermal Congress 2000. Kyushu-Tohoku, Japani, 28.5.–10.6.2000.
- Kuula, A. (2000) *Toimintatutkimus*. Vastapaino, Tampere.
- Lappalainen, P. (2007) Poliittinen toiminta tapauksena. Teoksessa Laine, M., Bamberg, J. & Jokinen, P. (toim.) *Tapaustutkimuksen taito* 191–213. Gaudeamus, Helsinki.
- Lund, J. W., & Toth, A. N. (2021) Direct utilization of geothermal energy 2020 worldwide review. *Geothermics* 90 101915. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2020.101915>
- Mahoney, J. (2000) Path dependency in historical sociology. *Theory and Society* 29(4) 507–548.
- Majer, E.L., Baria, R., Stark, M., Oates, S., Bommer, J., Smith, B. & Asanuma, H. (2007) Induced seismicity associated with Enhanced Geothermal Systems. *Geothermics* 36(3) 185–222. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2007.03.003>
- Majone, G. (1989) *Evidence, argument, and persuasion in the policy process*. Yale University Press, New Haven.
- Mattinen, M., Heljo, J. & Savolahti, M. (2016) Rakennusten energiankulutuksen perusskenaario Suomessa 2015–2050. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 35/2016. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- Miller, P. & Rose, N. (2008) *Governing the Present: Administering the Economic, Social and Personal Life*. Polity Press, Cambridge.
- Mäntysalo, R. (2000) *Land-use planning as inter-organizational learning*. Acta Universitatis Ouluensis Technica C 155. Oulun yliopisto.
- Mäntysalo, R. & Bäcklund, P. (2018) Flexibly Networked, Yet Institutionally Grounded: The Governance of

- Planning. Teoksessa Gunder, Michael, Madinapour, Ali & Watson, Vanessa (toim). *Routledge Handbook of Planning Theory* 237–249. Routledge, London.
- Nissinen, A. & Savolainen, H. (toim.) (2019) Julkisten hankintojen ja kotitalouksien kulutuksen hiilijalanjälki ja luonnonvarojen käyttö - ENVIMAT-mallinnuksen tuloksia. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 15/2019. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- Osborne, D. & Gaebler, T. (1992) *Reinventing Government. How the Entrepreneurial Spirit is Transforming the Public Sector*. Addison-Wesley, Reading.
- Osborne, S. (2006) The New Public Governance? *Public Management Review* 8(3) 377–387. <https://doi.org/10.1080/14719030600853022>
- Peltola, T. (2007) *Paikallisen energiahuollon ympäristöpoliittinen läikkumavara: vaihtoehtoiset teknologiat, poliittiset käytännöt ja toimijuus*. Acta Universitatis Tamperensis 1203. Tampereen yliopisto.
- Pierre, J. (1999) Models of urban governance: the institutional dimension of urban politics. *Urban Affairs Review* 34(3) 372–396. <https://doi.org/10.1177/10780879922183988>
- Pokki, J., Aumo, R., Kananoja, T., Ahtola, T., Hyvärinen, J., Kallio, J., Kinnunen, K., Luodes, H., Sarapää, O., Selonen, O., Tuusjärvi, M., Törmänen, T. & Virtanen, K. (2014) Geologisten luonnonvarojen hyödyntäminen Suomessa vuonna 2012. Tutkimusraportti 210. Geologian tutkimuskeskus, Helsinki.
- Pollitt, C. & Bouckaert, G. (2011) *Public Management Reform: A Comparative Analysis. New Public Management, Governance and the Neo-Weberian State*. Oxford University Press, Oxford.
- Rittel, H. W., & Webber, M. M. (1973) Dilemmas in a general theory of planning. *Policy sciences* 4(2) 155–169.
- Rosenau, J. N. (1992) Governance, order, and change in world politics. Teoksessa Rosenau, J.N. & Czempel E.-O. (toim.) *Governance Without Government: Order and Change in World Politics* 3–6. Cambridge University Press, Cambridge.
- Sairinen, R., Sidorenko, O. & Tiainen, H. (2021) A research framework for studying social impacts: Application to the field of mining. *Environmental Impact Assessment Review* 86 106490. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106490>
- Schatzki, T.R. (1996) *Social Practices: A Wittgensteinian Approach to Human Activity and the Social*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Skelcher, C., Klijn, E. H., Kübler, D., Sørensen, E. & Sullivan, H. (2011) Explaining the democratic anchorage of governance networks: evidence from four European countries. *Administrative Theory & Praxis* 33(1) 7–38. <https://doi.org/10.2753/ATP1084-1806330100>
- Sotarauta, M. (1996) *Kohiti epäselvyyden hallintaa. Pehmeä strategia 2000-luvun alun suunnittelun lähtökobtana*. Acta Futura Fennica No 6. Gummerus, Jyväskylä.
- Stead, D. (2012) Best practices and policy transfer in spatial planning. *Planning Practice & Research* 27(1) 103–116. <https://doi.org/10.1080/02697459.2011.644084>
- Stoker, G. (1998) Governance as theory: five propositions. *International Social Science Journal* 50(155) 17–28.
- ST1:n (2021) ST1:n Otaniemen geotermisen lämpöläitöksen pilottiprojektissa selvitetään lämmöntuotantotapoja. Tiedote 24.11.2021. <[https://www.st1.fi/st1n-otaniemen-geotermisen-lampolaitoksen-pilottiprojektissa-selvitetaan-lammontuotantotapoja->](https://www.st1.fi/st1n-otaniemen-geotermisen-lampolaitoksen-pilottiprojektissa-selvitetaan-lammontuotantotapoja-)>
- Tilastokeskus (2021) Suomen kasvihuonepäästöt 1990–2020. <[https://www.tilastokeskus.fi/static/media/uploads/ymp\\_kahup\\_1990-2020\\_2021\\_23462\\_net.pdf](https://www.tilastokeskus.fi/static/media/uploads/ymp_kahup_1990-2020_2021_23462_net.pdf)>.
- Torfin, J., & Triantafyllou, P. (2013) What's in a name? Grasping new public governance as a political-administrative system. *International Review of Public Administration* 18(2) 9–25. [doi.org/10.1080/12294659.2013.10805250](https://doi.org/10.1080/12294659.2013.10805250)
- Trutnevyte, E. & Azevedo, I. L. (2018) Induced seismicity hazard and risk by enhanced geothermal systems: an expert elicitation approach. *Environmental Research Letters* 13(3) 034004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa9eb2>
- Tuomisaari, J. (2019) *Epävarmuuden edessä. Kuntien strateginen kaavoitus joustavana käytäntönä*. Tampereen yliopiston väitöskirjat 150. Tampereen yliopisto.
- Uski, M. & Piipponen, K. (toim.) (2019) Selvitys geotermisen energian syväreikäporaamisesta, siihen liittyvistä ympäristönäkökohdista sekä riskienhallinnasta. Opatavaa tietoa lupaviranomaisille. Report S-68. Seismologian instituutti, Helsinki. <http://doi.org/10.31885/9789521095962>
- van Rijswijk, M. & Salet, W. (2012) Enabling the contextualization of legal rules in responsive strategies to climate change. *Ecology and Society* 17(2) 18. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04895-170218>
- Wagenaar, H. (2011) *Meaning in action. Interpretation and dialogue in policy analysis*. M. E. Sharpe, New York.
- Wenger, E. (1999) *Communities of practice. Learning, meaning and identity*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Yanow, D. (2007) Interpretation in policy analysis: On methods and practice. *Critical Policy Analysis* 1(1) 110–122. <http://doi.org/10.1080/19460171.2007.9518511>