




Turun yliopisto
University of Turku



GEOENERGIA KIINTEISTÖJEN
LÄMMITYSRATKAISUJEN
MARKKINOILLA SUOMESSA
ENERGIAKRIISIEN AJOISTA
2030-LUVULLE

Ville Lauttamäki



Turun yliopisto
University of Turku

GEOENERGIA KIINTEISTÖJEN LÄMMITYSRATKAISUJEN MARKKINOILLA SUOMESSA ENERGIAKRIISIEN AJOISTA 2030-LUVULLE

Ville Lauttamäki

Turun yliopisto

Turun kauppakorkeakoulu
Tulevaisuuden tutkimuskeskus
Aine: tulevaisuudentutkimus
Turun kauppakorkeakoulun tohtoriohjelma

Työn ohjaajat:

Professori Petri Tapio
Tulevaisuuden tutkimuskeskus
Turun kauppakorkeakoulu
Turun yliopisto

Johtaja Juha Kaskinen
Tulevaisuuden tutkimuskeskus
Turun kauppakorkeakoulu
Turun yliopisto

Tarkastajat:

Professori Sampsa Hyysalo
Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu
Aalto-yliopisto

Professori Markku Sotarauta
Johtamiskorkeakoulu
Tampereen yliopisto

Vastaväittäjä:

Professori Sampsa Hyysalo
Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu
Aalto-yliopisto

Turun yliopiston laatu järjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck-järjestelmällä.

ISBN 978-951-29-7233-3 (Painettu)
ISBN 978-951-29-7234-0 (Sähköinen)
ISSN 2343-3159 (Painettu)
ISSN 2343-3167 (Verkkajulkaisu)
Painosalama Oy - Turku, Finland 2018

TIIVISTELMÄ

Geoenergia kiinteistöjen lämmitysratkaisujen markkinoilla Suomessa energia-kriisien ajoista 2030-luvulle

Tutkimuksessa tarkastellaan maa- ja kalliolämmön (geoenergian) hyödyntämisessä Suomessa tapahtunutta kehitystä sekä arvioidaan mahdollisia tulevaisuuden kehityspolkuja. Ajallisesti tutkimus kattaa koko suomalaisen geoenergialiiketoiminnan historian 1970-luvulta aina tulevaisuuteen vuoteen 2030 asti.

Teoreettisesti tutkimus pohjaa kestäväen kehityksen transiititutkimuksen piirissä kehitettyyn sosioteknisen muutoksen monitasoiseen näkökulmaan (*Multi-level perspective on socio-technical transitions*, MLP). Toisena teoreettisena perustana on tulevaisuudentutkimus ja siinä erityisesti skenaarioiden rakentamisen taustalla vaikuttava tutkimusperinne. Työssä yhdistetään mainittujen teoriasuuntausten elementtejä ja tuotetaan tulevaisuussuuntautunut versio MLP-kehyksestä, jossa MLP:ssä tunnistettuja kehityksen säännönmukaisuuksia hyödynnetään skenaariotyössä.

Työn primääriaineiston ytimenä on 31 asiantuntijahaastattelua. Haastatteluun kerättyä informaatiota täydennetään laajalla sekundääriaineistolla, joka koostuu ajankohtaisartikkeleista (162 kpl), energiapolitiikkaa käsittelevistä politiikkapapereista ja rakentamisen energiavalintoja taustoittavasta kirjallisesta aineistosta. Toinen verkkokyselyllä kerätty primääriaineisto keskittyy asiantuntijoiden näkemyksiin kiinteistöjen lämmittämisen tulevaisuudesta.

Keskeinen menetelmä haastattelu- ja artikkeliaineiston analysoinnissa on laadullinen sisällönanalyysi, jossa MLP-kehikon analyttisiä tasoja ja niiden sisällä tunnistettuja teemoja hyödynnetään alustavina luokittelukategorioina. Tulevaisuustiedon kerryttämisessä hyödynnetään Delfoi-menetelmää. Delfoissa tiedonkeruu toteutetaan kahdessa vaiheessa. Tiedonkeruun ensimmäinen kierros toteutetaan haastattelujen yhteydessä ja toinen verkkokyselynä. Pohjautuen ensimmäisen kierroksen tiedonhankintaan ja MLP-teorian tunnistamiin säännönmukaisuuksiin laaditaan työssä vuoteen 2030 ulottuvia skenaarioita kiinteistöjen lämmittämisen muutoksesta. Delfoin toisella tiedonhankinnan kierroksella asiantuntijoita pyydetään arvioimaan laadittuja skenaarioita ja ottamaan kantaa geoenergian hyödyntämisen tulevaisuuteen.

Tutkimuksen tuloksena saadaan kuvaus suomalaisen maalämpöalan kehitysprosessista, sen mahdollisista tulevaisuuksista ja tärkeimmistä tekijöistä, jotka ovat vaikuttaneet ja tulevat vaikuttamaan geoenergian hyödyntämisen kehittymiseen Suomessa. Tulevaisuusosiossa kolme todennäköisimpänä pidettyä kiinteis-

töjen lämmitysmarkkinoiden kehityskulua esitetään skenaarioina, joista kussakin geoenergialla on oma roolinsa. Skenaarioiden sisältöä luonnehtivat otsikot ovat: ”Kannattavasti kahteen suuntaan”, ”Uusiutuvia paikallisesti” ja ”Kilpailukykyisesti kaukolämmöllä”. Otsikoiden järjestys yllä kuvaa asiantuntijanäkemyksiä laadittujen skenaarioiden keskinäisistä toteutumistodennäköisyyksistä.

Tutkimuksessa ei pyritä ennustamaan geoenergian hyödyntämisen laajuutta vuonna 2030 vaan paremminkin tavoitteena on havainnollistaa, kuinka monipuoliset tekijät liittyen mm. yhteiskunnallisiin olosuhteisiin, tekniikan ja palvelujen kehitykseen sekä toimijoiden tiedollisiin valmiuksiin tuottavat yhtäältä pysyvyyttä ja toisaalta muutosta kiinteistöjen energiaratkaisujen markkinoilla. Toteutu-neeseen kehitykseen vaikuttaneiden seikkojen ja muutosdynamiikan tuntemusta voidaan käyttää hyväksi arvioitaessa tulevaisuuden mahdollisia kehityskulkuja ja arvotettaessa tehokkaimpia tapoja vaikuttaa tulevaan kehitykseen. Tutkimuksen tärkeimpiä teoreettis-metodologisia kontribuutioita ovat laadullista sisällönanalyysiä hyödyntävä MLP:n operationalisoinnin tapa ja tulevaisuusorientoitunut MLP:n hyödyntäminen, jossa tulevaisuustietoa kerätään ja järjestetään skenaarioiksi Delfoi-menetelmää hyödyntäen.

Tutkimuksen johtopäätöksenä voidaan todeta geoenergian hyödyntämisen kehityksen Suomessa olleen monipuolisten vaikuttimien tulosta. Energiemarkkinoiden olosuhteet, geoenergian kustannustehokkuus ja geoenergian hyödyntämiseen liittyvä palvelutarjonta ovat olleet keskeisiä geoenergian suosioon vaikuttaneita tekijöitä. Kiinteistöjen lämmitysratkaisujen markkinoiden tulevasta kehityssuunnasta on jo nähtävillä kiinnostavia signaaleja. Aiempina vuosikymmeninä vallinnut keskitettyihin voimalaitoksiin nojaava energiantuotannon rakenne on saamassa rinnalleen yhä monilukuisempia kiinteistökohtaisen energiantuotannon tapoja. Lisäksi monien perinteisten voimalaitospolttoaineiden hyödyntäminen on uusiutuvien energialähteiden osuuden kasvattamiseen kannustavien ilmasto- ja energiapoliittisten päätösten myötä muuttumassa joko hankalaksi tai kalliiksi. Tämä kehitys saattaa aiheuttaa suuriakin muutoksia tapaan, jolla kiinteistöjen lämmitysmarkkinat organisoituvat ja keitä keskeiset toimijat lämmitysmarkkinoilla ovat. Geoenergia on yksi suosiotaan kasvattaneista hajautetun energiantuotannon muodoista ja kypsänä teknologiana sen hyödyntäminen jatkunee tulevaisuudessa, joskin uusissa pientaloissa muut lämpöpumpputyypit tulevat tulevaisuudessa kasvattamaan osuuttaan geoenergian osuuden kustannuksella. Potentiaalia geoenergian käytön lisäämiseen on etenkin suurissa kiinteistöissä, joissa on lämmityksen ohella myös jäähdytystarvetta.

Avainsanat: geoenergia, maalämpö, lämpöpumppu, lämmitys, tulevaisuudentutkimus, MLP, skenaario, Delfoi

ABSTRACT

Ground-source heat on facilities' heating market in Finland from the times of energy crisis in the 1970s until 2030

Main purpose of this doctoral thesis is to investigate factors contributing to popularity of ground source heat pump (GSHP) systems in Finland over a long period of time. Examination covers a timeframe from introduction of GSHPs on the Finnish heating market in 1970s up to year 2030. In the study a wide range of issues that influence decisions on choosing a heating system for a building are being considered and popularity of GSHPs in different periods of time is positioned against this understanding.

Theoretically the thesis is anchored to research tradition of sustainability transitions where development and diffusion of sustainable innovations are examined from a systemic perspective. Out of the established frameworks within sustainability transitions the multi-level perspective on socio-technical transitions (MLP) is used to organize and analyse the collected data. Study is also integrally linked to the field of futures studies, especially theoretical understanding related to constructing scenarios. Elements of these two theoretical lines of scientific thought are combined and as a result a future-oriented version of the MLP frame is produced.

Primary research material consists of 31 expert interviews. Information collected with interviews is supplemented with secondary material consisting of 162 articles in technical and economic periodicals and newspapers, policy documents on energy policy as well as reports and books dealing with energy choices in buildings. Another set of primary material is collected with an online survey where questions relate to experts' views on future of heating.

Method applied for analysing interview and article material is qualitative content analysis. Three analytical levels of the MLP frame (niche, regime and landscape) and themes within these levels identified important in earlier studies utilizing the frame are used as preliminary coding categories. As for futures information, a two-round policy Delphi is conducted. On first round information is gathered by interviewing experts, on second round a questionnaire is sent to the same experts. Results of the first Delphi round are presented as scenarios. Applicable transition pathways from the set of pathways described in MLP literature are utilised as a backbone for scenarios. On the second Delphi round, experts assess the scenarios and state their views on the future of GSHPs in Finland.

As a result a description of factors contributing to popularity of GSHPs over long period of time in Finland is produced. The study illustrates how wide variety of issues relating to e.g. socio-economic conditions, development in various heating technologies, services provided and information available on options for heating provide stability, on one hand, and initiate change on the other, on the heating market. Also development paths of past and potential future transitions on the Finnish heating market, with a special emphasis on the role of GSHPs, are presented. The most important methodological contribution of the work is a systematic, future-oriented way of operationalising MLP, where information on the future is collected using Delphi method.

Past and potential future success of GSHPs in Finland is a result of multiple influencing factors. Operational environment on the energy market, expected development of energy prices, cost-effectiveness of GSHP systems as well as supply of various services related to installing and operating these systems all have played an important role. As for future development, interesting signs on possible directions of development can be detected on the heating market. Heating regime which has been traditionally dominated by large centralised power plants is being complemented by new, de-centralised small-scale heating solutions. Another major challenge facing large power plants is the pressure on transforming from CO₂ intensive energy production to cleaner, renewable energy sources. These trends together with other possible developments identified in the study may trigger large changes on ways heating market is organised. Ground-source heat is one of the de-centralised energy technologies that have increased in popularity in recent years. As a trialled and tested technology GSHPs will probably be a part of the energy mix in also in the future. On heating market of new detached houses, where GSHPs have gained a dominant status, new heating solutions such as exhaust air heat pumps or air-water heat pumps may take some of the market share from GSHPs in the near future. Greatest potential for increasing the use of GSHPs in the future is in large buildings such as apartment buildings and offices where, along with need of large amounts of heat, there is also need for cooling.

Keywords: ground-source heat, shallow geothermal heat, heat pump, heating, futures studies, futures research, MLP, scenario, Delphi

KIIITOKSET

Suuret kiitokset kuuluvat työtäni rahallisesti tukeneille tahoille. Olin onnekas saadessani melko hyvin rahallista tukea väitöskirjatyön ja siihen liittyvien opinto- ja konferenssimatkojen rahoitukseen. Työtä erisuuruisilla panoksilla tukeneita tahoja ovat olleet Marcus Wallenbergin Liiketaloudellinen tutkimussäätiö, Turun kauppapetussäätiö, Waldemar von Frenckells stiftelse, Turun kauppakorkeakoulun tukisäätiön alaiset kauppaneuvos Leonard Gestrinin muistorahasto ja kiinteistötalouden rahasto, TOP-säätiö, Turun kauppaseuran säätiö sekä merkittävimpänä tukijana Jenny ja Antti Wihurin rahasto.

Jenny ja Antti Wihurin rahaston myöntämä rahoitus mahdollisti pitkäkestoisen kokoaikaisen työskentelyn väitöskirjan edistämiseksi ja oli näin ratkaisevassa roolissa tutkimuksen valmistumisessa. Myös väitöskirjatyön alkuvaiheessa myönnetty pienemmät apurahat olivat tärkeitä, sillä niiden saaminen loi uskoa oman tutkimusaiheen merkityksestä ja ne mahdollistivat ajoittaisen irrottautumisen muista työtehtävistä. Pienempien apurahojen turvin oli mahdollista rakentaa muotoutuvalla tutkimukselle tukevaa perustaa lukemalla, suorittamalla jatko-opintokursseja ja hiomalla väitöskirjan tutkimussuunnitelmaa. Laadukas tutkimussuunnitelma edesauttoi kenties ratkaisevasti myöhemmin suurempien työskentelyapurahojen saamisessa. Työn viimeistelyvaiheessa väitöskirjaa edistettiin myös Suomen Akatemian bio- ja ympäristötieteiden toimikunnan rahoittaman hankkeen ”Kohti tulevaisuusorientoitunutta energiamuutosta: Ennakoiva monitoroinen lähestymistapa hajautetun uusiutuvan energian muutokseen (FutWend)” kautta. Lisäksi Turun kauppakorkeakouluseura myönsi apurahan väitöskirjan painatuskustannuksiin.

Kiitokset ansaitsee myös Tulevaisuuden tutkimuskeskuksen (Tutu) porukka. Tutun ahkera, älyllisesti inspiroiva, kannustava, välitön ja viihdyttävä yhteisö on todellista luksusta. Monet kollegoistani antoivat arvokkaita ideoita, vinkkejä, tukea, innostusta ja monenlaista muuta apua väitöskirjatyötä varten. Kiitokset erityisesti Petelle, Juhalle ja Markolle, muulle Turun toimiston väelle sekä kaikille tulevaisuudentutkimuksen tohtoriohjelman jatko-opintoseminaareissa keskusteluihin osallistuneille.

Nyt päättyvä väitöskirjaurakka on monin tavoin hyötynyt harrasteista joita minulla on ollut jo ennen aikuisikääni. Niin kauan kuin muistan, olen pitänyt lukemisesta. Tämä taipumus oli hyödyksi erityisesti väitöskirjatyöskentelyn alkuvaiheissa kun etsiessäni ongelmalleni sopivaa teoreettista taustaa minun oli tutustuttava useiden itselleni aiemmin vieraiden tieteenalojen tapoihin hahmottaa soisioteknistä muutosta. Pitkäaikainen kiinnostukseni luontoon, ympäristöasioihin ja

kestävän kehityksen edistämiseen motivoivat vahvasti tutkimuksen tekoa ja ruokkivat halua ymmärtää valittua aihetta. Hyötyä oli myös innostuksestani erilaisiin pallopeleihin. Pelatut tai katsomosta seuratut sähly-, jalkapallo- ja tennisottelut toivat väitöskirjatyön edistämisen kiivaimpien vaiheiden aikana tervetulleeseen tauon aika ajoin solmussa olleille ajatuksille. Kiitos kaikille minut näiden harrasteiden pariin ohjanneille ja säännöllisen viihtymisen näiden aktiviteettien parissa mahdollistaneille henkilöille.

Jotta mihinkään suureen urakkaan voi ryhtyä, pitää perustuksien olla kunnossa. Itselläni on ollut onni saada niin varhaiseen kuin myös aikuisiän elämään kotoa vahva tuki ja luottamus, jonka varassa on voinut elää turvallista ja huoletonta elämää. Suuret kiitokset kaikesta saamastani tuesta elämäni tärkeimmille henkilöille: vanhemmilleni ja vaimolleni Sallalle.

Turussa 30.4.2018

Ville Lauttamäki

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	17
1.1	Tutkimuskohteen kuvaus ja määrittely	17
1.2	Tutkimuskohteen konteksti.....	22
1.3	Tutkimuksen tavoitteet, keskeiset tutkimuskysymykset ja rakenne... 31	
1.4	Aiempi tutkimus aiheesta	36
2	TEOREETTINEN VIITEKEHYS.....	40
2.1	Tutkimusongelman luonne	40
2.2	Yhteiskuntatieteellinen ympäristötutkimus	42
2.3	Kestävän kehityksen transiititutkimus (sustainability transition studies)	45
2.4	Monitasoinen näkökulma sosioteknisten muutosten tarkasteluun (MLP).....	51
2.4.1	Yleistä MLP:stä	51
2.4.2	MLP:n tarkastelutasot: niche, regiimi ja landscape	53
2.4.3	Kehitysdynamiikka MLP-mallissa	57
2.4.4	MLP:n kritiikki	64
2.5	Tulevaisuudentutkimus	68
3	HYÖDYNNETTÄVÄT AINEISTOT JA MENETELMÄT	78
3.1.1	Haastattelut	78
3.1.2	Tilastot	81
3.1.3	Kirjallinen materiaali	84
3.1.4	Verkkokyselyllä kerättävä aineisto	87
3.2	Aineiston analyysimenetelmät	89
3.2.1	Laadullinen sisällönanalyysi	89
3.2.2	Delfoi	93
3.3	Työn tieteenfilosofinen aseointi	96
4	GEOENERGIA ENERGIAKRIISIEN AJASTA 1980-LUVUN PUOLEENVÄLIIN	99
4.1	Olosuhdetekijät (landscape).....	100
4.1.1	Energiamarkkinat yleisesti	100

4.1.2	Kansainvälinen energia- ja ympäristöpolitiikka	103
4.1.3	Energia-asenteet	105
4.2	Kiinteistöjen lämmityksen regiimi	107
4.2.1	Energiapoliittinen ohjaus Suomessa	107
4.2.2	Asuntorakentaminen	110
4.2.3	Kiinteistöjen lämmitysratkaisujen markkinat	112
4.2.4	Energia-alan tutkimus ja edunvalvonta.....	117
4.3	Geoenergia niche-innovaationa.....	119
4.3.1	Geoenergian hyödyntäminen Suomessa	119
4.3.2	Geoenergia-alan toimijat ja toimijaverkostot	122
4.3.3	Markkinoiden rakentuminen.....	125
4.3.4	Geoenergian hyödyntämiseen liittyviä ongelmia	128
4.3.5	Tutkimus-, tuotekehitys- ja koulutustoiminta	130
4.3.6	Geoenergia Ruotsissa.....	133
4.4	Yhteenvedoa ja reflektiota 1970- ja 1980-lukujen kehityksestä	139
4.4.1	Regiimi.....	139
4.4.2	Niche	141
4.4.3	Toteutuneen kehityksen luonne MLP-kehityksen termein kuvattuna.....	143
5	GEOENERGIA 2000-LUVUN ENSIMMÄISELLÄ VUOSIKYMMENELLÄ	148
5.1	Olosuhdetekijät (landscape)	148
5.1.1	Energiamarkkinat yleisesti.....	149
5.1.2	Kansainvälinen energia- ja ympäristöpolitiikka	150
5.1.3	Energia-asenteet	152
5.2	Kiinteistöjen lämmityksen regiimi	154
5.2.1	Energiapoliittinen ohjaus Suomessa	154
5.2.2	Kiinteistöjen lämmitysratkaisujen markkinat yleisesti.....	158
5.2.3	Pienet kiinteistökohteet.....	164
5.2.4	Suuret kiinteistökohteet	167
5.2.5	Energia-alan tutkimus, edunvalvonta ja tiedottaminen.....	170
5.3	Geoenergia niche-innovaationa.....	173
5.3.1	Geoenergian hyödyntäminen Suomessa	173
5.3.2	Markkinoiden rakentuminen ja geoenergian tunnettuus.....	176
5.3.3	Geoenergia-alan toimijat ja toimijaverkostot	180
5.3.4	Geoenergian hyödyntämiseen liittyviä ongelmia pienissä kiinteistökohteissa.....	182

5.3.5	Geoenergian hyödyntäminen suurissa kiinteistökohteissa.....	183
5.3.6	Geoenergian hyödyntämiseen liittyviä ongelmia suurissa kiinteistökohteissa	188
5.3.7	Geoenergia Ruotsissa	192
5.4	Yhteenvetoa ja reflektiota 2000-luvun alun kehityksestä.....	194
5.4.1	Regiimi	194
5.4.2	Niche.....	196
5.4.3	Toteutuneen kehityksen luonne MLP-kehityksen termein kuvattuna	198
6	GEOENERGIA VUOTEEN 2030	202
6.1	Olosuhdetekijät (landscape).....	202
6.1.1	EU:n ilmasto- ja energiapaketti.....	203
6.1.2	Ylikansalliset tavoitteet sekä rakentamista ja rakennusten energiankäyttöä koskeva sääntely	205
6.1.3	Kansainväliset energiamarkkinat	206
6.2	Kiinteistöjen lämmittämisen regiimi	207
6.2.1	Energiapoliittinen ohjaus Suomessa.....	207
6.2.2	Geoenergia strategia-asiakirjoissa	212
6.2.3	Kiinteistöjen eri lämmitysratkaisujen tulevaisuuden näkymiä.....	217
6.3	Kiinteistöjen lämmittämisen Niche tulevaisuudessa	222
6.3.1	Teknologinen kehitys lämmitysratkaisujen markkinoilla	223
6.3.2	Uudet tarpeet kiinteistöissä sekä uudet osaamisvaatimukset	226
7	KIINTEISTÖJEN LÄMMITYSMARKKINOIDEN SKENAARIOT VUOTEEN 2030	230
7.1	Skenaarioiden taustaa ja laatimisperiaatteita	230
7.2	Skenaario 1 – Kilpailukykyisesti kaukolämmöllä (muuntautumispolku, <i>transformation pathway</i>)	234
7.3	Skenaario 2 – Uusiutuvia paikallisesti (korvaantumispolku, <i>technological substitution pathway</i>)	237
7.4	Skenaario 3 – Kannattavasti kahteen suuntaan (uudelleenasettautumispolku, <i>reconfiguration pathway</i>)	241
7.5	Skenaarioiden yleistä arviointia.....	245
7.6	Skenaarioiden arviointi Delfoin 2. kierroksella.....	246
7.6.1	Näkemykset koskien skenaariota 3, “Kannattavasti kahteen suuntaan”	248

7.6.2	Näkemykset koskien skenaariota 2, “Uusiutuvia paikallisesti”	249
7.6.3	Näkemykset koskien skenaariota 1, “ Kilpailukykyisesti kaukolämmöllä”	250
7.6.4	Geoenergian tulevaisuutta koskevat näkemykset	252
7.7	Geoenergian hyödyntämisen tulevaisuus MLP-kehityksen termein	255
8	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	258
8.1	Geoenergian hyödyntämisen muutoksesta ja tulevaisuudesta	258
8.2	Ajatuksia MLP-kehityksen soveltamisesta pitkän aikavälin kehityksen tarkastelussa	262
8.3	Tutkimuksen kontribuutio	268
8.4	Jatkotutkimuksen mahdollisia kohteita	270
	LÄHDELUETTELO	273
	LIITE 1: HAASTATELTAVIEN VALINNASSA HYÖDYNNETTY ASiantuntijamatriisi	302
	LIITE 2: HAASTATELURUNKO	305
	LIITE 3: SISÄLLÖNANALYYSIN DEDUKTIIVISET LUOKITTELUKATEGORIAT	308
	LIITE 4: SISÄLLÖNANALYYSISSÄ HYÖDYNNETYT KIRJALLISET HISTORIA- JA AJANKOHTAISAINOSTOT	309
	LIITE 5: DELFOIN TOISEN KIERROKSEN KYSELYLOMAKE	319

KUVIOLUETTELO

Kuvio 1.	Geoenergian keskeisiä elementtejä (Kuva: Harri Kutvonen, GTK. Teoksessa: Lauttamäki & Kallio 2013, 9).	19
Kuvio 2.	Energian loppukulutuksen suhteellinen jakautuminen Suomessa 1970–2016. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017).	24
Kuvio 3.	Rakennusten lämmitykseen Suomessa kulutettu energia vuosina 1970–2016. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017).	25
Kuvio 4.	Suomen rakennuskannan kuluttaman lämmön jakauma rakennustyypeittäin vuonna 2016. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017b).	26
Kuvio 5.	Rakennusten kuluttaman lämpöenergian lähteet 2016. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017c).....	27
Kuvio 6.	Eri rakennustyypeissä hyödynnetyt energiamuodot 2016. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017b).	28
Kuvio 7.	Maalämpöpumppujen kokonaismäärän kehitys Suomessa vuosina 1976–2016. Tilastolähde: Tilastokeskus (2018).	29
Kuvio 8.	Asennetun maalämpökapasiteetin ja maalämpöpumpuilla tuotetun energian määrän kehitys 1976–2016. Tilastolähde: Tilastokeskus (2018).	30
Kuvio 9.	Väitöskirjatyon rakenne.	36
Kuvio 10.	Sosioteknisen muutoksen malli MLP (Mukaiillen lähteestä: Geels & Schot 2007, 401).	58
Kuvio 11.	Rakennusten lämmityksessä käytettävien polttonesteiden nimellishintoja Suomessa vuosina 1970–2000. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017e).....	101
Kuvio 12.	Rakennusten lämmityksessä käytettävien polttonesteiden reaalihintoja Suomessa vuosina 1970–2000. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017e).....	102
Kuvio 13.	Uusien asuinrakennusten määrä ja jakautuminen talotyypeittäin Suomessa vuosina 1970–2014. Tilastolähde: Vuodet 1970–1999 Tilastokeskus (2005), vuodet 2000–2014 Tilastokeskus (2015).	111

- Kuvio 14. Asuin- ja palvelurakennusten lämmitysmuotojen suhteelliset osuudet vuosina 1970–2000. Tilastolähde: Vuodet 1970 ja 1975 Tilastokeskus (2000), vuodet 1980–2000 Tilastokeskus (2014).112
- Kuvio 15. Kaukolämmön hinta muutamissa kiinteistötyypeissä 1977–2000. Tiedot kuvaavat nimellistä kokonaishintaa, joka sisältää energia-, perus- ja muut mahdolliset maksut. Tilastolähde: Tilastokeskus (2002). 114
- Kuvio 16. Kaukolämmön hinta muutamissa kiinteistötyypeissä 1977–2000. Tiedot kuvaavat reaalista kokonaishintaa, joka sisältää energia-, perus- ja muut mahdolliset maksut. Tilastolähde: Tilastokeskus (2002). 115
- Kuvio 17. Lämmityssähkön kokonaishinta pientaloihin vuosina 1980–2000. Hinnat nimellishintoja. Tilastolähde: Tilastokeskus (2002). ... 116
- Kuvio 18. Lämmityssähkön kokonaishinta pientaloihin vuosina 1980–2000. Hinnat reaalihintoja. Tilastolähde: Tilastokeskus (2002). 117
- Kuvio 19. Maalämpöpumppujen vuotuiset myyntimäärät suhteutettuna tärkeimpien lämmitysenergiamuotojen reaalihintoihin 1976–2000. Tilastolähteet: Tilastokeskus (2002), Tilastokeskus (2017e) ja Tilastokeskus (2018). 120
- Kuvio 20. Maalämpöpumppujen määrä Ruotsissa vuosina 1981–2017. Tilastolähde: Svenska kyl- och värmepumpföreningen (2018).135
- Kuvio 21. Rakennusten lämmitysmuotojen suhteelliset osuudet vuosina 2000–2016. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017b). 159
- Kuvio 22. Kaukolämmön hinta muutamissa kiinteistötyypeissä 2000–2016. Tiedot kuvaavat nimellistä kokonaishintaa, joka sisältää energia-, perus- ja muut mahdolliset maksut. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017e). 160
- Kuvio 23. Kaukolämmön hinta muutamissa kiinteistötyypeissä 2000–2016. Tiedot kuvaavat reaalista kokonaishintaa, joka sisältää energia-, perus- ja muut mahdolliset maksut. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017e). 160
- Kuvio 24. Rakennusten lämmityksessä käytettävien polttonesteiden hintoja vuosina 2000–2016. Kuva havainnollistaa nimellisiä kuluttajahintoja. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017e). 162

Kuvio 25.	Rakennusten lämmityksessä käytettävien polttonesteiden hintoja vuosina 2000–2016. Kuva havainnollistaa reaalisia kuluttajahintoja. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017e).	163
Kuvio 26.	Lämmityssähkön kokonaishinta pientaloihin vuosina 2000–2016. Hinnat nimellishintoja. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017e)...	164
Kuvio 27.	Lämmityssähkön kokonaishinta pientaloihin vuosina 2000–2016. Hinnat reaalihintojen. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017e).....	164
Kuvio 28.	Pientalojen lämmönlähteet kulutetun energian mukaan vuosien 2000 ja 2015 välisenä aikana. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017b).	165
Kuvio 29.	Maalämpöpumppujen vuotuiset myyntimäärät suhteutettuna tärkeimpien lämmitysenergiamuotojen reaalihintoihin 2000–2016. Tilastolähde Tilastokeskus (2018).	174
Kuvio 30.	Skenaarion 3 keskeisten elementtien toteutumistodennäköisyyksiä.	248
Kuvio 31.	Skenaarion 2 keskeisten elementtien toteutumistodennäköisyyksiä.	250
Kuvio 32.	Skenaarion 1 keskeisten elementtien toteutumistodennäköisyyksiä.	251
Kuvio 33.	Geoenergialaitteistojen määrän kehitys kaukolämpöalueilla vuoteen 2030 tultaessa.....	252
Kuvio 34.	Vastausjakaumat koskien geoenergialaitteistojen määrän kehitystä kaukolämpöalueilla vuoteen 2030 tultaessa.	253
Kuvio 35.	Geoenergialaitteistojen määrän kehitys kaukolämpöalueiden ulkopuolisilla alueilla.	254

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1.	Maalämmön hyödyntäminen erilaisissa rakennuksissa 2016. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017d).	31
Taulukko 2.	Landscape-tason muutoksen ominaisuuksia ja ominaisuuksien yhdistelmistä tehty toimintaympäristömuutosten typologia (Mukaiillen Suarez ja Oliva 2005, 1022)	56

Taulukko 3. Muutamien MLP:ssä hyödynnettyjen termien vastineita tulevaisuudentutkimuksessa vakiintuneisiin termeihin.	76
Taulukko 4. Skenaario 1.....	236
Taulukko 5. Skenaario 2.....	240
Taulukko 6. Skenaario 3.....	244
Taulukko 7. Skenaarioiden keskinäinen todennäköisyys ja vastausten keskihajonnat	247

1 JOHDANTO

Kasvihuonekaasujen päästöjen globaali vähentäminen on yksi suurimmista haasteista, joka maailman valtioiden on tulevana vuosina ratkaistava (Glenn, Florescu & The Millennium Project Team 2015, 18; IPCC 2014, 2-8; Stern 2006, 1). Suurin osa, n. 65 %, globaaleista kasvihuonekaasujen päästöistä on peräisin fossiilisia energialähteitä hyödyntävästä energiantuotannosta ja teollisuuden prosesseista (IPCC 2014, 5) ja täten näiden toimintojen päästövähennykset ovat keskeisessä roolissa kun kasvihuonekaasujen kertymistä ilmakehään pyritään rajoittamaan. Euroopan Unioni ja Suomi sen osana on sitoutunut vähentämään päästöjään tulevana vuosina ja vuosikymmeninä. Suurissa teollisuuslaitoksissa ja energiantuotantoyksiköissä päästöjen on EU:n tasolla vähennyttävä 43 % vuoteen 2030 mennessä, muilla aloilla päästöjä tulee vähentää 30 %. Lisäksi uusiutuvan energian hyödyntämisen osuutta EU:ssa tulee kasvattaa siten, että se on vähintään 27 % kaikesta energiankulutuksesta (Eurooppa-neuvosto 2014, 1-5). Kylmän ilmaston maissa rakennusten lämmitys on yksi merkittävimmistä energiaa vaativista toiminnoista. Näin kiinteistöjen lämmittämiseen kuluvan energian kokonaismäärällä ja energian tuottamistavoilla on suuri merkitys kasvihuonekaasujen päästöihin. Tässä tutkimuksessa pyritään lisäämään tietoa siitä millainen prosessi uuden, useimpia aiempia ratkaisuja vähäpäästöisemmän energiateknologian murtautuminen kiinteistöjen lämmitysratkaisujen markkinoille on ja mitkä tekijät tähän prosessiin erityisesti maa- ja kalliolämmön tapauksessa vaikuttavat. Tietoa voidaan hyödyntää pyrittäessä parantamaan uusien kiinteistöjen lämmönsäätelyn teknologioiden käyttöönottoa rakennuksissa, näin edesauttaen kasvihuonekaasujen päästöjen pienenemistä tulevaisuudessa.

1.1 Tutkimuskohteen kuvaus ja määrittely

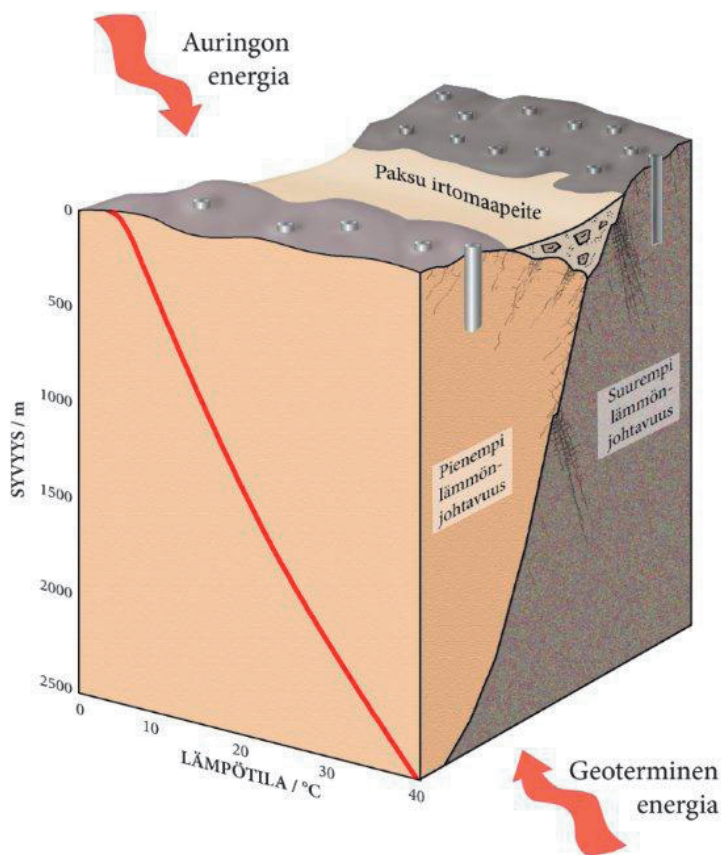
Tässä väitöskirjatutkimuksessa perehdytään yhden viime vuosina Suomessa suositaan kasvattaneen uusiutuvaa energiaa hyödyntävän lämmittämismuodon, maa- ja kalliolämmön¹ toteutuneen ja tulevaisuudessa nähtävillä olevien kehitys-

¹ Tässä tutkimuksessa maa- ja kalliolämmöstä käytetään termiä geenergia. Geologian tutkimuskeskuksen määritelmän (GTK 2012) mukaan geenergia on kallio- ja maaperästä sekä vesistöistä saatavaa lämmitys- ja viilennysenergiaa.

polkujen ominaisuuksiin Suomen lämmitysmarkkinoilla. Tutkimuksessa tunnistetaan ja tarkastellaan tekijöitä, jotka selittävät ja ennakoivat lämpöpumpuilla hyödynnettävän maa- ja kalliolämmön sekä vesistöjen energian käyttöä kiinteistöjen lämpöenergian lähteenä Suomessa 1970-luvun öljykriiseistä alkaen aina vuoteen 2030 asti.

Geoenergia on uusiutuvaksi energiamuodoksi luettua maaperään johtunutta ja varastoitunutta lämpöenergiaa, joka on peräisin auringon lämpösäteilystä sekä maan kuumasta ytimeistä ja maan vaipassa tapahtuvasta alkuaineiden radioaktiivisesta hajoamisesta (GTK 2016). Syvemmälle maa- tai kallioperään mentäessä auringosta maahan varastoituneen lämpöenergian osuus pienenee ja maan ytimeistä ja vaipasta kallioperään johtuvan lämmön kasvaa. Kuva 1 havainnollistaa maankuoren lämpöenergian lähteitä ja kuvaa kuinka kuoren lämpötila nousee syvemmälle mentäessä. Kuvassa huomioidaan myös maankamaraan koostumuksen vaikutus lämmön johtumiseen. Vesistölämpö on auringosta peräisin olevaa, vesistöihin varastoitunutta energiaa.

Geoenergiakenttä



Kuvio 1. Geoenergian keskeisiä elementtejä (Kuva: Harri Kutvonen, GTK. Teoksessa: Lauttamäki & Kallio 2013, 9).

Geoenergian keruutavat voi jakaa kahteen ryhmään:

- 1) pintajärjestelmiin, joissa lämmönkeruupiiri sijoitetaan vaakatasoon maanpinnan läheisyyteen, vesistöön tai vesistön pohjasedimenttiin. Tällaisia järjestelmiä nimitetään tavallisesti maalämmöksi tai vesistölämmöksi (Motiva 2016).
- 2) kalliolämpöjärjestelmiin, joissa lämmönkeruupiiri asennetaan kallioon pystysuoraan porattuun lämpökaivoon, jonka syvyys on tavallisesti 200–250 metriä. Suurissa kohteissa lämpökaivot voivat olla tätä sy-

vempiäkin². Tällaisia järjestelmiä nimitetään tavallisesti kalliolämmöksi (Motiva 2012, 4).

Yllä mainituista lämmönkeruujärjestelmien tyypeistä Suomessa yleisempiä ovat kalliolämpöjärjestelmät. Näin siitä huolimatta, että kalliolämpöjärjestelmän asennuskustannukset ovat selvästi pintajärjestelmiä korkeammat. Kalliolämpöjärjestelmien etuja suhteessa pintajärjestelmiin ovat tasainen lämmöntuottokyky, suurempi saatava energiamäärä lämmönkeräysputkistometriä kohden ja keruuputkiston vaatima vähäinen pinta-ala käytössä olevalla tontilla (Motiva 2012, 4).

Lämmönkeruupiirin ohella geoenergiaa hyödyntävä kiinteistön lämmitysjärjestelmä käsittää tyypillisesti myös lämpöpumpun ja kiinteistön lämmönjakojärjestelmän. Maalämpöä voi hyödyntää myös passiivisesti, ilman lämpöpumppua, mutta tämä ratkaisu soveltuu lähinnä rakennuksen tuloilman esilämmitykseen tai viilennykseen, ei yksinään ensisijaiseksi lämmitysjärjestelmäksi. Lämpöpumpun avulla suljetussa lämmönkeruupiirissä kiertävän nesteen maaperästä keräämää lämpöenergia muutetaan kiinteistön lämmitysjärjestelmässä hyödynnettäväksi³. Lämpöpumppuja on monenlaisia, maa- ja kalliolämmön hyödyntämisessä käytettävää lämpöpumppua kutsutaan maalämpöpumpuksi⁴. Lämpöpumpun toimintaperiaate, termodynaaminen kiertoprosessi, ja lämpöpumppu sen sovelluksena on tunnettu jo ennen 1800-luvun puoltaväliä (Perälä 2013, 27). Historiallisesti käytetyin lämpöpumpun käyttökohde on ollut jääkaappi, jossa lämpöpumppua hyödynnetään poistamaan lämpöä jääkaapin sisältä ja siirtämään sitä kaapin ulkopuolelle.

Kiinteistöjen lämmönsäätelyssä käytetyin lämpöpumppuratkaisu on ilmalämpöpumppu (Perälä 2013,27; EHPA 2010, 30). Suomessa vuoden 2017 loppuun mennessä asennetuista yli 800 000 lämpöpumpusta noin 80 % oli ilmalämpöpumppuja maalämpöpumppujen osuuden ollessa noin 14 % (SULPU 2018). Ilmalämpöpumppu kerää lämpöenergiaa ulkoilmasta ja tuottaa kiinteistöön tarpeen mukaan lämmintä tai viileää ilmaa. Ilmalämpöpumpun energiankeruu tapahtuu tavallisesti rakennuksen ulkoseinään kiinnitettävän yksikön kautta. Ilmalämpöpumppujen hyödyntäminen ei edellytä samankaltaista maahan tai kallioperään upotetun lämmönkeruupiirin rakentamista kuin geoenergiajärjestelmä. Ilmaläm-

² Esimerkiksi Sipooseen rakennetun S-ryhmän logistiikkakeskuksen energiakaivot ulottuvat yli 300 metrin syvyyteen (Peltoranta 2011, 190)

³ Geoenergiajärjestelmän ja lämpöpumpun toimintaperiaatteista lisätietoa: esim. Motiva (2012)

⁴ Eng. ground source heat pump tai shallow geothermal heat pump, joissain vanhemmissa lähteissä myös earth heat pump, ruotsiksi jordvärmepump tai bergvärmepump, saksaksi Erdwärmepumpe

pöpumppujen ohella muita lämpöpumppuja hyödyntäviä rakennusten lämmönlähteitä ovat poistoilmalämpöpumppu ja ilma-vesilämpöpumppu. Ilma-vesilämpöpumpussa lämmitysenergia otetaan ilmalämpöpumpun tapaan ulkoilmasta ja siirretään rakennuksen lämmitysjärjestelmän kiertoveteen tai lämpimän käyttöveden varaaan. Poistoilmalämpöpumppu taasen hyödyntää rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän poistoilmassa jäljellä olevaa lämpöenergiaa ja siirtää tämän energian takaisin rakennuksen lämmitysjärjestelmässä hyödynnettäväksi.

Tyypillisesti erilaiset ilma- ja poistoilmalämpöpumput ovat kiinteistöissä lisälämmitysjärjestelmiä, kun taas maa- ja kalliolämpöjärjestelmät on mitoitettu kiinteistön pääasialliseksi lämmitysjärjestelmäksi. Tässä tutkimuksessa tarkastelu rajataan koskemaan rakennusten pääasiallisen lämmitysjärjestelmän valinnassa tapahtunutta ja tapahtumassa olevaa muutosta ja sen syitä. Koska oletuksena on, että hankintapäätöksen vaikuttimet ovat varsin erilaisia riippuen siitä, ollaanko rakennukseen valitsemissa uutta pääasiallista vai aiempaa lämmitysjärjestelmää täydentävää lämmöntuotantomenetelmää, ei erilaisia lämpöpumpputyyppejä voi käsitellä yhtenä joukkona eikä tutkimuksen tuloksia yleistää koskemaan kaikkia lämpöpumpputyyppejä. Viime vuosina uusissa pientaloissa ovat yleistyneet sellaiset ilma-vesilämpöpumput ja poistoilman lämmön talteenottojärjestelmät, joilla yhdessä laitteistoa täydentävien sähkövastusten kanssa voidaan kattaa rakennuksen koko lämmitystarve. Tällaisten lämpöpumppujen osuus kaikista lämpöpumpuista on kuitenkin vielä varsin pieni. Uudet kiinteistön pääasialliseksi lämmitysjärjestelmäksi soveltuvat ilma-vesilämpöpumppuratkaisut jäävät tässä tarkastelussa sivuosaan, koska näiden järjestelmien soveltamisen historia kiinteistön pääasiallisena energiaratkaisuna on tätä tutkimusta tehtäessä varsin lyhyt.

Lämmöntuotannon ohella geoenergiajärjestelmiä voi – tietyillä lisäyksillä verrattuna pelkästään lämmitämiseen suunniteltuihin järjestelmiin – hyödyntää myös kiinteistöjen viilennyksessä. Sikäli kun kiinteistön geoenergiajärjestelmää käytetään vuoroin lämmitykseen ja viilennykseen, voidaan käytössä olevan energiakentän kykyä tuottaa viilennys- ja lämmitysenergiaa parantaa suhteessa tilanteeseen, jossa toista ominaisuutta ei käytettäisi. Tämä ominaisuus perustuu kallioperän kykyyn varata energiaa jota siihen lämmönkeruupiiristä johtuu. Kun käytetään viilennystoimintoa, lämpöä siirtyy rakennuksen sisältä kalliioon. Sikäli kun energiakentän kiviaineksen lämmönvarausominaisuudet ovat hyvät, parantaa energiakenttään näin ladattu lämpö myöhemmin lämmöntarpeen koittaessa energiakentän lämmöntuottokykyä. Suomen ilmastossa lämmitys on tavallisesti maa- lämpöjärjestelmien pääasiallinen käyttötarkoitus.

Geoenergiajärjestelmä vaatii toimiakseen jonkin verran ulkopuolista sähköenergiaa. Järjestelmän tuottaman ja maalämpöpumpun kuluttaman energian suhdetta kuvataan lämpökertoimella. Tyypillinen geoenergiajärjestelmän lämpöker-toimen keskiarvo vuositasona on hieman yli kolme (SULPU 2018, Motiva 2012,

2), joskin eri valmistajien laitteistojen välillä on niiden ominaisuuksista ja hyödynnetyistä ratkaisuista johtuvia eroja. Tyypillinen geoenergiajärjestelmä siis tuottaa noin kolminkertaisesti sen energiamäärän mitä sen toiminta kuluttaa. Tuotekehityksen myötä maalämpöpumppujen keskimääräinen lämpökerroin on vuosien kuluessa noussut.

Tässä tutkimuksessa käytettävä maa- ja kallioperään sekä vesistöihin varastoitunutta energiaa kuvaava termi geoenergia on hyvin samankaltainen toisen maankuoresta hyödynnettävän energialajin, geotermisen energian kanssa. Geotermisen energia on maan ytimen lämpöenergiaa, jota voidaan hyödyntää joko suoraan kuumasta vedestä tai poraamalla lämmönsiirtonesteen – tavallisesti veden – syöttö- ja paluukanavat sellaiseen syvyyteen jossa neste lämpiää riittävästi siten, että sitä voidaan hyödyntää lämmityksessä tai sähköntuotannossa (Energiateollisuus 2014). Islanti pois lukien geotermiset lämpö- tai sähkölaitokset ovat Pohjoismaissa varsin harvinaisia, tosin joitain esimerkkejä olemassa ja suunnitella olevista geotermistä energiaa hyödyntävistä voimalaitoksista on löydettävissä⁵. Suurimman esteen geotermisen energian laajalle kaupalliselle hyödyntämiselle useimmissa Pohjoismaissa muodostavat kilometrien syvyyteen ulottuvasta poraamisesta aiheutuvat korkeat kustannukset.

Tässä tutkimuksessa geotermiset sähkön ja lämmön tuotantoon käytettävät voimalaitokset ja lämmitysjärjestelmät rajataan tarkastelun ulkopuolelle. Kohteena ovat ainoastaan suljetut maa- ja kalliolämpöjärjestelmät, joissa lämpöenergiaa siirretään maanpinnan läheisyydestä, vesistön pohjasta tai kallioon poratuista lämpökaivoista tyypillisesti alle 400 metrin syvyydestä maanpinnasta (Saner, Juraske, Kübert, Blum, Hellweg & Bayer 2010) ja hyödynnetään kiinteistöjen lämmityksessä tai viilennyksessä lämpöpumppujen avulla.

1.2 Tutkimuskohteen konteksti

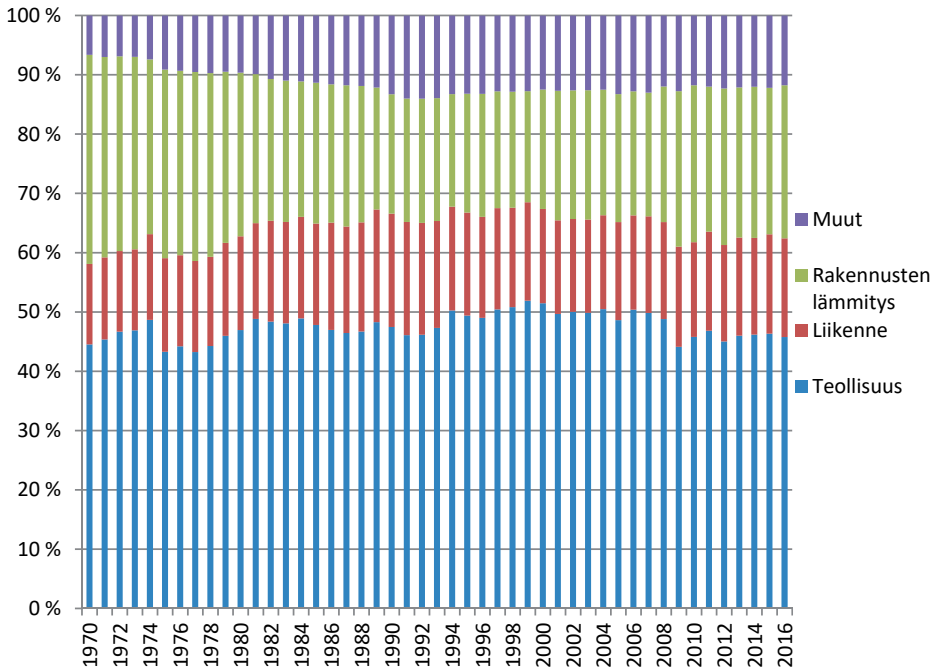
Ensimmäiset maa- ja kallioperästä tai vesistöistä lämpöä kiinteistön käyttöön siirtävät kokeiluluonteiset järjestelmät ovat olleet käytössä jo 1900-luvun alussa (Rawlins & Sykulski 1999, 119). Edelläkävijämaa lämmityskäyttöön tarkoitettujen lämpöpumppusovellusten kehittämisessä on ollut Sveitsi, jossa ensimmäinen patentti maaperän lämpöä hyödyntävälle lämpöpumpulle myönnettiin vuonna

⁵ Ruotsissa Lundin kaupungin kaukolämmöstä 40–50 % saadaan 800metrin syvyydestä pumpattavasta 20-asteisesta vedestä. Veden lämpötilaa nostetaan lämpöpumpuilla ennen lämpöverkkoon syöttämistä (Energiateollisuus 2014, Energimyndigheten 2014), Suomessa St1 rakentaa Espooseen geotermistä energiaa hyödyntävää lämpölaitosta. Ks. <http://www.st1.fi/deepheat>

1912 (Zogg 2008, 13). Tuolloin kuitenkin muiden tarjolla olleiden energiamuotojen hinnat olivat käytettävissä olevalla lämpöpumpputeknologialla tuotettua geenergiaa edullisempia, eikä tämän energiamuodon hyödyntäminen tai tuotekehitys herättänyt laajaa kiinnostusta. Kiinteistöihin lämpöä tuottavat lämpöpumppujärjestelmät yleistyivät Sveitsissä vasta toisen maailmansodan aikana, jolloin kannustimena niiden käyttöön toimi suursodan oloissa maata kohdannut hiilipula. Energiatarpeen ohella lämpöpumppujen kehittelyä ja hyödyntämistä Sveitsissä jouduttivat vesivoiman (ts. sähkön) suhteellisen hyvä saatavuus ja pyrkimys tämän resurssin tehokkaaseen käyttöön sekä korkeatasoinen mekaniikan ja lämpötekniikan osaaminen. Keskeisiä tuotekehittäjiä olivat vielä nykyisinkin tunnetut teknologiayhtiöt Sulzer, Escher Wyss (nyk. osa Sulzeria) ja Brown Boveri (nyk. ABB). Pääosin vesistöjä lämmönlähteenä hyödyntäviä lämpöpumppulaitoksia rakennettiin Sveitsissä vielä sotaa välittömästi seuraavina vuosina kunnes 1950-luvun alusta lähtien kiinnostus lämpöpumppuja kohtaan vähitellen hiipui hiilen ja öljyn hinnan laskiessa (ibid. 23–24, 38).

Maalämpöön liittyvää tutkimusta ja tuotekehitystä edistettiin ja kokeilulaitoksia rakennettiin toisen maailmansodan vaiheilla muuallakin kuin Sveitsissä. Yhdysvalloissa (Sanner 2001,1-4), Kanadassa (Zogg 2008, 33–34) ja Iso-Britanniassa (Rawlins & Sykulski 1999, 119) asennettiin 1940-luvulla muutama kiinteistöihin geoenergialaitteistojen prototyyppiä, jotka tuottivat lämpöä rakennuksiin. Teknisesti onnistuneista kokeiluista huolimatta geoenergiasta ei kuitenkaan tullut laajasti kaupallisesti hyödynnettävää vaihtoehtoa kiinteistöjen lämmitykseen. Vasta 1970-luvun öljykriisien myötä syntynyt tarve tarkastella öljylle vaihtoehtoisia energiaratkaisuja tuotti riittävät kannusteet kehittää kiinteistöjen lämmittämiseen soveltuvuutensa aiemmin osoittanut geoenergia laajemmin kaupalliseksi tuotteeksi (ibid.).

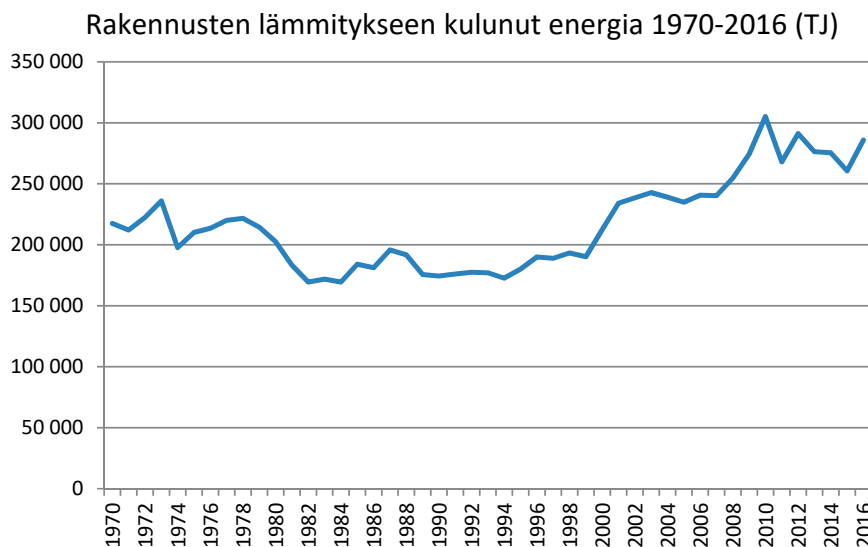
Tässä työssä tarkastelun kohteena olevia geoenergiajärjestelmiä hyödynnetään pääasiallisesti rakennusten lämmitysenergian tuottamiseen. Rakennusten lämmitäminen on yksi merkittävimpiä energian käyttökohteita Suomessa vastaten nykyään noin neljännestä energian kokonaiskulutuksesta. Energian loppukäytön jakauma tärkeimpien energiankulutuksen sektorien kesken on pitkällä aikavälillä ollut Suomessa melko vakaa. Kuviossa 2 esitetään tärkeimpien energian loppukulutuksen kohteiden suhteellisia osuuksia vuosien 1970 ja 2016 välillä. Rakennusten lämmityksen osuus energian loppukäytöstä on suurimmillaan tarkasteluajankohdan alussa, jolloin se edusti noin 35 % energian kokonaiskulutuksesta. Lämmityksen osuus laski 1990-luvulle tullessa noin 20 % osuuteen. Osuus pysyi suunnilleen tällä tasolla aina 2000-luvun loppuun nousten asti, jolloin rakennusten lämmityksen osuus nousi jälleen lähelle 30 % osuutta.



Kuvio 2. Energian loppukulutuksen suhteellinen jakautuminen Suomessa 1970–2016. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017).

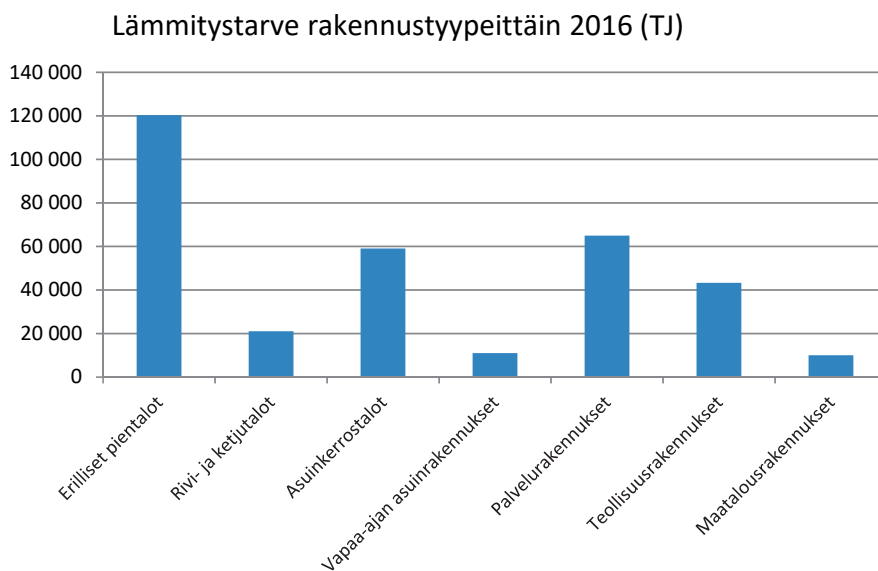
Havaitut muutokset selittynevät suurelta osin teollisuuden energiankulutuksen vaihteluilla. Kuvasta voidaan havaita teollisuuden energiankulutuksen suhteellisen osuuden pienentyneen 1970-luvun puolivälissä ensimmäisen energiakriisin jälkeen, 1990-luvun alun laman ja 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen lopulla alkaneen talouskriisin myötä.

Rakennusten lämmittämiseen vuosittain kuluneen energian määrän kehitys vuosina 1970–2016 on nähtävillä kuvassa 3. Selvemmat rakennusten energiakulutuksen alenemat osuvat yksiin vuosien 1973 ja 1979 energiakriisien kanssa. 2000-luvulla vuoteen 2008 asti jatkunut talouden nousukausi ja 1990-lukuun verrattuna suhteellisen vilkas uudisrakentamisen määrä selittävät energian kulutuksen kasvua uuden vuosituhannen alussa. Kulutetun lämmön kokonaismäärän voimakas nousu vuonna 2010 selittyy kylmän talven aiheuttamalla lämmitystarpeen kasvulla (Ilmatieteen laitos 2016).



Kuvio 3. Rakennusten lämmitykseen Suomessa kulutettu energia vuosina 1970–2016. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017).

Sitä miten lämpöenergian kulutus Suomessa jakautuu havainnollistaa kuvio 4. Vuonna 2016 eri rakennustyypeistä eniten energiaa kului pientalojen lämmittämiseen. Muita merkittäviä energian kulutuskohteita olivat palvelurakennukset, kerrostalot sekä teollisuusrakennukset. Sikäli kun rakennustyyppien suhteellisissa osuuksissa ei tapahdu merkittäviä muutoksia, ovat suurimmat mahdollisuudet vaikuttaa rakennusten lämmittämisestä aiheutuviin päästöihin näissä kiinteistöissä.

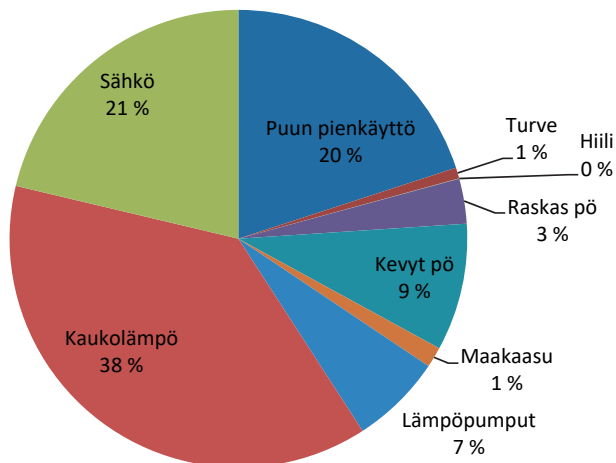


Kuvio 4. Suomen rakennuskannan kuluttaman lämmön jakauma rakennustyypeittäin vuonna 2016. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017b).

Tässä tutkimuksessa tarkastelun kohteena olevan geoenergian hyödyntäminen on yksi monista tavoista järjestää kiinteistön lämmitys. Erilaisista Suomessa käytetyistä lämmitystavoista yleisimpiä ovat kaukolämmitys, sähkölämmitys, puu- ja pellettilämmitys sekä öljylämmitys⁶. Kuva 5 osoittaa kiinteistöjen lämmitystapojen suhteellista suosiota vuonna 2016 mitattuna osuutena kaikesta rakennusten lämmitykseen kuluttamasta energiasta. On huomioitava, että tilastossa, johon yllä oleva kuva pohjaa, ei geoenergiaa ole huomioitu erikseen vaan kaikilla eri lämpöpumpputyypeillä tuotettu energia on tilastossa laskettu yhteen.

⁶ Kuviossa polttoöljystä käytetään lyhennettä pö.

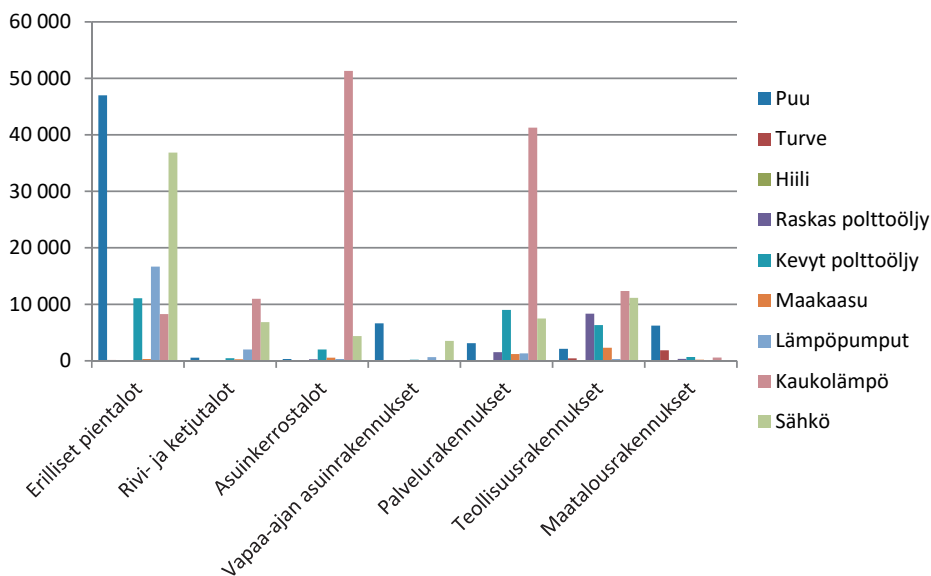
Rakennusten lämmitysmuotojen suhde (TJ)



Kuvio 5. Rakennusten kuluttaman lämpöenergian lähteet 2016. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017c).

Kuvio 6 esittää suuntaa antavasti kuinka paljon energiaa eri rakennustyypeissä kulutettiin ja millä lämmönlähteillä kulutettu lämpö tuotettiin Suomessa vuonna 2016. Kuva ei vähäisesti hyödynnettyjen energiaratkaisujen osalta ole erityisen havainnollinen, mutta oleellista on havaita kuinka puu ja sähkö dominoivat pientalojen lämmityksessä ja kaukolämpö asuinkerrostalojen ja palvelurakennusten kohdalla. Lämpöpumppujen vähäinen rooli kaikkien lämmönlähteiden joukossa käy myös ilmi. Lämpöpumput näkyvät selkeästi kuviossa vain pientalojen kohdalla. Kaukolämmön suurta osuutta kahdessa rakennustyyppissä, kerrostaloissa ja palvelurakennuksissa, selittää niiden melko suuren energiatarpeen ohella eri rakennustyypeille tarjolla olevien lämmitysvaihtoehtojen valikoima. Valtaosa palvelurakennuksista ja asuinkerrostaloista sijaitsee tyypillisesti taajamissa, joissa kaukolämpöä on yleensä saatavilla. Vastaavasti pientalot taas sijaitsevat usein alueilla, joille kaukolämpöverkosto ei ulotu.

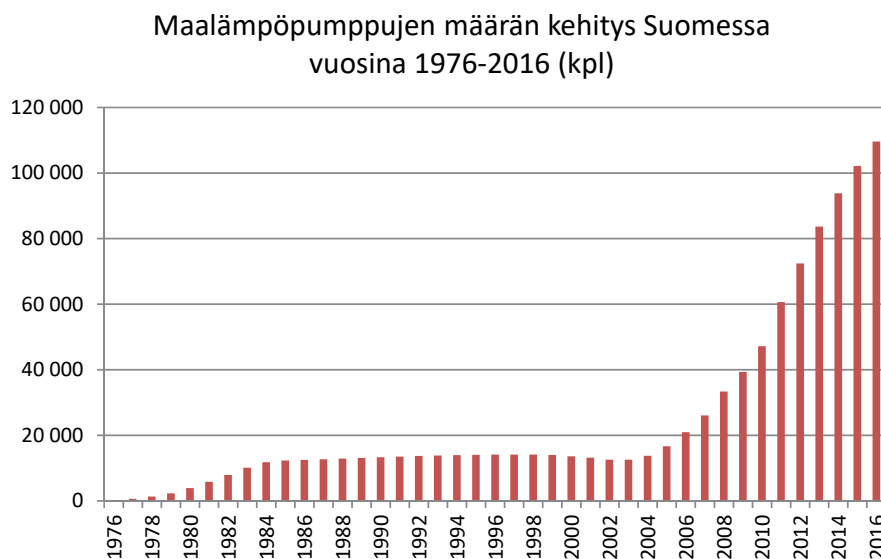
Eri rakennustyypeissä hyödynnetyt energiamuodot 2016 (TJ)



Kuvio 6. Eri rakennustyypeissä hyödynnetyt energiamuodot 2016. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017b).

Geoenergiaa on Suomessa hyödynnetty harvoja kokeiluja laajemmin 1970-luvun loppupuolelta alkaen. Kuvassa 7 esitetään asennettujen maalämpöpumppujen lukumäärän kertymä Suomessa lähtien vuodesta 1976, joka on ensimmäinen vuosi josta tilastoaineistoa geoenergian hyödyntämisestä Suomessa on saatavissa. Laskelmassa on huomioitu vanhojen maalämpöpumppujen poistuma olettamalla pumpun keskimääräiseksi käyttöiäksi 20 vuotta.

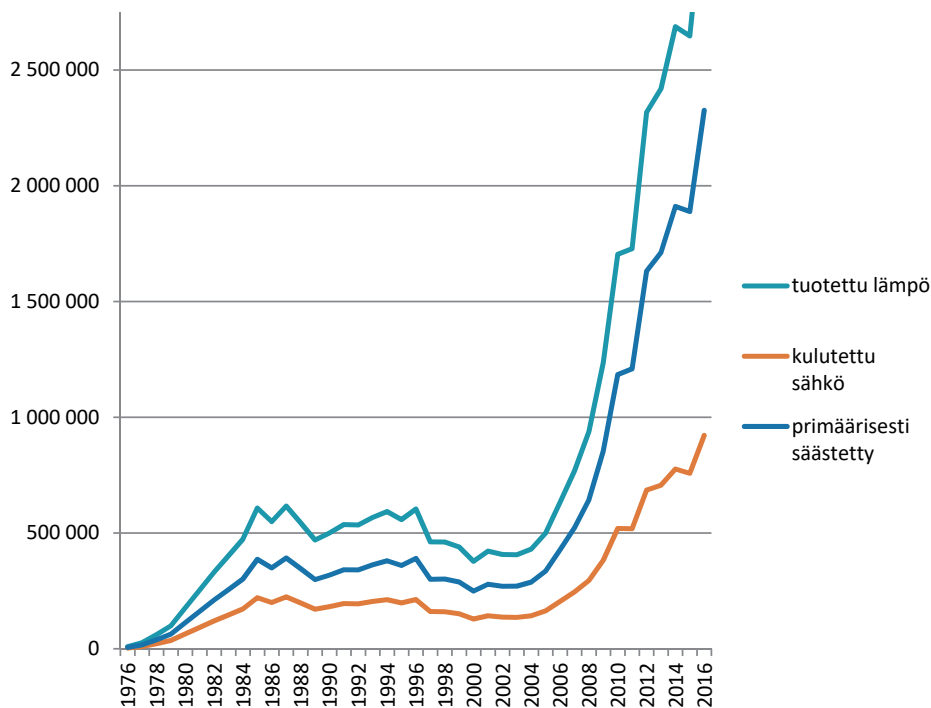
Kuvassa näkyy geoenergiajärjestelmien asennusten ensimmäinen aalto 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa ja muutaman vuoden kuluttua tästä tapahtunut kiinnostuksen hiipuminen. Geoenergian suosio alkoi jälleen kasvaa uuden vuosituhanen alkupuolella ja asennettujen laitteistojen lukumäärä on sittemmin noussut nopeasti. Uusien pientalojen kohdalla geoenergia on suosituin lämmöntuotantotapa. Vuodesta ja tietolähteestä riippuen uusissa pientaloissa geoenergian on viime vuosina valinnut 40- 50 % rakentajista (Tilastokeskus 2016b, Motiva 2012, 2).



Kuvio 7. Maalämpöpumppujen kokonaismäärän kehitys Suomessa vuosina 1976–2016. Tilastolähde: Tilastokeskus (2018).

Kuvio 8 havainnollistaa asennetun maalämpöpumpuilla tuotetun energian määrän kehitystä vuosien 1976–2016 välillä. Kuvion termi ”primäärisesti säästetty” kuvaa mikä on ollut kunakin vuonna maalämpöjärjestelmillä Suomessa saavutettu energiansäästö, ts. energiamäärä, joka olisi pitänyt tuottaa jollain muulla energialähteellä, ellei maalämpöä oltaisi hyödynnetty. Myös tässä tilastossa on huomioitu vanhojen maalämpöjärjestelmien poistuma käytöstä 20 vuoden käytön jälkeen. Kuvioista voi havaita tuotetun lämmön ja primäärisesti säästetyn energian määrän kuvaajien nousevan 2000-luvun edetessä maalämpöpumppujen kuluttaman sähkön määrää havainnollistavaa kuvaajaa jyrkemmin. Tämä selittyy maalämpöpumppujen tehokkuuden paranemisella.

Maalämpöpumpuilla tuotettu ja pumppujen kuluttama energia (MWh)



Kuvio 8. Asennetun maalämpökapasiteetin ja maalämpöpumpuilla tuotetun energian määrän kehitys 1976–2016. Tilastolähde: Tilastokeskus (2018).

Ylläolevat kuviot 7-8 havainnollistavat miten geenergian hyödyntäminen ja maalämpöpumpuilla tuotetun lämpöenergian määrä on kasvanut Suomessa voimakkaasti 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen puolivälistä alkaen. Kiivain kasvuvaihe ajoittui 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen loppuun ja maalämpöpumppujen myyntimäärät nousivat vuodesta toiseen aina vuoteen 2011 asti. Sittemmin vuotuiset myyntimäärät ovat maltillisesti laskeneet huippuvuosit.

Aiemmin tässä luvussa mainittiin, että pientalot hyödyntävät lämpöpumpuilla tuotettua energiaa eniten kaikista kiinteistökohteista. Taulukossa 1 esitetään eriteltynä millaisiin kiinteistökohteisiin Suomessa vuoteen 2016 mennessä asennetut ja yhä käytössä olevat geenergialaitteistot on asennettu. Pientalojen vahva rooli geenergian ylivoimaisesti suosituimpina hyödyntämiskohteina tulee taulukosta hyvin ilmi.

Taulukko 1. Maalämmön hyödyntäminen erilaisissa rakennuksissa 2016. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017d).

Rakennuksen käyttötarkoitus	Rakennuksia, joissa maalämpö
Erilliset pientalot	46 922
Rivi- ja ketjutilat	1 339
Asuinkerrostalot	410
Liikerakennukset	634
Toimistorakennukset	72
Liikenteen rakennukset	308
Hoitotalon rakennukset	197
Kokoontumisrakennukset	168
Opetusrakennukset	82
Teollisuusrakennukset	478
Varastorakennukset	258
Muut rakennukset	71
Yhteensä	50939

Pientalojen suuren roolin ohella huomio kiinnittyy myös eroihin taulukon esittämän maalämpöpumppujen kokonaismäärän ja geoenergiajärjestelmien lukumäärän kehitystä kuvaavan kuvion 7 tiedoissa. Siinä missä SULPUn tilastointi ilmoittaa maalämpöpumppuja olevan vuonna 2016 käytössä noin 121 000, antaa Tilastokeskus lukumääräksi noin 50 000. Huimat erot johtuvat erilaisista tilastointikäytännöistä⁷. Keskeisin syy tilastoaineistojen välisiin poikkeuksiin on siinä, että Tilastokeskuksen tilasto kattaa vain uudisrakennusten lämmitystapavalinnat saneerauskohteiden jäädessä aineistosta pois. Lukuihin liittyvästä epävarmuudesta huolimatta taulukon informaatiota voi pitää suuntaa antavana havainnollistuksena siitä miten vuosien varrella asennetut geoenergiajärjestelmät jakautuvat suhteellisesti erilaisiin kiinteistökohteisiin.

1.3 Tutkimuksen tavoitteet, keskeiset tutkimuskysymykset ja rakenne

Tutkimuksen päätavoitteena on tarkastella geoenergiajärjestelmien yleistymistä Suomessa ja tunnistaa tähän kehitykseen vaikuttaneita tekijöitä sekä arvioida

⁷ Eri tilastolähteiden tuottamien lukujen erojen syitä käsitellään myöhemmin luvussa 3.1.2

geoenergian hyödyntämisen mahdollisia tulevaisuuden kehityspolkuja. Tarkastelu kattaa koko geoenergiatoiminnan suomalaisen historian ulottuen myös reilun vuosikymmenen päähän tulevaisuuteen. Kuvion 7 mukaisesti voidaan geoenergian hyödyntämisessä Suomessa erottaa kolme kehitysvaihetta:

- 1) Ensimmäiset järjestelmäsennukset ja suosion vähittäinen kasvu 1970-luvun loppupuolelta 1980-luvun puoliväliin.
- 2) Hyvin vähäisen kysynnän vaihe 1980-luvun puolivälistä uuden vuosituhanen vaihteeseen asti.
- 3) Jyrkkä geoenergian hyödyntämisen kasvu 2000-luvun alusta lukien

Näistä kehitysvaiheista huomio kohdistuu tässä työssä erityisesti geoenergian suosion kehittymisen kannalta kiinnostavimpiin ajankohtiin, vaiheisiin 1 ja 3.

Historiallisen kehityksen lisäksi työssä tarkastellaan myös geoenergian hyödyntämisen mahdollisia tulevaisuuksia vuoteen 2030 asti. Vuosi 2030 on valittu tulevaisuushorisontiksi, koska tähän ajankohtaan on valtiotasolla tehty sitoumuksia koskien mm. päästörajoituksia sekä energiantuotanto- ja rakennustapoja. Tulevaisuutta käsittelevässä osiossa laaditaan muutamia kiinteistöjen lämmittämisen mahdollisia kehityspolkuja ja arvioidaan mikä kehityspoluista toteutuu todennäköisimmin sekä millaiselta geoenergian hyödyntämisen tulevaisuus eri tulevaisuuksissa näyttää.

Perimmäinen motivaatio tutkimuksen tekemiselle voidaan tiivistää kolmeen huomioon tai kysymykseen, jotka nousivat esille vuosien 2009 ja 2010 kuluessa Geologian tutkimuskeskuksen, VTT:n ja Turun kauppakorkeakoulun yhdessä Tekesin rahoituksella toteuttamassa Geoener-hankkeessa, jossa tutkittiin geoenergian hyödyntämisen uusia sovelluksia Suomessa erityisesti suurissa rakennuskohteissa kuten kauppakeskuksissa, julkisissa rakennuksissa, jakelukeskuksissa ja asuinalueilla. Tämän väitöstutkimuksen tekijä toimi hankkeessa projektitutkijana Turun kauppakorkeakoulun osuudessa, jossa toimeksianto koski uusien liiketoimintamallien hahmottelemista geoenergia-alan erilaisille toimijoille⁸.

- 1) Ensimmäinen tähän väitöstutkimukseen kimmokkeen antanut huomio, joka Geoener -hankkeen kuluessa tuli esille, koski geoenergian hyödyntämisen käytönaikaista taloudellisuutta. Tarkasteltaessa eri energiamuotojen elinkaari- ja ympäristöllistä kestävyyttä geoenergia oli suurissa kohteissa usein kilpailukykyinen vaihtoehto vertailussa tavanomaisiin lämmitysratkaisuihin (Holopainen,

⁸ Hankkeen TuKKK:n osion tulokset raportoitu teoksessa Lauttamäki & Kallio (2013)

Vares, Ritola & Puhakka 2010, 42). Lisäksi geoenergian voitiin katsoa olevan teknisesti melko kypsässä vaiheessa ja sen käytön aikaiset kustannussäästöt suhteessa useimpiin muihin rakennusten lämmitysratkaisuihin olivat varsin hyvin dokumentoituja muuallakin kuin Geoener -hankkeessa tuotetuissa materiaaleissa⁹. Olettaen kiinteistöjen lämmitysratkaisuista päättävien olevan valinnoissaan sikäli rationaalisia, että he pyrkivät valitsemaan saman palvelutason tuottamista ratkaisuista ajan myötä edullisimman, heräsi kysymys miksi geoenergiaa ei oltu Suomessa hyödynnetty toteutunutta laajemmin.

- 2) Toinen geoenergian hyödyntämiseen Suomessa liittyvä havainto oli, että tämän energiamuodon suosio painottui vahvasti pientaloihin, joissa järjestelmän investointikustannus suhteessa kiinteistön rakentamisen kokonaiskustannuksiin on suurempi kuin isommissa kiinteistökohteissa (kuten tuantorakennukset, varastot ja toimistot). Lisäksi geoenergiajärjestelmän käytön myötä syntyvät säästöt energiakuluissa verrattuna tavanomaisiin energialähteisiin kasvavat tyypillisesti rakennuksen energiankulutuksen kasvaessa (Hanova & Dowlatabadi 2007, 4). Tämä ominaisuus puoltaa geoenergian käyttöä suurissa kiinteistöissä. Miksi kuitenkin geoenergian hyödyntäminen oli laajinta pientaloissa, joissa mahdollisuudet hyötyä saatuttavista kustannussäästöistä olivat heikoimmat?
- 3) Kolmas Geoener-hankkeen myötä tehty huomio koski Suomessa tapahtuneen geoenergiajärjestelmien yleistymiskehityksen eroja suhteessa Ruotsiin. Ruotsissa maalämpöjärjestelmiä on asennettu kiinteistöihin vilkkaasti jo 1970-luvulta lähtien ja asennettujen laitteistojen kokonaismäärissä läntinen naapurimaa onkin selvästi edellä¹⁰. Vuonna 2016 kaikkina vuosina yhteensä asennettujen laitteistojen kokonaismäärä oli Ruotsissa noin 570 000 (Svenska kyl- och värmepumpföreningen (2018) kun samaan aikaan Suomessa laitteistoja oli käytössä noin 113 000 (SULPU 2018). Ero on suuri myös huomioiden maiden kokoerot. Suuret erot geoenergian hyödyntämisessä naapurimaiden välillä kummastuttivat, sillä mahdollisuudet (merkittävimpinä tekijöinä ilmasto, geologia, teknisen tietämyksen taso ja toimijoiden taloudelliset valmiudet) hyödyntää tätä energiantuotantovaihtoehtoa lienevät molemmissa maissa varsin samanlaiset.

⁹ Ks. esim. HP Best Practice Database, http://www.groundmed.eu/hp_best_practice_database/

¹⁰ Ruotsin ohella geoenergiaa on 1970-luvun lopulta lähtien hyödynnetty Euroopan maista eniten Saksassa, Sveitsissä ja Itävallassa (Rawlins & Sykulski 1999, 119)

Yllä mainittujen Geoener -hankkeen yhteydessä tehtyjen suomalaista geoenergia-alaa koskevia havaintoja selittävien tekijöiden etsiminen ei kuitenkaan ollut tuon hankkeen toimeksiannon keskiössä. Täten suomalaisen geoenergia-alan kehityksen – tai paremminkin sen hitauden sekä yllä mainittujen ominaispiirteiden – syiden selvittäminen jäi hankkeen yhteydessä varsin vähäiselle huomiolle. Esille nousseet asiat jättivät kuitenkin kiinnostuksen aihetta kohtaan. Kun vielä myöhemmin muiden energia-aiheisten hankkeiden yhteydessä kävi ilmi kuinka geoenergia erottautuu monista muista uusiutuvia energialähteitä hyödyntäviä ratkaisuja siinä, että se on kasvattanut suosiotaan pääosin markkinaehtoisesti ja että kehityksen keskeisiä käynnistäjiä ovat olleet energian loppukuluttajat, jalostuivat kysymykset geoenergian kehityspolun muotoutumisen taustalla vaikuttaneista tekijöistä, lisättyä geoenergian mahdollisten tulevaisuuden kehityspolkujen tarkastelulla, väitöskirjatyön tutkimussuunnitelmaksi. Suunnitelmaa jalostettaessa fokus täsmentyi erityisesti Suomessa tapahtuneen kehityksen tarkasteluun. Täten laajaa vertailua Suomen ja Ruotsin kiinteistöjen lämmittämisen historiaa selittävästä tekijöistä ei tässä tutkimuksessa tehdä, eikä Ruotsin kehityksen osalta kerätä uutta primääriaineistoa. Ruotsin kehitystä esitellään tiiviisti nojautuen valmiina saatavilla olevien kirjallisten lähteiden tarjoamaan tietoon. Ruotsin osalta kiinnostus keskittyy erityisesti 2000-lukua edeltäneeseen kehitykseen, tulevaisuustarkastelua ei Ruotsia käsittelevien kysymysten osalta tehdä.

Yllä esitetyt kolme havaintoa geoenergia-alalta ovat pohjana myös muutamille tutkimuksen teon oletuksille. Näistä havainnoista keskeisin on, että koska todistetusta edullisuudestaan huolimatta geoenergiaa ei Suomessa ole laajasti hyödynnetty kuin vasta äskettäin ja suurten rakennuskohteiden osalta nykyiselläänkin vielä melko vähäisesti, ei järjestelmien suosio selity ainoastaan tarkastelemalla geoenergialaitteistojen hankintahintoja ja odotettavissa olevia käytön aikaisia tuottoja ja kustannuksia suhteessa muihin tarjolla oleviin rakennusten lämmitysvaihtoehtoihin. Sen sijaan kehityksen selittämisessä tulee tarkastella laajempaa joukkoa tekijöitä, joista useita ei pystytä huomioimaan tarkastelemalla ainoastaan hintojen välittämää informaatiota. Tässä tutkimuksessa oletuksena on, että havaitun kehityksen syinä ovat hintasuhteiden ohella mm. erilaiset teknologiset lukkiumat, yhteiskunnan (rakennusalan, viranomaisten ja kuluttajien) totut toimintatavat ja jossain määrin tietämättömyys kaikkien tarjolla olevien vaihtoehtojen ominaisuuksista.

Tutkimuksen keskeinen sisältö on jaettu kolmeen osaan tarkasteltavien ajan-kohtien mukaisesti. Keskeisimmät tutkimuskysymykset kussakin osassa ovat:

- 1970- ja 1980-lukujen vaihde: Mitkä tekijät vaikuttivat yhtäältä kiinnostuksen kasvuun geoenergian hyödyntämistä kohtaan ja toisaalta siihen, että Suomessa maalämpöjärjestelmät eivät kuitenkaan nousseet energia-

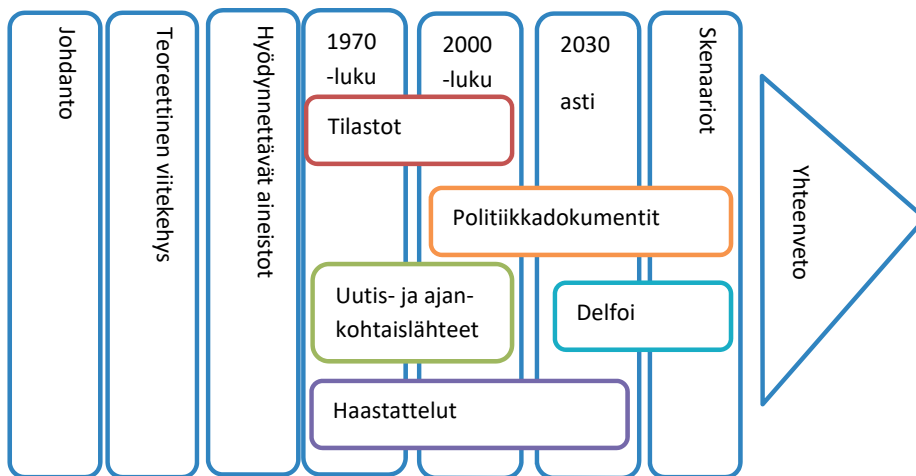
kriisien jälkeen erityisen suureen suosioon (erityisesti verrattuna Ruotsiin)?

- 2000-luvun alku: Mitkä tekijät selittävät uudelleen noussutta kiinnostusta maalämpöjärjestelmiin Suomessa 2000-luvun alussa? Miksi geoenergia pystyi tällä kerralla nousemaan erittäin suosituksi lämmitysvaihtoehtoksi? Millaisia muutoksia maalämpöalalla ja maalämpöjärjestelmien asentukseen vaikuttavissa tekijöissä on tapahtunut verrattuna 1980-luvun alkuun?
- 2020–2030: Millaisia ovat arviot (tai tavoitteet) tulevaisuuden Suomen kokonaisergiankulutuksesta, -tuotannosta sekä kulutuksen ja tuotannon rakenteesta? Miltä maalämpöjärjestelmien hyödyntämisen tulevaisuus näyttää tarkasteltavien arvioiden ja tavoitteiden valossa? Mitkä tekijät vaikuttavat maalämpöjärjestelmien asennusmääriin tulevaisuudessa?

Vaikka tutkimuksen keskiössä onkin geoenergia, ei sen kehityshistoriaa ja tulevaisuutta voi ymmärtää ilman tutustumista siihen toimintaympäristöön jossa geoenergia – tai mikä tahansa muu kiinteistön lämmitysmuoto – tulee valituksi. Täten kaikkien ajankohtien osalta tutkimuksen laajempaan taustaan on kiinteistöjen lämmittämisen valintaympäristö ja maalämpöä tarkastellaan vasten muita tarjolla olevia kiinteistöjen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmiä. Huomioitavia kysymyksiä ovat mm.: millainen on ollut geoenergialle vaihtoehtoisten kiinteistöjen lämmitystapojen asema ja kuinka nämä muut lämmitysmuodot ovat vuosikymmenten kuluessa kehittyneet? Miten kehityksen polkuriippuvuus (muihin kiinteistöjen lämmitysratkaisuihin, kuten kaukolämpöön, tehdyt investoinnit) on vaikuttanut geoenergian yleistymiseen Suomessa?

Väitöskirjatyö rakentuu seuraavasti: ensimmäisessä luvussa kuvataan motivaatio tehtävälle tutkimukselle, esitetään keskeiset tutkimuskysymykset ja asemoidaan työ aiemmin tehdyn tutkimuksen suhteen. Luvussa 2 kuvataan liityntä aiheen käsittelyn kannalta relevanttiin teoriapohjaan sekä työn menetelmälliset valinnat. Luvussa 3 esitellään tutkimuksessa hyödynnettyjä aineistoja ja analyysimenetelmiä. Työn empiirinen osa käsittää luvut 4-7. Näissä luvuissa vastataan esitettyihin tutkimuskysymyksiin. Empiirisessä osassa aiheen käsittely tapahtuu yllä kuvatusti kolmeen ajanjaksoon erikseen keskittyen. Luvussa 4 keskitytään geoenergian ensimmäiseen kasvuvaiheeseen ja sitä seuranneeseen romahdukseen, luvussa 5 uuteen kasvuun 2000-luvun alussa ja luvussa 6 geoenergian hyödyntämisen tulevaisuuteen Suomessa vuoteen 2030 tultaessa. Tulevaisuusosion tuloksia kootaan yhteen luvussa 7 jalostamalla aineistosta skenaarioita, ts. vaihtoehtoisia mahdollisia tulevaisuuden kehityspolkuja geoenergian hyödyntämiselle Suomessa. Skenaarioita seuraavassa luvussa 8 tiivistetään tutkimuksen antia yhteen ja pohditaan mahdollisia jatkotutkimuksen kohteita.

Tiivistetysti työn rakenne käy ilmi kuvasta 9. Kukin pystysuuntainen laatikko sekä oikeassa reunassa oleva kolmio esittävät tutkimuksen pääluokkia. Vaakasuo- raan asemoidut laatikot kuvaavat mitä aineistoja missäkin osioissa hyödynnetään.



Kuvio 9. Väitöskirjatyön rakenne.

1.4 Aiempi tutkimus aiheesta

Täsmälleen tämän työn kaltaista tutkimusta, jossa tarkasteltaisiin geoenergian kehitystä Suomessa pitkällä aikavälillä huomioiden kehityksen taustalla monipuolisesti vaikuttavia sosioteknisiä tekijöitä ja niiden muutoksia, ei ole tiittävästi aiemmin tehty. Geoenergiaa tarkasteleva yhteiskuntatieteellisesti orientoitunut tutkimus on kaiken kaikkiaan jokseenkin vähäistä ja suuri osa geoenergiaa käsittelevästä tieteellisestä julkaisemisesta onkin tapahtunut luonnontieteellisten tekniikkajulkaisuissa. Tyypillisesti näiden julkaisujen artikkeleissa kuvataan koe, jonka tavoitteena on geoenergiajärjestelmän tai sen osan energiantuotanto-ominaisuuksien kuvaaminen tietyissä olosuhteissa. Tavanomaisessa teknisesti orientoituneessa artikkelissa voidaan käsitellä esimerkiksi järjestelmän kykyä tuottaa lämmitys- ja viilennysenergian tarve jossain kohteessa (ks. esim. Yu, Wang & Zhai 2011), järjestelmän jonkin osan, kuten lämpökaivojen, ominaisuuksia (ks. esim. Lamarche 2011) tai maahan sijoitetun lämmönkeruupiirin vaikutuksia pohjaveteen (ks. esim. Hähnlein et al. 2013). Tapaustutkimuksia geoenergian hyödyntämisestä erilaisissa kiinteistökohteissa on myös laajalti saatavilla (ks. esim. HP Best Practice Database).

Teknisten tarkastelujen ohella – joskin niitä huomattavasti vähäisemmässä mittassa – geoenergiaa on tieteellisissä julkaisuissa tarkasteltu myös kuvaamalla geoenergiälaitteistojen asennusmäärien kehitystä, hyödyntämispotentiaalia sekä

hyödyntämisen esteitä ja edellytyksiä eri maissa (ks. esim. Sanner, Karytsas, Mendrinós & Rybach 2003; Michopoulos, Papakostas & Kyriakis 2011; Hähnlein, Bayer & Blum 2010; Geng et al. 2013; Liao et al. 2016). Tarkastelut ovat lähestymistavaltaan usein varsin rajattuja ja keskittyvät lähinnä kuvaamaan toteutunutta laitteistomäärien kehitystä tai tarkastelemaan hyödyntämispotentiaalia jonkin yhden muuttujan, esimerkiksi geoenergian hyödyntämiseen vaikuttavien lakien tai säädösten näkökulmasta.

Artikkeleissa, joissa yhteiskunnan olosuhteet ja energiamuotojen hyödyntämiskehitystä muovaavat tekijät otetaan laajasti huomioon, näkyy geoenergia tyyppillisesti yhtenä vähäpäästöiseen energiantuotantoon tähtäävän energiapolitiikan toteuttamisen vaihtoehtona. Tavallisimmin tällaisissa teksteissä tarkastellaan useiden eri uusiutuvan energian lähteiden hyödyntämispotentiaalia kiinteistöjen lämmityksessä ja geoenergia huomioidaan yhtenä päästövähennykset mahdollistavana keinona (ks. esim. Seyboth et al. 2008; Jenkins, Tucker & Rawlins 2007; Blum, Campillo, Münch & Köbel 2010 sekä Bayer, Saner, Bolay, Rybach & Blum 2012). Suurimmassa osassa uusiutuvien energialähteiden hyödyntämispotentiaalia rakennuksissa käsittelevistä artikkeleista geoenergiaa ei kuitenkaan huomioida. Kuluttajien energiavalintoja koskevia arvostuksia ja valintapäätöksiä koskevia tekijöitä ja ympäristöystävällisten energiamuotojen diffuusiota rakennuksissa, siten että geoenergia on yhtenä valittavana vaihtoehtona, on tutkittu laajimmin ruotsalaisessa, brittiläisessä ja sveitsiläisessä kontekstissa (Mahapatra & Gustavsson 2008, Mahapatra 2007, Dzebo & Nykvist 2017, Snape et al. 2015, Omar 2008, Kiss, Neij & Jakob 2012). Jossain määrin yllättävänä voi pitää sitä, että koskien Saksaa, jossa erilaisten lämpöpumppujen ja geoenergian hyödyntäminen on lisääntynyt 2000-luvun edetessä nopeasti (Bleicher & Gross 2015, 8), ei vastaavia tutkimuksia ole paljonkaan löydettävissä. Esimerkiksi Henkel (2012) ei erilaisia innovatiivisia vaihtoehtoisia lämmitysratkaisuja käsittelevässä laajahkossa tutkimuksessaan huomii geoenergiaa lainkaan mahdollisena rakennusten lämmittämisessä tulevaisuudessa hyödynnettävänä energialajina. Yksi harvoista löydetyistä geoenergiaa Saksassa käsittelevistä artikkeleista on Bleicher & Gross (2015), jossa käsitellään vaikuttimia geoenergian hyödyntämisen taustalla.

Geoenergian hyödyntämistä ja siihen vaikuttavia tekijöitä suomalaisessa kontekstissa käsittelevien artikkelien määrä on aivan viime vuosina kasvanut selvästi. Geoenergian hyödyntämistä Suomessa tarkastelevia tai aihetta vähintään sivuavia artikkeleita ovat Heiskanen ja Lovio (2010), Heiskanen, Lovio, & Jalas (2011) sekä Heiskanen, Lovio & Louhija (2014), joissa tarkastellaan vähäpäästöisen asumisen kehitysprosessin ominaisuuksia Suomessa. Ruggiero, Varho & Rikkonen (2015) sekä Juntunen ja Hyysalo (2015) ovat tutkineet hajautettujen energiantuotantomuotojen yleistymiseen vaikuttavia tekijöitä. Majuri (2016) on tarkastellut suomalaisten geoenergia-alan toimijoiden näkemyksiä liittyen harjoi-

tetun energiapolitiikan vaikutuksiin geoenergia-alalla. Lisäksi Hyysalo, Juntunen & Freeman (2013, 2013b), Heiskanen, Hyysalo, Jalas, Juntunen & Lovio (2014), Jalas et al. (2017), Hyysalo, Johnson & Juntunen (2017) sekä Hyysalo, Juntunen & Martiskainen (2018) ovat artikkeleissaan käsitelleet geoenergiaa tarkastellessaan uusiutuvan energian tuotantomuotoja, joissa energian loppukäyttäjät ovat tuottaneet laitteistojen tehokkuutta tai käytettävyyttä parantavia innovaatioita. Geoenergian hyödyntämistä Suomessa on käsitelty lisäksi jonkin verran muutamien kotimaisten tutkimuslaitosten tuottamissa tutkimusraporteissa, esimerkiksi VTT:n (Holopainen et al. 2010, Laitinen et al. 2014), Tampereen teknillisen yliopiston (Vilhola & Heijo 2012), Geologian tutkimuskeskuksen (Lauttamäki & Kallio 2013) ja Tekesin julkaisuissa (Tekes 2002, 2012).

Muiden uusiutuvien energiamuotojen kuin geoenergian kohdalla aiempaa, tämän väitöstutkimuksen kysymyksenasettelun kanssa jossain määrin samankaltaista Suomen olosuhteita koskevaa tutkimusta on tehty jonkin verran. Eri uusiutuvien energiamuotojen yleistymisen taustalla Suomessa vaikuttavia tekijöitä on tarkasteltu esimerkiksi tuulivoima-alan toimijoiden näkökulmasta (Varho 2007), selvittämällä bioenergian tuottajien päätöksentekoympäristössä vaikuttavia tekijöitä (Snäkin, Muilu & Pesola 2010), tutkimalla biopolttoaineiden kehityspolkuja (Lovio & Kivimaa 2012) sekä keskittyen liikenteen biopolttoaineiden edistämistoimien ja syöttötariffin vaikutuksiin uusiutuvan energian yleistymisessä (Salo 2014). Laajemmasta, kaikki ympäristöystävälliset teknologiat ja toimintatavat käsittävästä yhteiskunnallisesta näkökulmasta, on tarkasteltu mm. kestävästä kehitystä edistävien toimintatapojen omaksumista suomalaisessa yhteiskunnassa (Mickwitz, Hildén, Seppälä & Melanen 2011), suomalaisen ilmastopolitiikan diskursseja (Tirkkonen 2000), erilaisten uusiutuvien energialähteiden hyödyntämisen ja energiantuotannon mahdollisia tulevaisuuspolkuja (Lund 2007) sekä kestävästä kehitystä tukevien rakennusten lämmittämisen energiapalveluiden ominaisuuksia (Hyytinen & Toivonen 2015). Muiden maiden kuin Suomen osalta muiden uusiutuvien energiamuotojen kehitysmahdollisuuksista ja kehitykseen vaikuttavista yhteiskunnallisista tekijöistä löytyy jo verraten runsaasti tutkimuksia (ks. esim. Shove 1998, Verbong et al. 2008, Ulmanen et al. 2009, Raven & Geels 2010, Henkel 2012, Negro et al. 2012, Verhees et al. 2013¹¹). Geoenergiaa ei muita maita kuin Suomea koskevissa tarkasteluissa tyypillisesti huomioida lainkaan mahdollisten valittavana olevien uusiutuvien energiamuotojen joukossa, joskin Ruotsin kehitystä käsittelevät Dzebo & Nykvist (2014, 2015 & 2017) ovat

¹¹ Kattava ja säännöllisesti päivittyvä lista kestävästä kehityksen toteuttamisen ja edistämisen tapoja eri näkökulmista käsittelevistä julkaisuista on löydettävissä alan tutkijaverkoston verkkosivuilta www.transitionsnetwork.org

tästä loistavia poikkeuksia. Ulkomaita käsittelevissä tutkimuksissa kiinnostavia tämän tutkimuksen kannalta ovat erityisesti käytetyt menetelmät. Menetelmiin liittyviä seikkoja käydään tarkemmin läpi luvussa 2.

2 TEOREETTINEN VIITEKEHYS

Tässä luvussa kuvataan työn teoreettinen tausta, osoitetaan keskeisten hyödynnettävien teoreettisten rakennelmien yhteensopivuus sekä havainnollistetaan niiden välisiä yhteyksiä. Ensinnä luvussa 2.1 taustoitetaan teoreettisen viitekehysten valintaa. Luvussa 2.2 esitellään työn liittyntää yhteiskuntatieteellisen ympäristötutkimuksen perinteeseen. Seuraavissa luvuissa (2.3 ja 2.4) käydään läpi kestävä kehityksen transiititutkimuksen ja erityisesti sosioteknisten transiitioiden monitasomallin keskeisiä piirteitä. Luvussa 2.5 kuvataan tulevaisuudentutkimuksen periaatteita ja hahmotellaan yhtymäkohtia kestävä kehityksen transiititutkimuksen ja tulevaisuudentutkimuksen tutkimusperinteiden välille.

2.1 Tutkimusongelman luonne

Tässä tutkimuksessa tavoitteena on tunnistaa ja kerryttää ymmärrystä geoenergian hyödyntämiseen vaikuttavista tekijöistä pitkän ajan kuluessa. Tutkimuksen tekijän alan yleiseen tuntemukseen, esitutkimusvaiheessa aiheen asiantuntijoiden kanssa käytyihin keskusteluihin ja tehtyihin haastatteluihin perustuvana näkemyksenä on, että käsiteltävän ongelman perusteellinen ymmärtäminen ja tutkimuskysymyksiin vastaaminen edellyttää tarkastelun laajentamista sitä ympäröivään laajempaan sosiotekniseen kokonaisuuteen siten, että huomioiduksi tulevat mm. alan toimijoiden ja toimintaympäristön ominaisuudet sekä näissä tapahtuneet muutokset tarkasteltavana ajanjaksona.

Hyödynnettävää tarkastelunäkökulmaa, jossa kiinnostuksen kohdetta tarkastellaan osana laajempaa kokonaisuutta, nimitetään systeemiseksi näkökulmaksi (Ison 2010). Systeemistä näkökulmaa on hyödynnetty erityisesti yhteiskunnallisissa ympäristötieteissä ja tulevaisuudentutkimuksen piirissä. Systeemisen näkökulman soveltaminen tutkimuksessa on varsin erilaista verrattuna reduktioon pyrkivälle tieteen tekemisen prosessille. Huutoniemi ja Willamo (2014, 27) kuvaavat systeemisen tarkastelun prosessia tutkimuksen keskiössä olevasta ilmiöstä ”ulospäin katsomiseksi”. Tässä tarkastelua laajennetaan kiinnostuksen kohteesta huomioimalla myös sen toimintaympäristössä olevia asioita tai asiakokonaisuuksia. Koska systeemisen näkökulman soveltamisessa kullekin ongelmalle merkityksellinen tarkastelukehikko on jossain määrin kullekin tapaukselle ominainen, ei systeeminen tarkastelu tyypillisesti tuota kohdetta kuvaavia yksiselitteisiä, helposti yleistettäviä ja testattavia malleja, joita voi vaivatta hyödyntää myös mui-

den kuin vain kyseisessä tapauksessa käsitellyn tapauksen tarkastelussa. Systemistä näkökulmaa hyödynnettäessä mallien laatiminen ei tavanomaisesti ole mahdollista tai edes tavoitteena. Onnistuessaan tällaisella tutkimuksella saadaan kuitenkin tuotettua tietoa laaja-alaisista asiakokonaisuuksista sellaisista näkökulmista joiden merkitystä erityiset tieteenalat eivät välttämättä tunnista tai pysty käsittelemään.

Systeemisen näkökulman hyödyntäminen saattaa edellyttää monitieteistä tai tieteidenvälistä tutkimusotetta. Tieteenaloilla voi olla eri tekijöistä johtuvia vahvuus- ja heikkousalueita ja tällöin jonkin laajan kokonaisuuden tasapainoinen käsittely vaatii useiden lähestymisnäkökulmien yhdistämistä. Pohlin (2014, 103) mukaan monitieteisen tutkimuksen ominaisuuksiin kuuluu sen pyrkimys huomioida useita päämääriä yhtäaikaisesti. Laajassa mielessä tieteidenvälisen (transdisciplinäärisen) tutkimuksen tulisi a) ottaa huomioon sekä tieteellisen että eieteellisen, käytännön maailman tietolähteitä b) tasapainotella ja yhdistää näiden erilaisten lähteiden tietoa tasapainoisen kokonaiskuvan muodostamiseksi ja c) tuottaa tuloksia, jotka ovat käyttökelpoisia ja relevantteja käsiteltävän ongelman kannalta d) valitussa kontekstissa. Näiden ominaisuuksien vuoksi monitieteinen tutkimus saattaa näyttää selkeisiin malleihin tottuneesta tutkijasta sekavalta. Haasteena onkin tarkastelun rajaaminen siten, että käsillä olevan ongelman kannalta oleelliset ympäröivän järjestelmän osat ja niiden vaikutukset tulevat huomioiduksi vähemmän merkityksellisten jäädessä tarkastelun ulkopuolelle. Rajaaminen on aina jossain määrin tutkijan subjektiiviseen näkemykseen perustuvaa (Huutoniemi ja Willamo 2014, 23) ja perusteet tehdyille valinnoille tulee aina esittää selkeästi. Rajauksen tekemiseen voi vaikuttaa myös kulloinkin tekeillä olevan tutkimuksen mitta; esimerkiksi väitöskirjassa sovellettava rajaus on väistämättä kapeampi kuin samaa aihetta tarkastelevassa tutkimusohjelmassa olisi. Systeemisellä tarkastelunäkökulmalla ei siis ehkä tässä saavuteta täydellistä kattavuutta tarkasteltavasta aiheesta, mutta verrattuna siihen, että kysymystä käsiteltäisiin ainoastaan yhden erityistieteen näkökulmasta, voidaan näin toimien käsiteltävästä aiheesta kuitenkin saada esiin jotain oleellista joka muilla tavoin toteutettuna voisi jäädä tavoittamatta.

Tämän tutkimuksen kiinnostuksen kohteena on yhden kiinteistöjen lämmittämisessä hyödynnettävän energiantuotantotavan, geoenergian, yleistymisen kehityspolun ominaisuuksien tarkastelu. Geoenergia on aiheena kiinnostava, koska sen hyödyntämisen kannalta keskeiset teknologiset ratkaisut ovat olleet kypsiä jo jonkin aikaa, tuotetun energian hinta on kilpailukykyinen ja tuotettu energia on suhteessa moniin muihin energiantuotantotapoihin vähäpäästöistä. Hyvistä ominaisuuksista huolimatta maa- ja kalliolämmön hyödyntäminen ei saavuttanut laajaa suosiota Suomessa ennen 2000-luvun alkua. Geoenergian yleistyminen Suomessa ei ole suinkaan ainoa esimerkki teknologiasta, joka ei hyvistä ominaisuuksista

sistaan huolimatta ole onnistunut lyömään nopeasti läpi markkinoilla. Läheskään aina toimivaksi todettu tai hinnaltaan kilpailukykyinen uusi ympäristön kannalta aiempaa suotuisampi toimintatapa ei menesty markkinoilla (ks. esim. Geels 2002, 1258 ja Guy & Shove 2002, 8-10). Tämän huomion ja yhteiskuntien kasvavan ympäristöstävällisen teknologian hyödyntämispaineen myötä yhteiskuntatieteissä on 2000-luvulla noussut suuntauksia, joissa teknis-taloudellisesti orientoituneita teknologian yleistymisen tarkastelutapoja on pyritty rikastamaan huomioimalla aiempaa laajempi muuttujajoukko ja tarkastelemaan yksittäisiä teknologioita tai joukkoa teknologioita osana laajempaa sosioteknistä systeemiä. Vastauksen löytäminen aiemmin esitettyihin tutkimuskysymyksiin edellyttää useiden näkökulmien yhdistämistä ja sellaisten muuttujien tarkastelua, jotka suorasti tai epäsuorasti vaikuttavat toimijoiden päätöksiin energijärjestelmää valitessa. Seuraavaksi esitellään lähestymistapoja ja käsitteitä joihin työssä sovellettava tarkastelutapa voidaan liittää ja jotka vaikuttavat tutkimuksen taustalla.

2.2 Yhteiskuntatieteellinen ympäristötutkimus

Tämän väitöskirjatyön laajana viitekehyksenä on yhteiskuntatieteellinen ympäristötutkimus. Käsiteltävän aiheen linkki ympäristöön syntyy energiakysymyksen keskeisellä roolilla osana ympäristökysymystä ja yhteiskuntatieteellisen ympäristöntutkimuksen perinnettä (ks. Massa 1998). Pyrkimys kasvattaa uusiutuvien energialähteiden osuutta energiantuotannossa tarjoaa uskottavan osaratkaisun fossiilisten energialähteiden hyödyntämisestä aiheutuville ympäristöongelmille. Yhteiskuntatieteellinen ympäristötutkimus sopii viitekehykseksi myös koska väitöskirjan tarkastelutapa, ts. jonkin kestävästä kehitystä tukevan toimintatavan tai teknologian kehityksen tarkastelu vasten laajaa yhteiskunnallisten tekijöiden joukkoa, on tämän suuntauksen piirissä yleisesti sovellettu tapa käsitellä kestävästä kehityksen edistymiseen vaikuttavia ongelmakokonaisuuksia.

Yhteiskuntatieteellinen ympäristötutkimus ei ole eheä koulukunta, vaan paremminkin monitieteinen kattokäsite, jossa käsiteltävä ongelma määrittää kulloinkin käyttökelpoiset tutkimuksenteon teoreettiset ja menetelmälliset valinnat. Yhteiskuntatieteellisen ympäristötutkimuksen piirissä voidaan tarkastella mm. ympäristökonfliktien rakentumista, ympäristön tilaan vaikuttavien teknologioiden kehitystä sekä ympäristökysymyksen hallintaa ja sen näkymistä ihmisten arjessa, elämäntavoissa ja yhteiskuntien kulttuurissa. Yhteiskuntatieteellisen ympäristötutkimuksen monipuolinen ongelmakenttä selittää alalla hyödynnettävien erilaisten teorioiden ja käsitteiden runsautta. Eri taustoista alalle tulevat tutkijat muodostavat alan käsitteistöä itselleen tutuimman oppiaineen taustoista ammentaen. Paljolti samansisältöisiä teemoja voitaisiin esimerkiksi kansantaloustieteessä tarkastella evolutionaarisen (ks. Nelson & Nelson 2002) ja institutionaalisen

(ks. Hodgson 1998) taloustieteen välinein taikka sosiologiassa käyttämällä prosessien jäljittämisen (ks. Bennett & Checkel 2012, Bengtsson & Ruonavaara 2011), innovaatioiden diffuusioteorian (ks. Rogers 1995), instituutioita käsittelevän organisaatioteorian (ks. Powell & DiMaggio 1991) tai ympäristönhallinnan teorioiden (Sairinen 2009) tarjoamia käsitteitä. Humanistisen tieteiden alueella vastaavia teemoja on käsitelty ympäristöhistorian ja tekniikan historian tutkimuksen piirissä (ks. esim. Juuti 2001, Nygård 2004, Sørensen 1991, Bijker et al. 2012).

Yhteiskuntatieteellisen ympäristöntutkimuksen ajattelumalleista hallitsevimpiä ovat viime vuosikymmeninä olleet erilaiset ekomodernisaatioteoriat. Ekologinen modernisaatio kuvaa jälkiteollisen yhteiskunnan tuotantorakenteisiin pureutuvaa kehitystä, jossa pyritään eliminoimaan ympäristölle haitalliset päästöt kokonaan, ei vain puhdistamaan niitä sen jälkeen kun ne ovat tuotannon sivutuotteena syntyneet. Ekologinen modernisaatio pohjautuu näkemykselle, että uhkaava ympäristökriisi voidaan välttää jatkamalla ja syventämällä modernin yhteiskunnan kehitystä ottamalla käyttöön sosiaalisia ja teknisiä innovaatioita. Ekologinen modernisaatioteoria näkee markkinoiden ja niillä toimivien yritysten olevan keskeisiä toimijoita ympäristökriisin ratkaisemisessa (Tirkkonen 2000, 28–31). Valtion roolista markkinoiden pelisääntöjen määrittäjänä on teorian suuntausten piirissä erilaisia näkemyksiä. Toiset suuntaukset näkevät valtion aktiivisen roolin vihreän teollisuuspolitiikan edistäjänä keskeisenä, toiset pitävät valtion interventioita taas tehokkaan modernisaation esteinä (Spaargaren 2000, 46–50).

Teknistaloudellisten tekijöiden ohella ekologisen modernisaatioteorian soveltamisen ominaispiirteitä ovat markkinoiden dynamiikan sekä erilaisten toimijoiden (mm. innovoijat, yrittäjät, julkinen valta ja kansalaisjärjestöt) merkityksen huomioiminen. Mikään yksittäinen tekijä yksinään ei selitä tai tuota tarvittavaa ympäristöreformia vaan muutos ja sen tutkiminen edellyttää erilaisten toisistaan riippuvaisten teknisten, sosioekonomisten ja poliittis-kulttuuristen tekijöiden huomioimista. Samoin institutionaaliset tekijät ja kulttuurinen dynamiikka ovat merkittäviä (Ylönen & Litmanen 2010, 66–68). Ekologinen modernisaatio on luonteeltaan positiivinen suhteessa mahdollisuuksiin ratkaista teollistuneen yhteiskunnan luontosuhteen ongelmat. On tosin olemassa myös modernisaation katkosta ennakoiva koulukunta, joka ei usko havaittujen ongelmien korjaamiseen nykyisen yhteiskuntarakenteen puitteissa vaan näkee että luontosuhteen korjaaminen edellyttää suuria yhteiskunnallisia rakennemuutoksia (Massa 2009,10). Modernisaation kykyyn ratkaista aiheuttamia ympäristöongelmia ilman suuria yhteiskunnallisia tai asenteellisia muutoksia skeptisesti suhtautuvia lähestymistä-

poja kutsutaan myös syväekologisiksi¹² tarkastelutavoiksi (Næss 1973 sekä Geels, Hekkert & Jacobsson 2008, 523). Näissä tarkastelutavoissa nähdään tarpeellisena, että yhteiskuntien toiminnan taustarakenne, jota teollistuneissa yhteiskunnissa ohjaa toimijoiden taloudellinen rationaliteetti, korvautuu ekologisella rationaliteetilla tai lomittuu olennaiseksi osaksi sitä (Spaargaren 2000, 55–56).

Ekologisessa modernisaatioteoriassa on elementtejä, jotka liittävät teorian maailmankuvan ja sovellusalan tämän väitöskirjatyön tutkimusaiheeseen. Ekologista modernisaatiota ei kuitenkaan hyödynnetä keskeisenä teoreettisena viitekehystenä tämän tutkimuksen taustalla. Tärkeimpinä syinä tähän ovat tarkastelutaso, jolla ekologinen modernisaatioteoria operoi sekä teorian vahva linkki tarkasteltavan ilmiön ja ympäristövaikutusten välillä. Teoria kohdistuu modernien teollisuusyhteiskuntien ja luonnon kantokyvyn välisen suhteen tarkasteluun ja selittämiseen sekä mahdollisuuksiin ratkoa yhteiskuntien tasapainoa uhkaavia ympäristöongelmia. Tämä väitöskirjatutkimus kohdistuu huomattavasti rajatumpaan aiheeseen kuin mitä ekologisessa modernisaatioteoriassa tavallisesti tarkastellaan; yhden teknologian toteutuneen ja odotettavissa olevien mahdollisten kehityspolkujen tutkimiseen. Lisäksi linkki ekologisessa modernisaatioteoriassa keskeisiin ekologian teemoihin on melko heikko, sillä geoenegian hyödyntämisen ympäristövaikutukset eivät ole toteutettavassa tarkastelussa keskeisessä asemassa. Käsillä olevan tutkimusaiheen osalta ekologinen modernisaatioteoria jää tarkastellessaan yhteiskuntien tasolla tapahtuvia muutoksia melko etäiseksi ja ekologisen modernisaatioteorian operationalisoiminen tämän tutkimuksen keskiössä olevien kysymysten vastaamiseksi vaikuttaisi hieman keinotekoiselta

Ekologista modernisaatiota voinee luonnehtia yhteiskunnallista ympäristötutkimuksessa vallitsevana (tai vallinneena) diskurssina, jossa tarkastellaan kuinka teolliset ja jälkiteolliset yhteiskunnat hakeutuvat (tai eivät hakeudu) kestäväen kehityksen uralle. Tämä diskurssi on osaltaan luonut perustaa tässä tutkimuksessa keskeisenä teoreettisena taustana hyödynnettävälle kestäväen kehityksen transiititutkimukselle. Tällä suuntauksella on sukulaisuutta ekologisen modernisaation kanssa (Grin, Rotmans & Schot 2011, 320–337; Huber 2008, 362) mutta se pureutuu ekologista modernisaatiota konkreettisemmin havaitun ja tavoitteena olevan kehityksen dynamiikkaan mahdollistaen yksittäisten teknologioiden tai toimintojen tarkastelun osana laajempaa muutosta.

¹² Eng. deep ecology

2.3 Kestävän kehityksen transiitiotutkimus (sustainability transition studies)

Yhteiskunnallisen ympäristötutkimuksen piiriin kuuluvista teoreettisista viitekehysistä tämä väitöskirjatutkimus nojaa vahvimmin kestävän kehityksen transiitiotutkimukseen¹³. Tämä on uudehko, viimeisten 15–20 vuoden aikana erityisesti alankomaalaisten tutkijoiden työn tuloksena voimakkaasti kehittynyt tutkimussuuntaus, jonka tavoitteena on kehittää käsitteitä ja teorioita, jotka lisäävät ymmärrystä yhteiskuntien muutosprosesseista (Loorbach 2007, 17, STRN 2010, 4). Kestävän kehityksen transiitiotutkimuksen piirissä pyritään tunnistamaan tekijöitä, jotka vaikuttavat yhteiskuntien muutoksessa ja näin kirkastamaan kuvaa siitä millaisessa toimintaympäristössä kestävä kehitys toteuttavat teknologiat tai toimenpiteet tulevat (tai eivät tule) käyttöönotetuksi. Tarkastaessa jonkin kiinnostuksen kohteena olevan toimintatavan tai teknologian ominaisuuksia, pyritään kestävän kehityksen transiitiotutkimuksessa huomioimaan laajasti se valintaympäristö, jossa uusi teknologia tai toimintatapa joutuu hakemaan paikkansa muiden samaa tarvetta täyttävien ratkaisujen kanssa.

Kestävän kehityksen transiitiotutkimusta luonnehtivia tekijöitä ovat näkemys siitä, että yhteiskunnissa tapahtuvat muutokset – ja kestävään kehitykseen liittyen erityisesti muutoksen hitaus – ovat seurausta usean tekijän yhteisvaikutuksesta ja että muutoksen ymmärtämiseksi ja hallitsemiseksi on tehtävissä tarkasteluissa sovellettava systeemistä näkökulmaa. Lisäksi suuntauksen piirissä tehtäviä tarkasteluja yhdistävinä tekijöinä voidaan nähdä käsiteltävien systeemien avoimuus suhteessa ympäristöönsä, toimintaympäristössä tapahtuvien muutosten heijastuminen tarkasteltavaan systeemiin ja usein epälineaarisenä toteutuvat kehityspotit (Loorbach 2007, 17).

Etenkin teknologisten ratkaisujen ollessa kyseessä syy sille että uusi, aiempaa ympäristöystävällisempi teknologia ei tule käyttöönotetuksi johtuu harvoin tiedon tai osaamisen puutteesta. Useammin kysymys on siitä, että vakiintuneilla sosioteknisillä järjestelmillä on taipumus muuttua varsin hitaasti ja tyypillisesti vähittäisten muutosten myötä (Raven & Geels 2010, 87). Laajat ja nopeasti tapahtuvat muutokset sosioteknisissä järjestelmissä ovat hankalia toteuttaa, koska järjestelmien kehitykseen vaikuttavat useat tekijät ja vaikuttimet, jotka ovat usein vahvasti kytköksissä tiettyjen teknologioiden hyödyntämiseen. Vallalla oleva sosiotekninen rakenne on riippuvaista aiemmasta kehityksestä. Tämä rakenne voi olla jossain määrin lukkiutunut aiemmin toimineisiin, mutta sittemmin uusien

¹³ Eng. sustainability transition studies tai sustainability transitions

olosuhteiden näkökulmasta tehottomiin ratkaisuihin. Kehitystä, jonka tuloksena tehottomat teknologiat pitävät asemansa ja markkinaprosessi ei tuota lopputulosta, jossa uudet ja tehokkaammat tulisivat käyttöön otetuksi, kutsutaan yleisesti polkuriippuvaiseksi (Tiberius 2011, 10). Erilaisia kehitykseen ja sen hitauteen vaikuttavia tahoja ovat toimijat (yksilöt, yritykset, organisaatiot, ym.), instituutiot (yhteiskunnalliset ja tekniset normit, säännöt, toimintatavat, vakiintuneet uskomukset, ym.), rakennettu infrastruktuuri ja ylläpitoverkostot, vakiintuneessa asemassa markkinoilla olevien yritysten markkinavoima ja niiden tuotannon suuruuden ekonomia sekä toimijoille aiempien toimintatapojen käyttökokemuksista kertynyt tieto (Geels 2002, 1258, Markard et al. 2012, 956 sekä STRN 2010,4).

Yhteiskuntien kestävyysongelman ratkaisussa varsinainen haaste on siinä miten kestävä innovaatio saadaan menestymään oloissa, joita dominoivat vuosikymmenten kuluessa kypsyneet standardit, teknologiat ja toimintatavat (Raven & Geels 2010, 87–88). Lisäksi kestävä kehityksen edistämiseksi on usein kyettävä perustelemaan ja toteuttamaan toimenpiteitä, jotka tuottavat tuloksia usein vasta pitkän ajan kuluessa oloissa, joissa useiden yhteiskunnan toimijoiden huomio on lyhyen aikavälin menestyksen varmistamisessa (Markard, Raven & Truffer 2012, 955 ja Farla, Markard, Raven & Coenen 2012, 991). Kestävä kehityksen transiitiotutkimuksen näkökulma täydentää aiempia, jokseenkin teknisiä tapoja tarkastella sitä, miksi kestävä kehitystä toteuttavat teknologiat tai toimintatavat yleistyvät niin hitaasti. Tällaisten toisiaan vahvistavia pysyvyyttä ylläpitäviä tekijöiden joukkoa kutsutaan kestävä kehityksen transiitiotutkimuksessa regiimiksi (ibid.).

Kestävä kehityksen transiitiotutkimusta tehdään erilaisilla lähtöoletuksilla ja tutkimuksellisilla painotuksilla riippuen siitä mitä tutkimuksella tavoitellaan. Markard et al. (2012, 955) tunnistavat tutkimusperinteen sisällä neljä keskeistä pitkäkestoisen sosioteknisen muutoksen tarkastelutapaa. Nämä eniten huomiota saaneet ja pisimmälle kehitellyt tarkastelutavat ovat nimeltään *Transition Management* (TM), *Strategic niche management* (SNM), *Technological innovation systems* (TIS) ja *Multi-level perspective on (socio-technical) transitions* (MLP)¹⁴. Muita kestävä kehityksen edistymisen tarkastelussa yllä mainittuja aikaisemmin kehitettyjä mutta uusimmissa julkaisuissa vähäisemmässä määrin huomioituja tarkastelutapoja ovat esimerkiksi kaksi innovaatiojärjestelmien tutkimuksen lähestymistapaa: *Innovation systems* (IS) (Hekkert, Suurs, Negro, Kuhlmann & Smits 2007) ja *Systems of innovation* (SI) (Edquist 2005, 181–208) sekä *Arenas of development* (Jørgensen 2012). On huomioitava, että tässä yhteydessä tekno-

¹⁴ Termeille ei tiettävästi ole suomenkielisessä tutkimuskirjallisuudessa vakiintuneita vastineita

logioiden käyttöönottoa käsittelevässä kirjallisuudessa toistuvaa termiä ”innovaatiojärjestelmä” ei tule ymmärtää tietoisesti suunniteltuna rakenteena, joka on suunniteltu tietynlaiseksi ja pystytetty tarkoituksena tuottaa uusia innovaatioita. Paremminkin kysymys on jollekin paikalle ja ajalle ominaisesta yhteiskuntajärjestyksen, toimijoiden ja instituutioiden yhdistelmästä, joka suoraan tai epäsuorasti vaikuttaa innovaatioiden syntyymiseen (Hekkert et. al. 2007, 144).

Kaikki yllämainitut lähestymistavat pyrkivät selittämään kehitystä yhdistelmällä eri yhteiskuntatieteellisillä tieteenaloilla sovellettavia teorioita, oletuksia ja havaintoja yhteiskunnan eri tasoilla toimivien osapuolten vaikuttimista ja markkinoiden toiminnasta. Tarkastelukehikoita yhdistää pyrkimys ymmärtää tuotannon ja kulutuksen prosessien muotoutumista laajasti sekä määrittellä keinoja vaikuttaa prosessien muotoutumiseen siten, että yhteiskuntien pitkän aikavälin kestävyys ei vaarannu. Kukin tapa korostaa sille ominaisesti joidenkin prosessien ja toimijoiden merkitystä toisten jäädessä taka-alalle. Tärkeimpiä mainittuja lähestymistapoja toisistaan erottavia tekijöitä ovat niissä sovellettu teoreettinen tausta, tehtävän tutkimuksen tarkoitus – erityisesti koskien sitä onko tavoitteena pyrkiä lisäämään ymmärrystä kehityksen ominaisuuksista vai myös vaikuttaa kehitykseen – sekä kehityksen tarkastelun tavat käsittäen oleellimmat huomioitavat tarkastelun kohteet ja toimijat (Genus & Coles 2008, 1437, Lovio & Kivimaa 2012, 778, Markard et al. 2012, 956–959, Safarzyńska, Frenken & van den Bergh 2012, 1013–1014). Seuraavassa tarkastellaan lyhyesti neljän oleellisimmaksi tunnistetun (Markard et al. 2012) kestävä kehityksen transitiotutkimuksen lähestymistavan keskeisiä piirteitä.

Transition management (TM, suomeksi transition tai transitioiden hallinta) pyrkii tunnistamaan ja suuntaamaan yhteiskunnan tai jonkin sen osa-alueen kehitystä siten, että kestävät toimintatavat tulevat käyttöön otetuiksi tai vähintään että esteet kestävä kehityksen toteutumiselle on mahdollisimman pitkälle poistettu. Lähestymistapa on kehitetty tutkimukseen pohjaavaksi politiikanteon apuvälineeksi ja esimerkiksi Hollannissa sitä onkin käytetty ympäristöpolitiikan muotoilemisen työkaluna (Rotmans, Kemp & van Asselt 2001, 26–29). TM käsittää kiinnostuksen kohteena olevan aiheen systeemisen analyysin, mutta oleellisesti sen erottaa muista muutoksen tarkastelun tavoista sen aktiivinen, toivottavan tulevaisuuden tekemisen pyrkimys jossa pyritään vaikuttamaan yhteiskunnan rakenteiden ja niiden muodostamien systeemien kehitykseen pitkällä, useiden vuosikymmenten perspektiivillä (McGrail 2012).

TM-lähestymistavan tarve pohjaa ajatukselle, että nykyisen yhteiskuntajärjestelmän piirissä tehtävässä päätöksenteossa ei pystytä yleensä riittävästi ottamaan huomioon yhteiskunnan kompleksisuutta ja näin tehtävillä päätöksillä ei pystytä tekemään ratkaisuja, jotka tuottaisivat kestävä kehityksen vaatimuksen mukaisia tuloksia. Tämä koskee myös sellaisia päätöksiä, joiden pyrkimyksenä on kehityk-

sen suuntaaminen kestäväan suuntaan. Hyvää tarkoittavat toimet voivat olla vain pieniä muutoksia nykyiseen tapaan toimia. Tällöin oleelliset systeemiset ongelmat ja lukkiumat aiemmin noudatettuihin, usein kestävyuden kannalta ongelmallisiin toimintatapoihin kuitenkin pysyvät piilossa ja muuttumattomana. TM nojaa kompleksisuusteorian, sosiologian ja hallintotieteen aloilla kehitettyihin näkökulmiin ja käsitteisiin (Loorbach 2007, 26). TM näkee keskeisenä uusien teknologioiden synnyttämisen ja niiden käyttöönoton tukemisen. Sellaisten toimijoiden rooli, joilla on omalla toiminnallaan mahdollisuus vaikuttaa prosesseihin ja näin edesauttaa kestävien toimintatapojen toteutumista, korostuu. TM ei täysin sovellu tässä tutkimuksessa käytettäväksi, sillä tämän tutkimuksen kontekstissa ei voi erottaa toimijaa joka hallitsee muutosta ja pyrkii viemään geoenergian hyödyntämistä eteenpäin. Jos joku toimija pitäisi tällaiseen tässä tutkimuksessa asemaan nimetä, olisi se ehkä valtio tai EU ja geoenergia olisi vain yksi tapa toteuttaa uusiutuvaan energiaan nojaavaa energiareformia. Tämän tutkimuksen kiinnostus on tyypillistä TM:n soveltamiskohdetta rajatumpi eikä tavoitteena ei ole määrittellä saati käynnistää jotain toivottavaa tulevaisuutta tuottavia muutoksia, näin TM:n soveltaminen ei tule tässä kysymykseen.

Strategic niche management (SNM, suomeksi ehkäpä strateginen idulla olevien teknologioiden hallinta) on tarkastelutapa, jossa korostetaan tarvetta tunnistaa, hoivata ja kehityksen alkuvaiheessa tukea uusien teknologioiden kehittämistä ja diffuusiota (Hoogma et al. 2002, 29–35; 180–204). Tausta-ajatuksena on, että kestäväan kehityksen toteutuminen edellyttää radikaaleja innovaatioita, jotka ovat selvästi nykyisistä, ympäristön kannalta haitallisista teknologisista ratkaisuista ja toimintatavoista eroavia. Tällaisia radikaaleja innovaatioita voi syntyä kokeilevan, usein aluksi pienimuotoisen tutkimus- ja kehitystyön tuloksena markkinapaineilta suojatussa toimintaympäristössä. Suojattu tila on tarpeen, sillä kehitteillä olevat innovaatiot ovat harvoin heti valmiita menestymään kilpailussa markkinoilla hallitsevassa asemassa olevaa, samaa tarvetta täyttävää teknologiaa vastaan. SNM korostaa tarvetta tukea olosuhteita, joissa tällaisia radikaaleja, kestäväää kehitystä toteuttavia innovaatioita voi syntyä ja joissa syntyneet innovaatiot voisivat menestyä markkinoilla (Loorbach 2007, 17–22). SNM kiinnittää erityistä huomiota siihen valintaympäristöön, jossa jokin teknologia pyrkii menestymään. Oleellista on kyetä ymmärtämään pysyvyyttä ja muutosta tuottavia tekijöitä laajassa sosioteknisessä ympäristössä (Hoogma et al. 2002, 1-11; 180–204). SNM-lähestymistavan tarkasteluissa keskeisinä huomioitavina tekijöinä ovat teknologian kehitystä ja käyttöä tukevien toimijaverkostojen muotoutuminen, erilaiset oppimisprosessit, sekä kehitystä koskevien odotusten muodostaminen.

Perinteisistä tieteenaloista SNM pohjaa vahvimmin sosiologiaan ja evolutionaariseen taloustieteeseen (Schot & Geels 2008, 538–539; Geels et al. 2008, 530). Samoin kuin TM, myös SNM on kehitetty kestäväää kehitystä toteuttavan

politiikan toteuttamisen apuvälineeksi, mutta sitä voidaan hyödyntää myös tutkittaessa jokin teknologian tai toiminnon kehittymisen edellytyksiä (Raven 2005, 25). Pyrkimys kehityksen hallintaan ja ohjaamiseen toivottavana pidettyyn suuntaan tarkoittaa, että SNM pitää sisällään aktiivisen tulevaisuuden tekemisen komponentin (ibid.). Näin se ei tässä perusmuodossaan sovellu tässä tutkimuksessa hyödynnettäväksi teoreettiseksi taustaksi. SNM keskittyy tämän tutkimuksen tarpeisiin liiaksi tarkastelemaan vakiintuneita toimintatapoja radikaalisti haastavia tapoja ja teknologioita erityisesti kehitysvaiheessa, jossa uudet tavat ovat vielä kehittymättömiä menestyäkseen markkinoilla. Näin uusien teknologioiden ja toimintatapojen mahdollisuudet osana aiempaa struktuuria samoin kuin markkinoille murtautumisen jälkeiset kehitysvaiheet jäävät vähemmälle huomiolle. Lisäksi pitkän aikavälin tarkastelu geoenergian kaltaisessa tapauksessa, jossa teknologia lyö lopulta läpi ja vieläpä ilman suuria tukia tai muita toimenpiteitä – kuten geoenergian kohdalla Suomessa on tapahtunut – on SNM-tarkastelulle jokseenkin vieras¹⁵.

Technological innovation systems (TIS, suomeksi teknologiset innovaatiojärjestelmät) tarkastelee ensisijaisesti uusien teknologioiden ja toimintatapojen syntyä sekä tekijöitä, jotka ympäröivässä yhteiskunnassa vaikuttavat näiden käyttöönottoon. Tarkastelutapa pohjautuu paljolti jonkin teknologian kehittämisen ja käyttöönoton rakenteellisten komponenttien selvittämiseen sekä näiden komponenttien muutoksen yhteisvaikutuksena muovautuvan kehityksen kuvaamiseen. Tyypillisesti perustavina komponentteina tarkastellaan toimijoita ja markkinoita, verkostoja ja instituutioita (Jacobsson & Johnson 2000, 631) sekä teknologioita (Suurs et al. 2010). Keskeisten rakenneosien tultua määritellyksi TIS-analyysin seuraavassa vaiheessa jäljitetään tyypillisesti innovaatiojärjestelmän toimintoja, jotka vaikuttavat muutokseen (Hekkert et al. 2007). TIS huomioi myös määritellyä innovaatiojärjestelmää ympäröivän kokonaisuuden liittämällä tarkasteluun sen kuinka erilaiset yhteiskuntien ominaispiirteet vaikuttavat tunnistettuihin komponentteihin ja miten nämä vaikutukset näkyvät tarkastelun kohteena olevan teknologian yleistymisessä. Teoreettisesti TIS pohjaa paljolti tuotantotalouden ja teknologiajohtamisen piirissä kehitettyihin teoriapohjaan ja käsitteistöön (Lovio & Kivimaa 2012, 776).

TIS on omiaan tarkasteltaessa jonkin tekniikan tai toimintatavan hyödyntämisen kehityspolun alkuvaiheita, kehitysedellytyksiä ja tapoja, joilla alkuvaiheen kehitystä ja murtautumista laajemmille markkinoille voisi edesauttaa. Varsinai-

¹⁵ Luvussa 2.4.2 palataan vielä SNM-tarkastelun piirissä kehitettyihin näkemyksiin uusien innovatioiden menestymisen edellytyksistä.

sen massamarkkinoille murtautumisen dynamiikan ja siellä pysymisen tutkimisessa se ei kuitenkaan ole erityisen vahvoilla (Smith & Raven 2012, 1029). Kyp-sän teknologian pitkän aikavälin kehityksen tutkimisessä ei TIS-lähestymistapaa ole juurikaan hyödynnetty. Alkuvaiheen menestymiseen vaikuttavat tekijät ja pidemmän aikavälin suosiota ylläpitävät syyt voivat olla luonteeltaan hyvinkin erilaisia ja olosuhteiden muuttuessa ajan kuluessa jopa innovaation menestynyttä läpimurtoa seuraava suosion menettäminen on mahdollista. TIS näyttäytyy jokseenkin jäykkänä sovellettavana ja lienee jossain määrin rajoittunut sikäli, että se vaikuttaisi pohjaavan melko staattiseen maailmankuvaan jossa tietyt innovaatiojärjestelmän ominaisuudet selittävät jonkin teknologian menestyksen tai menestymättömyyden. Analyysi keskittyy erityisesti tarkastelemaan innovaatiojärjestelmän muutosta jättäen laajemman kontekstin tai toimintaympäristön, jossa tarkasteltava innovaatio pyrkii menestymään, muutoksen tavat ja syyt vähemmäl-le huomiolle (ibid., Markard & Truffer 2008, 610). Jos tässä työssä keskityttäisiin tutkimaan ainoastaan geoenergian menestystekijöitä 2000-luvulla, olisi TIS eh-käpä sopivin valinta hyödynnettäväksi tarkastelukehikoksi. Kun kuitenkin tavoitteena on luoda katsaus pitkän aikavälin kehitykseen huomioiden laajasti kehityk-sen muotoutumiseen vaikuttaneita tekijöitä, ei TIS vaikuta olevan täysin soveltu-va tämän työn tarpeisiin.

Multi-level perspective on socio-technical transitions (MLP, suomeksi moni-tasoinen näkökulma sosioteknisten muutosten tarkasteluun) on synteesi useista näkemyksistä ja lähestymistavoista, joita kestävän kehityksen transitioiden tut-kimuksessa on sovellettu (ks. Rip & Kemp 1998, Kemp, Schot & Hoogma 1998; Geels 2002). MLP on systeemimalli siitä, kuinka eritasoiset tekijät vaikuttavat jonkin tarkastelun keskiössä olevan aiheen kehitykseen pitkän aikavälin kuluessa. Siinä missä muut yllä esitellyt tarkastelutavat ovat paljolti kestävän ympäristö-tai innovaatiopolitiikan toteuttamisen työkaluja, on MLP perusolemukseltaan jonkin toimintatavan tai teknologian kehitystä, siinä vaikuttavia voimia ja niiden vuorovaikutusta kuvaava kehys, josta perusmuodossaan puuttuu tarpeellisina pi-dettävien, tulevaisuudessa tapahtuvien kestävää kehitystä jouduttavien poliittisten interventioiden laadun ja ajoituksen määrittely.

Koska geoenergian hyödyntämisen lisäämistä tavoittelevien politiikkatoimien määrittely ei ole tämän työn aiheena, sopii MLP:n lähestymistapa käytettäväksi tässä työssä. Avoimena kehiksenä, joka korostaa ajan myötä tapahtuvaa muutos-ta ja mahdollistaa monipuolisten muuttujien (kuten eksogeeniset shokit) huomi-oimisen, MLP käy myös hyvin sovitettavaksi yhteen tulevaisuudentutkimuksen maailmankuvan ja menetelmien kanssa¹⁶. MLP on alun perin kehitetty yhtä tek-

¹⁶ Ks. luku 2.5

nologiaa tai toimintatapaa laajempien teemojen transitioiden kuvaamiseen, mutta kehystä on hyödynnetty myös spesifien teknologisten ratkaisujen hyödyntämisen kehittymistä kuvattaessa (esim. Van Bree et al. 2010; Falde & Eklund 2015; Geels et al. 2016). Hyödynnettäessä MLP:tä tapauksissa, joissa kiinnostuksen kohteena on jokin yksittäinen teknologia, on tarkasteluihin sisällytettävä myös laajemman toimintaympäristön analyysi. Toimintaympäristön huomioiminen tarjoaa taustan, jota vasten yksittäisen teknologian kehitystä voi tutkia. MLP:n erityinen ansio tämän tutkimuksen kannalta on sen sovelluksissa kehitellyt mahdollisten kehityspolkujen tyypittelyt ja kehityksen muutosdynamiikan tarkastelut (ks. Smith, Stirling & Berkhout 2005, Geels & Schot 2007 sekä Geels & Schot 2011). Empiirisissä MLP:tä hyödyntäneissä tutkimuksissa tunnistetut kehityspolut luovat hyvän perustan pitkän aikavälin kehityksen ymmärtämiselle ja tulevan kehityksen hahmottamiselle. Näitä kehityspolkuja samoin kuin muitakin MLP:n ominaisuuksia ja teoreettista perustaa käydään tarkemmin läpi seuraavassa alaluvussa.

2.4 **Monitasoinen näkökulma sosioteknisten muutosten tarkasteluun (MLP)**

Tässä luvussa keskitytään erityisesti tutkimuksen keskeisen teoreettisen raamin ominaisuuksien esittelyyn. Ensimmäisessä kolmessa alaluvussa kuvataan tapaa, jolla MLP pyrkii kuvaamaan ja selittämään kehitystä. Neljännessä alaluvussa esitellään tätä tarkastelutapaa kohtaan esitettyä kritiikkiä.

2.4.1 *Yleistä MLP:stä*

Kestävän kehityksen transitiotutkimuksen piirissä kehitetyistä tarkastelukehyksistä tässä työssä nojaututaan vahvimmin MLP-malliin. MLP:n tavoitteena on havainnollistaa ja selittää prosessia, jossa toimijoiden, resurssien, instituutioiden ja sääntöjen erilaiset konfiguraatiot eri aikoina ja vaihtelevissa olosuhteissa tuottavat yhtäältä pysyvyyttä ja toisaalta luovat muutospaineita ja avaavat mahdollisuuksia muutokseen. Muutokseen vaikuttavien rakenteiden ohella kiinnostuksen kohteena ovat eritasoisten ilmiöiden väliset yhteydet, palautemekanismit ja kehityksen epäjatkuvuuskohdat. Kestävän kehityksen kontekstissa MLP:tä voidaan käyttää havainnollistamaan muutosta ekosysteemin kantokyvyn näkökulmasta kestävämmästä järjestelmästä kohti aiempaa paremmin kestävästä kehitystä toteuttavaa systeemiä. Tavallisimmin MLP:tä on hyödynnetty sosioteknisen muutoksen tarkastelussa esitettäessä kuinka jokin toiminnan sektori, ympäristöystävällinen teknologia tai toimintatapa pyrkii menestymään ja yleistymään oloissa,

joita leimaa kehityksen polkuriippuvuus ja kulloinkin käytössä olevien ratkaisujen dominanssi ja pysyvyys. MLP:tä hyödyntäen tässä väitöskirjatyössä muodostetaan kuvaus geoenergian yleistymisen ja mahdollisten tulevien kehityskulkujen muutoksen prosessista osana suomalaisen energiajärjestelmän kehitystä keskittyen erityisesti kiinteistöjen lämmittämiseen liittyviin teemoihin. MLP-kehityksen mahdollistaman monipuolisen tarkasteluotteen ohella sen hyödyntämistä tässä työssä tukee MLP:n laaja hyödyntäminen energia-alan transiitioita tarkastelevassa tieteellisessä kirjallisuudessa.

Monitasoisen näkökulman perustavana ajatuksena on, että jonkin teknologisen ratkaisun hyödyntämisen tai uuden toimintatavan kehitystä ei voi ymmärtää tarkastelemalla ainoastaan kyseisen ratkaisun ominaisuuksia. Tarkastelun tulee käsitellä aihetta ympäröivä sosiotekninen järjestelmä, jossa innovaatio pyrkii menestymään (Verbong & Geels 2007, 1035). Sosiotekniset järjestelmät koostuvat erilaisista toimijoista ja toimijaverkostoista (yksilöt, yritykset sekä erilaiset organisaatiot), instituutioista (yhteiskunnalliset ja tekniset normit, säännökset, standardit ja vakiintuneet toimintatavat) sekä fyysisestä ja henkisestä pääomasta (Markard et al. 2012, 956). Muutos tapahtuu (tai jää tapahtumatta) näiden sosioteknisen systeemin osasten moninaisen vuorovaikutuksen tuloksena.

Teoreettisesti MLP nojaa vahvimmin tieteen- ja teknologiantutkimuksessa, evolutionaarisessa taloustieteessä sekä sosiologiassa (rakenteistumisteoria) kehitettyyn teoriapohjaan (Geels & Schot 2011, 18). MLP:ssä eri teoreettisten lähestymistapojen elementtejä on pyritty yhdistelemään soveltuvasti siten, että yhden teorian heikkouksia muutoksen selittämisessä paikataan toisen lähestymistavan vahvuuksilla. Esimerkiksi evolutionaarisen taloustieteen vahvuus on pitkän aikavälin makrotason tarkasteluissa, kehityspolkujen jäljittämisen ja toimintaa koordinoivien aktiviteettien määrittelyssä, mutta se on ontologisesti jokseenkin mekanistinen ylikorostaen taloudellisten prosessien ja mekanismien roolia kehityksen selittäjänä. Rakenteistumisteoria korostaa kuinka toimijat ovat kiinni yhteiskunnan kollektiivisesti määrittelemissä säännöissä, tavoissa ja uskomuksissa ja kuinka toimijat toisaalta muokkaavat näitä, mutta on jokseenkin heikko yhteiskunnan materiaalien aspektien ja eri toimijoiden keskinäisten yhteyksien huomioimisessa. Yllä mainituilla teorioilla on kuitenkin omat vahvuusalueensa lähestyessään kehityksen ominaisuuksia eri suunnista. Yhdessä sovellettuna nämä lähestymistavat tuottavat monipuolisen pohjan pitkällä aikavälillä tapahtuvan kehityksen ymmärtämiseen ja selittämiseen. (Geels & Schot 2011, 29–53)

MLP-kehikon idea tiivistyy myöhemmin esitettävässä kuvassa 10. Kuvassa havainnollistuu lähestymistavan kolme keskeistä ulottuvuutta; niche, regiimi ja landscape, joista käsin kehitykseen vaikuttavia tekijöitä lähestytään. Nämä kolme tarkastelutasoa eroavat toisistaan laajuudeltaan, vakaudeltaan, sisäiseltä koordi-

naatioltaan ja rakenteiltaan. Tarkastelutasot on MLP-malliin lainattu jo aiemmin mainitun SNM-tarkastelutavan piiristä (Hoogma et al. 2002, 13–28).

2.4.2 *MLP:n tarkastelutasot: niche, regiimi ja landscape*

Tarkastelussa hyödynnettävistä ulottuvuuksista ensimmäistä kuvataan ekologian ja evoluutiobiologian aloilta lainatulla termillä *niche*¹⁷. Tämä tarkastelutaso käsittelee välittömiltä markkinapaineilta suojatun toimintaympäristön, joka mahdollistaa erilaiset kokeilut ja radikaalien innovaatioiden synnyn. Tällaiset suojatut olosuhteet voivat olla tulosta tutkimus- tai tuotekehityshankkeesta taikka toiminnasta jollain vähän kilpailulla markkina-alueella. Niche-tasolla tyypillisesti innovoijista ja yrittäjistä koostuvat sosiaaliset verkostot ovat usein melko suppeita ja epävakaita, esim. toiminnasta luopumisen kynnyks on pieni. Tällaisissa oloissa toimijoilta vaaditaan paljon aktiivisuutta nichen ylläpitämiseksi. Niche-olosuhteiden ominaisuuksia ja prosesseja, jotka luonnehtivat tällä analyttisellä tasolla tapahtuvaa toimintaa, on tarkasteltu yksityiskohtaisesti edellä mainitun SNM-tarkastelutavan piirissä.

Niche-tason toiminnalle ominaisia aktiviteetteja ovat:

- 1) kehitteillä olevan alan toimijoiden sosiaalisten verkostojen rakentuminen. Näissä verkostoissa jaetaan tietoa, ylläpidetään ja kehitetään innovaatioita.
- 2) Erilaiset oppimisprosessit, joiden myötä kehitteillä olevien innovaatioiden toiminnallisuuksia parannellaan ja rakennetaan innovaation ympärille sen vaatimia sosioteknisiä rakenteita.
- 3) Omaa alaa tai kehitteillä olevien innovaatioita koskevien odotusten ja visioiden artikulointi ja yhdenmukaistaminen toimijoiden kesken. Tämä edesauttaa osaamisen kerryttämisessä ja tuotekehitysrahoituksen hankinnassa. (Verbong & Geels 2007, 1026)

Ajan myötä niche-tasolla kehiteltävät innovaatiot joko kuihtuvat tai kypsyvät. Geels ja Schot (2011, 54) ehdottavat muutamia tekijöitä, joiden perustella voi päätellä nichessä kypsyneen innovaation olevan lähellä laajempaa läpimurtoa markkinoille. Näitä ovat toimijaverkostojen muuttuminen vakaiksi, oppimisprosessien kohdistuminen yhden vallitsevan ratkaisun ominaisuuksien kehittämiseen, hinta/suorituskyky-suhteen havaittu ja odotettavissa oleva paraneminen sekä

¹⁷ Suom. ekologinen lokero

kyseessä olevan innovaation hyödyntämisen suosio rajatuilla markkina-alueilla siten, että sen markkinaosuus näiden alueiden vastaavaa tarvetta täyttävien ratkaisujen joukossa on yli 5 %.

Tarve suojatulle kehitysympäristölle ja innovaation laajempaa käyttöönottoa jouduttaville tukitoimille voi vaihdella riippuen tarkastelun kohteena olevan tapauksen kehitysvaiheesta ja suhteesta ympäristöönsä. Smith & Raven (2012) ovat esittäneet kolme erilaista nichen ominaisuutta, jotka voidaan ymmärtää myös erilaisiksi uuden innovaation kehitysvaiheiksi: suojatun tilan rakentaminen (*shielding*), kehittäminen (*nurturing*) ja nichen tukeminen laajemman hyödyntämisen mahdollistamiseksi (*empowerment*). Ensimmäisessä vaiheessa innovaatiota kehitellään tai edistetään markkinapaineilta suojatussa tilassa. Tämä voi tarkoittaa innovaation kehittelyä jossain hyvin spesifissä käyttötarkoituksessa tai -kohteessa taikka joillain hyvin rajatuilla markkinoilla. Toisessa vaiheessa keskeisiä toimia ovat aiemmin mainittujen niche-toiminnalle ominaisten aktiviteettien tukeminen ja jouduttaminen eri tavoin. Viimeisessä vaiheessa huomio on toimissa, jotka varmistavat sen, että innovaatio on kilpailukykyinen ilman erityisiä tukitoimia. Tämä voi tapahtua joko siten, että innovaatio on muovautunut yhteensopivaksi vakiintuneen regiimikokonaisuuden kanssa tai siten, että nichessä kehitelty innovaatio tai sitä ympäröineen suojatun tilan käytänteet ovat muokanneet regiimin sääntöjä siten, että regiimi on aiempaa vastaanottavaisempi uudelle toimintatavalle.

Nichen edistämisen voidaan katsoa olevan aktiivista tai passiivista. Aktiivisissa edistämistoimissa julkiset tai yksityiset tahot muokkaavat joko olemassa olevaa toimintaympäristöä tai niche-toimijoiden toimintaedellytyksiä strategisten tavoitteidensa edistämiseksi siten, että suojattu tila muodostuu. Passiivisessa edistämisessä kysymys on niche-toimijoiden kyvystä hyödyntää vallitsevien markkinoiden tarjoamia tilaisuuksia uusien innovaatioiden kehittelylle. Tällaisia tilaisuuksia voivat olla esimerkiksi jotkin rajatut markkina-alueet, joilla innovaatio on kilpailukykyinen (Smith & Raven 2012, 1025–1027; 1033).

MLP-tarkastelun välitasoa kutsutaan evolutionaarisen taloustieteen ja teknologian historian ja sosiologian tutkimuserinteistä poimitulla termillä sosiotekninen *regiimi*. Tämä on taso, joka käsittää vallitsevan sosioteknisen rakenteen; olemassa olevan infrastruktuurin, dominoivien teknologioiden ominaisuudet, tuotantoteknologiat, keskeiset toimijat sekä sääntöjen ja yleisesti hyväksytyjen toimintatapojen joukon (Rip & Kemp 1998, 338; Hoogma et al. 2002, 19; Holtz et al. 2008 ja Geels 2011, 27). Alempaan nichetasoon verrattuna regiimitason toiminta on pysyvämpää ja ennustettavampaa. Regiimin eri toimijoita (näitä kuvassa 10 ovat käyttäjät, tiede, kulttuuri, teknologiat, politiikka ja teollisuus) yhdistävät sosiaaliset verkostot ovat laajempia ja säännöt, markkinat, infrastruktuuri ym. rakenteelliset tekijät ovat vakaita (Geels & Schot 2011, 22). Geels (2004, 910)

tunnistaa regiimitasolla kolmenlaisia sääntökategorioita: kognitiivisia (esim. uskomukset ja tietämys) regulatorisia (esim. säädökset ja lait) ja normatiivisia (esim. jaetut arvot ja käyttäytymisnormit). Nämä erilaiset säännöt yhdessä regiimin toimintaan liittyvän fyysisen infrastruktuurin kanssa tuottavat pysyvyyttä sosiotekniseen järjestelmään määritellessään oleellisia ongelmia ja sitä millaisia ratkaisuja näihin ongelmiin kulloinkin pidetään käyttökelpoisimpana (ja mitä jätetään ottamatta käyttöön). Regiimin sisällä tapahtuu jatkuvasti muutoksia, mutta nämä muutokset ovat tyypillisesti regiimin toimijoiden piirissä muotoutuneihin käytänteisiin sopivia vähäisiä parannuksia.

Geels (2011, 26–27) näkee regiimin olevan eri MLP-tarkastelun ulottuvuuksista keskeisin, koska tämä on analyysitaso, jolla oleellisten muutosten tulee tapahtua jotta transitio aiemmin vallinneesta järjestyksestä uuteen on mahdollinen. Muut tarkastelutasot, *niche* ja *landscape*, ovat tietyllä tavalla regiimin määrittelystä johdettuja. Uudet *niche*-teknologiat ja toimintatavat haastavat vallalla olevia (regiimitasolla olevia) käytänteitä, ulkopuolinen toimintaympäristö (*landscape*) taas vaikuttaa regiimin vakauteen sekä siihen millaista vaihdantaa *niche*- ja regiimitasojen välillä tapahtuu.

MLP-tarkastelun ylintä ulottuvuutta kutsutaan kirjallisuudessa termillä *landscape*. Tämä käsittää tarkasteltavan aiheen taustalla vaikuttavan eksogeenisen sosioteknisen toimintaympäristön, eräänlaisen taustamaiseman johon yhteiskunnan yksittäiset toimijat eivät voi lyhyellä aikavälillä vaikuttaa. Välittömien toimenpiteiden ulottumattomissa olevat tekijät raamittavat kulloinkin vallalla olevan regiimin toimintalogiikkaa ja nopeasti kehittyvien shokkien tapauksessa voivat pakottaa vakiintuneet regiimitoimijat muuttamaan käsityksiään käyttökelpoisimmista toimintatavoista ja näin avata mahdollisuuksia *niche*-innovaatioiden menestykselle. Eksogeenisen toimintaympäristön muutoksia voidaan arvioida painottamalla erilaisia tekijöitä. Tarkasteltaessa *landscape*-tasolta välittyvää vaikutusta sen muutosnopeuden ja siten sen regiimille aiheuttamien muutosten luonteen suhteen kyseessä voi olla:

- 1) hyvin hitaasti (tai joissain tapauksissa ei lainkaan) muuttuvat tekijät kuten ilmasto
- 2) pitkävaikutteiset yhteiskunnalliset muutokset kuten teollistuminen, yhteiskuntien väestömuutokset tai tieto- ja viestintäteknologian kehitys
- 3) nopeasti kehittyvät shokit kuten sodat tai öljykriisit (Geels & Schot 2011, 24).

Ajan ohella myös muita ulottuvuuksia tulee ottaa huomioon. Suarez ja Oliva (2005, 1022) järjestävät *landscape*-tason muutosvoimia useamman ulottuvuuden mukaan. Nämä ovat:

- 1) taajuus (miten usein kyseessä olevan muutoksen voidaan odottaa jossain aikayksikössä tapahtuvan)
- 2) aiheutuvan muutoksen voimakkuus (kuinka suuria muutoksia havaittu muutos voi aiheuttaa verrattuna lähtötilanteeseen ennen muutosta)
- 3) muutoksen nopeus (miten pikaisesti toimijoiden on muutokseen reagoitava) ja
- 4) vaikutusten laajuus (kuinka suurta toimijajoukkoa yhteiskunnassa muutos koskettaa).

Näiden ulottuvuuksien saamien arvojen (pieni tai suuri) kombinaatiot tuottavat joukon erilaisia toimintaympäristömuutoksen tyyppisiä. Suraz ja Oliva (ibid.) kuvaavat viisi tapausta, jotka on ja nimetty kuvattu taulukossa 2 alla.

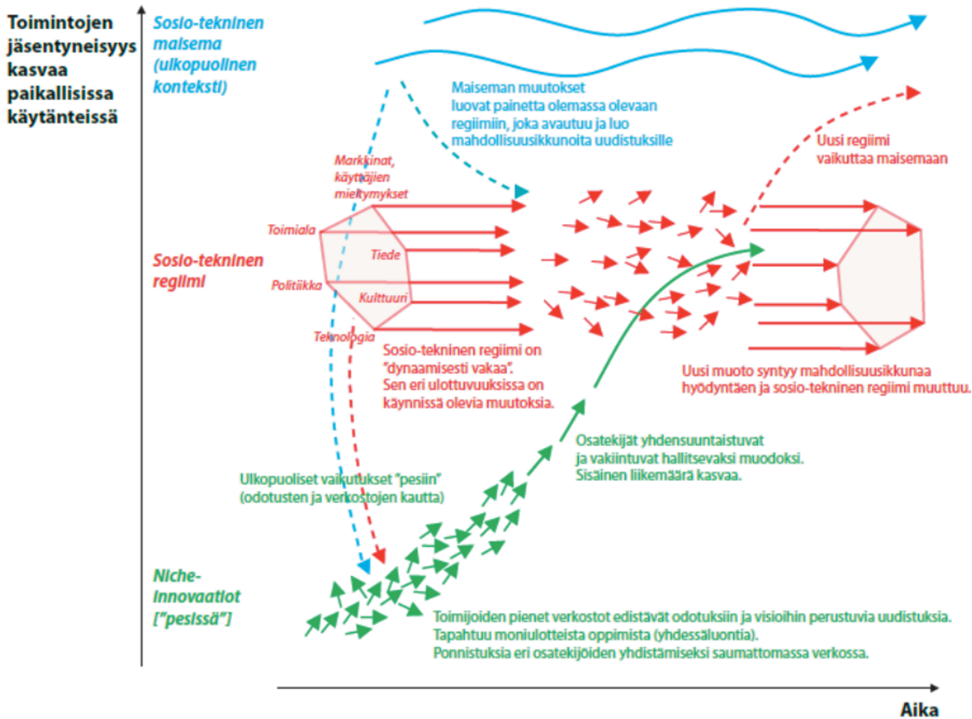
Taulukko 2. Landscape-tason muutoksen ominaisuuksia ja ominaisuuksien yhdistelmästä tehty toimintaympäristömuutosten typologia (Mukaien Suarez ja Oliva 2005, 1022)

Taajuus	Voimakkuus	Muutosnopeus	Vaikutusten laajuus	Toimintaympäristön muutoksen tyyppi
pieni	pieni	pieni	pieni	Tavallinen
suuri	pieni	suuri	pieni	Hyperturbulenssi
pieni	suuri	suuri	pieni	Spesifi shokki
pieni	suuri	pieni	pieni	Disruptiivinen
pieni	suuri	suuri	suuri	Lumivyöry

Alkuperäinen tyypittely on tehty kuvaamaan muutoksia, joita yritysten toimintaympäristössä voi tapahtua eikä ole kaikilta osin sellaisenaan täysin sopiva laajempien yhteiskunnallisten muutosten tarkasteluun. Vakaisissa yhteiskunnissa hyperturbulenssi, jossa ”pelin säännöt” muuttuvat jatkuvasti aiemmasta poikkeaviksi, on jokseenkin epätavallinen tapaus. Kestävän kehityksen transitioiden tarkastelun kannalta mielekkäitä ääritapauksia ovat kehityskulut, jossa kaikki muuttajat saavat arvoksi ”pieni” tai kun kaikki paitsi tapahtumien esiintymistaajuus ovat korkeita. Ensimmäisessä tapauksessa on kysymys ns. tavanomaisesta muutosprosessista, jälkimmäisessä taas on kyseessä lumivyörymäinen muutos (Geels & Schot 2010, 55–56).

2.4.3 Kehitysdynamiikka MLP-mallissa

Yllä kuvaillut MLP:n analyttiset tasot, niche, regiimi ja landscape, eivät ole toisistaan irrallisia vaan kehityksen ymmärtäminen edellyttää kaikkien kolmen tason vuorovaikutuksen huomioimista. Kuva 10 havainnollistaa eri tarkastelutasojen liittymistä toisiinsa ja yleistä mallia siitä kuinka jokin teknologia tai toimintatapa voi kasvaa vähän tunnetusta ja sovelletusta nicheinnovaatiosta laajemmin hyödynnetyksi ratkaisuksi. Kun jokin innovaatio syntyy, on sen ympärillä paljon epävarmuutta ja kehityspolkua leimaa tietynlainen tempoilu. (Tätä kuvaavat pienet erisuuntaiset nuolet nicheinnovaatioiden tasolla.) Innovaation tuleviin hyödyntämismahdollisuuksiin liittyviä signaaleja välittyy landscape- ja regiimitasoilta (ylhäältä alas tulevat nuolet). Näitä signaaleja tulkitaan innovaation ympärillä olevissa verkostoissa ja samalla muodostetaan tulevaisuuskuvia innovaation mahdollisesta tulevaisuuden hyödyntämisestä ja jatkokehittämisestä. Nichetasolla tapahtuvasta toimenpiteiden, tuotteiden ja tuotekonseptien koordinoinnista huolimatta innovaatio ei aina pysty murtautumaan markkinoille. Synä voivat olla kehitysprosessien pitkä kesto, huono sopivuus vallalla olevaan regiimiin tai hallitsevassa markkina-asemassa olevien toimijoiden aktiivinen vastustus. Hyvänkin uuden innovaation voi olla vaikeaa päästä osaksi vakaata regiimiä ja tällöin uusi innovaatio voi jäädä vain pienen piirin hyödyntämäksi tai kuihtua kokonaan pois. Vahvan regiimin uusia innovaatioita hylkivää ominaisuutta havainnollistavat kuviossa 10 regiimitason vasemman reunan yhtenäiset oikealle suuntaavat nuolet.



Kuvio 10. Sosioteknisen muutoksen malli MLP (Mukaiillen lähteestä: Geels & Schot 2007, 401).

Nicheinnovaatioiden laajempi läpimurto regiimiin edellyttää usein ulkopuolelta tulevaa painetta. Kuvassa 10 ylhäältä kaartuvasti regimitasolle ulottuvalla katkoviivalla havainnollistetaan landscape-tasolta tulevaa vaikutusta, joka pakottaa regiimiä uudistumaan. Energialiiketoiminnan kontekstissa tällaisia ylätasolta tulevia vaikuttimia ovat vaatimukset kasvattaa uusiutuvan energian osuutta energiantuotannossa tai vähentää energiantuotannon päästöjä. Regiimissä tapahtuva muutos ei tyypillisesti seuraa välittömästi tai suoraviivaisesti vaan vaikutus välittyy regiimitoimijoiden muuttuvien tulevaisuutta koskevien näkemysten kautta. Näkemyksiä voivat muokata esimerkiksi käsitykset siitä mikä on tulevaisuudessa välttämätöntä, viisasta tai hyvää liiketoimintaa. Landscape-tason vaikutukset voivat luoda jännitettä ja muutospainetta vallalla olevaan regiimiin myös muiden kuin regiimitoimijoiden välityksellä. Esimerkiksi lisääntyvä tieto fossiilisten polttoaineiden kuluttamisen haittapuolista voi aiheuttaa muutoksia energian kuluttajien preferensseissä lisäten uusiutuvan energian kysyntää. Jos regiimitoimijat eivät pysty vastaamaan tähän kasvaneeseen kysyntään, voi uusille, aiemmin regiimin ulkopuolella vaikuttaneille tahoille avautua mahdollisuuksia. Myös regiimin sisällä voi syntyä jännitteitä, jotka avaavat mahdollisuuksia muutokseen vakiintuneen rakenteen sisällä. Syitä voivat olla esimerkiksi toiminnan haitalliset

ulkoisvaikutukset, teknologinen kehitys tai pienenevät tuotot. Kuvassa 10 regiimitasolla kuvan keskellä hajanaisesti asetellut nuolet kuvaavat näitä sisäisiä jännitteitä.

Jos nichetasolla kehittyneet innovaatiot pystyvät vastaamaan uusien olosuhteiden edellyttämiin vaatimuksiin riittävän laadukkaasti ja taloudellisesti, voi niillä regiimin murrosvaiheessa olla tilaisuus murtautua markkinoille ja kilpailla aiempien regiimitoimijoiden tarjoamien ratkaisujen kanssa. Sikäli kun uusi innovaatio eroaa merkittävästi aiemman regiimin ytimenä olleesta tavasta toimia, voi tämä uusi tapa myöhemmin kehittyessään ja yleistyessään tuottaa koko sosioteknisen järjestelmän muutoksen. Kuvan tapauksessa käy näin ja regiimitason oikean reunan yhtenäiset oikealle suuntaavat nuolet osoittavat tätä ajan kuluessa etenevää kehitystä.

Yllä läpikäyty kuvaus on ideaalityyppi yhdestä mahdollisesta kehitysprosessista. Oleellista kuviosta on ymmärtää kehitykseen vaikuttavien tekijöiden monipuolisuus ja kehityksen epälineaarinen luonne. Kehityksen selittämisessä ei ole yleensä mahdollista tunnistaa yhtä syytä tai ajuria vaan havaittu tai ennakoitu kehitys on seurausta useiden tekijöiden useista jokseenkin samanaikaisista ja samansuuntaisista toimista. Oleellista MLP-kehikkoa sovellettaessa on tunnistaa kullakin tasolla tutkimuksen aiheen kannalta tärkeimmät muuttajat ja toimijat ja niiden välillä tapahtuva vuorovaikutus. Tätä kautta MLP-tarkastelu voi paljastaa ne mekanismit joiden myötä muutoksia tarkastelun kohteessa, tässä tapauksessa kiinteistöjen energiahuollossa tapahtuu.

Yllä esitellyssä kuvassa 10 havainnollistui yksi mahdollinen kehityskulku, jossa innovaatio syntyi nichessä, murtautui regiimiin ja lopulta muokkasi aiemmin vallalla ollutta tapaa toimia. Erilaisia mahdollisia kehityskulkuja on toki muitakin. Tyypittelyjä erilaisista todetuista ja mahdollisista kehityspoluista voidaan tehdä kehityksen erilaisia ominaisuuksia painottaen. MLP-kirjallisuudessa vaikiintunut tapa on tarkastella ja luokitella erilaisia kehityksen tyyppejä kolmen keskeisen kriteerin kautta (Geels & Schot 2011, 54):

- 1) eri tarkastelutasojen välisen vuorovaikutuksen ajoitus
- 2) tarkastelutasojen välisen vuorovaikutuksen luonne ja
- 3) landscape-tason muutoksen tyyppi.

Tämän kriteeristön kautta empiirinen tutkimus on tuottanut muutamia hypoteeseja erilaisista kehityspolkujen tyypeistä (Smith, Stirling & Berkhout 2005, 1498–1502, Geels & Schot 2007 ja Geels & Schot 2011, 57–79, Geels et al 2016). Alla esitetään kirjallisuudesta poimittuja esimerkkejä erilaisista kehityspoluista, keskeisen lähteen ollessa Geels & Schot 2011. Esimerkeistä huomataan,

että näissä usein siteeratuissa tapauksissa tarkastellut kehityskulut eivät suinkaan aina kuvaa kestävään kehitykseen johtavaa muutosta. Syynä sille, että taajaan siteeratut esimerkit historiallisista kehityskuluista eivät tyypillisesti johda luonnon kantokyvyn kannalta suotuisiin lopputuloksiin, voi olla ettei esimerkkejä pitkäkestoisista kestävästä kehitystä tuottavista prosesseista juurikaan ole. Kestävälle kehitykselle vastakkaisesta kehityksestä taas esimerkkejä on aiempien vuosikymmenten kehityksestä eri aiheista saatavilla runsaasti. Vaikka suurin osa siteeratuista esimerkeistä ei tuotakaan kestävästä kehitystä, ovat esimerkit mielekkäitä lisätessään tietoa transitioiden yleisestä luonteesta. Erilaisten kehityspolkujen ominaisuuksien yleinen tuntemus on edellytys sille, että niihin pystytään jatkossa vaikuttamaan siten, että yhteiskuntien eri osa-alueilla päästään kestäväan kehityksen uralle.

Uusintamisprosessi (*reproduction process*)

Kehityspoluista ensimmäinen, niin sanottu nollatapaus, on tilanne, jossa ulkopuolista landscape-tasolta tulevaa muutospainetta ei ole. Tällöin regiimi säilyy vakaana ja mahdolliset sovellettavia käytänteitä ja teknologioita koskevat muutokset tapahtuvat regiimin oman sisäisen logiikan mukaan siten, että muutokset palvelevat paljolti vakiintuneiden toimijoiden tavoitteita. Tällaista kehitystä voidaan kutsua myös polkuriippuvaiseksi.

Muuntautumispolku (*transformation pathway*)

Tässä kehityspolussa vähäinen landscape-tason paine aiheuttaa regiimitoimijoille tarpeen muuttaa aiempia toimintatapoja. Ominaista tälle polulle on, että landscape-tason muutokset aiheuttavat muutospainetta ainoastaan siinä tapauksessa, että regiimitoimijat kokevat ne sellaisiksi. Tämän kehityspolun tapauksessa niche-tasolla ei ole muutospaineen voimistuessa valmiita ratkaisuja jotka vastaisivat suoraan uusiin tarpeisiin. Tämä antaa vallitsevalle regiimille mahdollisuuden reagoida ja suunnata alan kehitystä siten, että kehitettävät ratkaisut vastaavat ilmenneisiin haasteisiin säilyttäen aiemman regiimin aseman. Regiimitoimijoiden omaksumat uudet ratkaisut voivat suhteessa aiempaan toimintatapaan olla luonteeltaan joko vähäisiä tai radikaaleja (Geels et al. 2016, 898). Vaikka regiimitoimijat ovat avainasemassa muutospaineiden tunnistamisessa, voi regiimin ulkopuolisten, nicheissä toimivien tahojen merkitys voi olla suuri ongelmien tai niiden ratkaisujen esilletuojina. Nämä voivat kiinnittää regiimitoimijoiden huomiota johonkin merkitykseltään nousevaan asiaan tai tuottaa kokeiluillaan esimerkkejä tavoista hallita muutosta. Yksi esimerkki toimintatavasta, jossa regiimitoimijat ovat poimineet signaaleja omien vakiintuneiden toimintatapojen ulkopuolelta ja sulauttaneet uusia elementtejä omaan toimintaansa, on luomuruuan tulo osaksi suurten ruokatavarakauppojen valikoimia (Smith 2007, 442). Toinen, kauempaa historiasta poimittu esimerkki on jätevesien käsittelyjärjestelmien

rakentaminen eurooppalaisiin ja pohjoisamerikkalaisiin kaupunkeihin 1800-luvun puolesta välistä alkaen. Tässä lääketieteen asiantuntijoiden havainnot aiemman lähinnä avoviemäreihin perustuvan järjestelmän haitallisista terveysvaikutuksista toimivat keskeisenä muutospaineena. Muutoksen kannalta oleellisia tekijöitä olivat vähittäiset muutokset regiimin säännöissä kuten demokratiakehitys sekä käsitys julkisen vallan tehtävistä kaupunkien hallinnassa. Näiden muutosten myötä kaikkien kaupunkilaisten kokemien ongelmien ratkaiseminen tuli aiempaa voimakkaammin hallinnon ratkaistavaksi. Taloudellinen ja tekninen kehitys olivat myös tärkeässä roolissa kehityksen tukemisessa (Geels & Schot 2011, 58–62).

Uudelleenjärjestäytymispolku (*de-alignment and re-alignment pathway*)

Tämän kehityspolun tapauksessa suuret ja nopeasti tapahtuvat landscape-tason muutokset muuttavat regiimin aiemman toimintalogiikan kyseenalaiseksi. Aiemmat regiimitoimijat eivät pysty uusissa oloissa koordinoimaan toimintaansa uusien olojen vaatimien kehityspanosten suuntaamiseksi. Jos näissä oloissa nicheratkaisuista mikään ei kuitenkaan ole täysin kypsä markkinoille (selkeää substituuttia aiemman regiimin aikana sovelletuille ratkaisuille ei ole), kilpailevat useat nichestä nousevat ratkaisut keskenään ja lopulta niistä jokin vakiintuu vallitsevaksi toimintatavaksi. Kirjallisuudessa käytetty esimerkki (Geels & Schot 2011, 63–68) tällaisesta kehityspolusta on Yhdysvaltalaisten kaupunkien henkilöliikenteessä käytettyjen liikennevälineiden kehitys hevosvetoisista vankkureista lopulta yksityisautoiluvaltaiseen liikennejärjestelmään. Tässä kaupunkialueiden voimakkaasta kasvusta aiheutunut liikkumistarpeiden lisääntyminen sekä kasvava huoli kaupunkien hygieniasta pakotti etsimään vaihtoehtoja hevosten käytölle. Esimerkeissä tarkastelluissa kaupungeissa sähköinen raideliikenne kasvatti ensin nopeasti suosiotaan, mutta lopulta yksityisautoilu vakiintui vallitsevaksi liikku- mismuodoksi syrjäyttäen melko nopeasti erilaiset julkisen liikenteen ratkaisut. Muutos hevosiin nojaavasta liikennejärjestelmästä yksityisautoihin vei noin 40–50 vuotta.

Korvaantumispolku (*technological substitution pathway*)

Tässä tapauksessa suuret landscape-tason muutokset, jotka voivat olla luonteeltaan spesifejä shokkeja, lumivyörymäisiä muutoksia tai disruptiivisia muutoksia, aiheuttavat muutospainetta regiimille. Nicheissä kehitellyistä ratkaisuista jokin tai jotkin erottautuvat uusissa olosuhteissa hyvin toimiviksi ja ovat kypsiä markkinoille. Regiimitoimijat pyrkivät vastaavaan uuteen kilpailuun parantelemaan aiempia tuotteitaan ja palveluitaan pitäytyen kuitenkin oleellisesti aiemmin hyviksi havaituissa ratkaisuissa. Olosuhteiden muuttuessa uudet innovaatiot korvaavat näihin oloihin paremmin soveltuvina aiemman regiimin teknologiat ja toimintatavat ja vakiintuvat käyttöön. Lopulta uusien innovaatioiden, toimijoiden

ja toimintatapojen myötä aiemman regiimin toimintalogiikka ja mahdollisesti myös toimijajoukko muuttuu aiemmasta. Tällainen kehityskulku (ylimmän landscape-tason kehityksen ollessa luonteeltaan disruptiivinen tai lumivyörymäinen) havainnollistettiin aiemmin kuvassa 10. Myös regiimin keskeisissä toimijoissa voi tapahtua suuria muutoksia. Esimerkkeinä kuvatun kaltaisesta kehityspolusta ovat rahtiliikenteen muutos purjelaivoista höyrykonetta voimanlähteenään käyttävien laivojen aikakauteen (Geels & Shot 2011, 68–71) tai kamerateknologian muutos filmikameroista digitaalisiin. Myös journalismissa tapahtunut muutos Internetin ja sen myötä syntyneiden verkkoviestinnän käytänteiden myötä voidaan katsoa yhdeksi tapaukseksi tästä kehityspolun tyypistä.

Uudelleenasettautumispolku (*reconfiguration pathway*)

Tässä kehityspolussa vallitseva regiimi hyödyntää nicheissä kehittyviä innovaatioita kyetäkseen ratkaisemaan regiimissä havaittuja ongelmia. Ajan myötä omaksutut uudet toimintatavat ja kumuloituvat tietotaito muokkaavat regiimissä yleisesti noudatettavia sääntöjä ja käytänteitä vaikuttaen regiimin toimintalogiikkaan siten, että se on aiempaa paremmin muuttuneen toimintaympäristön oloihin vastaavaa (tämä muutos erottaa tämän polun aiemmin käsitellystä muuntautumispolusta, jossa regiimi pysyi oleellisilta ominaisuuksiltaan muuttumattomana). Osana muutosta voi regiimi- ja nichetoimijoiden kesken syntyä yhteistyötä, jonka myötä alan toimijajoukko monipuolistuu käsittämään aiempaa useampia toimijoita (Geels et al. 2016, 899). Esimerkki tästä kehityspolusta on tehdastuotannossa noin 1850–1930 tapahtunut muutos erä- tai kappaletuotannosta modernin massa-tuotannon aikaan (Geels & Schot 2011, 73–76). Pankkitoiminnassa digitalisaation myötä 1960-luvulta alkaen tapahtuneen muutoksen voidaan myös nähdä olevan esimerkki tämän polun mukaisesta kehityskulusta.

Sekoittuvat kehityspolut (*mixing pathways*)

Tyyppitapaus tämän kehityspolun kohdalla on pitkän ajan kuluessa havainnottava ja edetessään voimistuva landscape-tason muutos. Kehityspolun luonne riippuu tavoista, joilla regiimitoimijat reagoivat havaitsemiinsa muutoksiin. Jos regiimi onnistuu hallitsemaan muutoksen, seuraa kehitys alkuvaiheessa muuntautumispolkua. Ulkopuolelta tulevien muospaineiden edelleen voimistuessa kehitys voi kuitenkin muuntua toisenlaisiakin polkuja seuraavaksi, tällöin kysymys voi olla uudelleenasettautumispolun kaltaisesta kehityksestä tai regiimin aiempien toimijoiden menettäessä uskoaan regiimin kykyyn uusiutua ja uusien toimijoiden noustessa kilpailukykyisiksi myös korvaantumispolku. Sekoittuvien kehityspolkujen tapauksessa on hankalaa esittää yleistä mallia mahdollisesta kehityksestä. Oleellista on ymmärtää, että kehitys ei ole determinististä ja että jostain vallalla olevien toimintojen ja sääntöjen konfiguraatiosta toiseen voi edetä erilaisia kehitysvaiheita seuraten.

Se, millaisen kehityspolun voidaan tunnistaa olevan kunakin ajankohtana olevan tapahtuvaa kehitystä parhaiten kuvaava, riippuu yhtäältä tavoista joilla regiimitoimijat ovat kykeneviä vastaamaan toimintaympäristön haasteisiin ja toisaalta siitä miten kehittyneitä niche-tason toimijoiden tuotteet ja palvelut kulloinkin ovat. Erilaisten kehityspolkujen tunnistaminen ja niiden ominaisuuksien määrittely on alue, jossa kestävän kehityksen transitiotutkimuksen parissa on vielä paljon tehtävää. Yllä esitellyt kehityspolut edustavat yksinkertaisimpia laajan muutoksen tyyppisiä. Geels et al. (2016) ovat esittäneet kehityspolkujen dynamiikan tarkasteluun täydennyksiä, jotka huomioivat aiempaa tarkemmin kehitykseen vaikuttavien toimijoiden valintoja ja valintamahdollisuuksia sekä kehityksen epäjatkuvuuksia. Tarkasteluja voisi esitetystä laajentaa edelleen huomioimalla täsmällisemmin mahdollisia regimien sisäisestä kehityksestä syntyjään olevia jakaantumisia (yhdestä regimistä useita erilaisia) tai yhdistymisiä (useasta erillisestä yksi), regimien ja nichejen yhteistyöstä syntyviä uusia tasapainotiloja, useiden eri nicheissä kehittyvien innovaatioiden toisiaan vahvistavia ominaisuuksia tai pyrkimällä paremmin ymmärtämään regiimi- ja niche-tasojen vaikutuksia landscape-tasoon pyrkien pois mallia nyt jossain määrin leimaavasta ”bottom-up” kehitysdynamiikan korostumisesta.

Yllä esitellyt kehityspolut kuvaavat kuinka muutos tapahtuu erilaisten vaikuttimien yhteisvaikutuksesta. Erilaisilla kehityspoluilla voidaan katsoa olevan yhteneväisyyksiä siinä millaisten vaiheiden kautta transiio tapahtuu. Rotmans et al. (2001, 17), Grin et al. (2011, 4–5) ja Geels (2011, 29) esittävät, että transition etenemisessä voidaan erottaa neljä vaihetta:

- 1) kehityksen esivaihe, jossa niche-tason aktiviteetit ovat kehittymässä, mutta jossa muutoksia laajemman vakiintuneen toimintaympäristön (regiimi) dynaamisessa tasapainossa ei ole vielä havaittavissa
- 2) transition käynnistymisvaihe, jossa regiimin aiempi tasapainotila alkaa järkkyyä ja jossa on olemassa tarve uusille ratkaisuille
- 3) uusien toimintatapojen läpimurto- ja kiihdytysvaihe, jossa regiimi alkaa havaittavasti muuttua
- 4) vakiintumisvaihe, jossa uusi dynaaminen tasapainotila on saavutettu.

Eri aiheita tarkasteltaessa ja erilaisissa kehityspoluissa nämä muutoksen vaiheet saavat kulloinkin käsiteltävälle tapaukselle ominaisen muodon. Vaiheet voivat myös olla kestoaltaan hyvinkin eripituisia. Laajat sosiotekniset transitiot ovat usein varsin pitkäkestoisia tapahtumia. Muutos tasapainosta toiseen, jota yllä mainitut vaiheet 1-4 kuvaavat, kestää tyypillisesti vähintään yhden sukupolven (Rotmans et al. 2001, 17).

2.4.4 MLP:n kritiikki

Laajalti käsiteltynä ja sovellettuna tarkastelukehikkona sosioteknisen muutoksen monitasoiseen näkökulmaan (MLP) on kohdistettu myös kritiikkiä. Esitetty kritiikki on kohdistunut voittopuolisesti mallin ontologiseen ja teoreettiseen perustaan sekä sen operationalisointiin tehtäessä tutkimusta käytännössä. Kriitikkojen pääviesti on, että MLP:n tulee kehittyä yhteiskuntien sosiaaliset prosessit, toimijoiden motiivit, toimijaverkostot ja eri aikoina vallitsevat markkinaolosuhteet paremmin huomioivaksi, operationaalisesti läpinäkyvämmäksi ja menetelmäpohjaltaan rikkaammaksi.

MLP:n ontologista perustaa on kritisoitu (Genus & Coles 2008, 1440–1442) mm. puuttuvista tai huonosti tehdyistä määritelmistä. Esimerkiksi keskeistä transition käsitettä ei ole kritiikin mukaan määritely kunnolla; milloin transitio alkaa ja milloin uudet toimintatavat ja käytänteet ovat korvanneen aiemmat sitten että muutoksen yhdestä toimintakulttuurista ja -rakenteesta toiseen voidaan sanoa tapahtuneen? Koska landscape-tasolta välittyvä muutospaine on kyllin suuri jotta regiimi joutuu taipumaan ja kuka tai ketkä tämän muutoksen kokevat (Spinardi & Slayton 2015, 30). Myös mallin taustalla olevan kestävä kehityksen edistämisen pyrkimykseen liittyen on kritisoitu sitä, että MLP:n teoriataustasta puuttuvat kriteerit ja esimerkit kuinka kestävyys kulloinkin kiinnostuksen kohteena olevassa tapauksessa tulisi määritellä (Raven 2015). Lisäksi kriitikoiden mukaan eri analyttisille tasoille kuuluvien muuttujien ja toimintojen määrittely sekä eri tarkastelutasojen käsittely niiden ominaisuuksien muuttuessa ajan kuluessa jättää toivomisen varaa (Berkhout et al. 2004, 54, Markard & Truffer 2008, 605 ja Jørgensen 2012, 999–1000). Jørgensen (2012, 996–1000) näkee MLP:n kolmitasoisien tarkastelun olevan todellisuutta liaksi yksinkertaistava sijoittaessaan eri toimijoita ja toimintoja yhteen lokeroon. Hänen mukaansa todellisuudessa erilaiset toimijat vaikuttavat kehitystä muokkaaviin tekijöihin yhtäaikaisesti mallin kaikilla tasoilla ja aika ajoin vieläpä sääntöjen ja totuttujen käytänteiden vastaisesti. Edellisten ohella myös Smith et al. (2005, 1492) sekä (Spinardi & Slayton 2015, 31) nostavat esiin mallin keskittymisen liaksi rakenteeseen toimijoiden vaikuttimien tarkastelun kustannuksella. Puutteita on toimijoiden ajassa ja asiayhteydessä vaihtuvien roolien ja voimasuhteiden huomioimisessa sekä jonkin tietyn tason toimijoiden näkemysten keskinäisessä vaihtelussa. Berkhout et al. (2004, 54) kritisoivat mallin bottom-up -tyylistä muutoksen perustyyppin selitystä, jossa eritasoisten toimijoiden monipuoliset motiivit ja toimijaverkostojen rakentuminen sekä näiden tekijöiden aikaansaaman muutoksen selittäminen jäävät melko yleiselle tasolle.

Mallin teoriaperustaan voidaan katsoa liittyvän myös mallin testaamiseen ja tätä kautta sen kelvollisuuden kehityksen selittämisessä ja kuvaamisessa liittyvät

seikat. Se, millaisin menetelmin MLP-kehystä hyödyntävissä julkaistuissa tapaus tutkimuksissa hyödynnetty primääridata on kerätty, miten sitä on käsitelty sekä kuinka keskeiseksi tarkastelutasoksi teoriassa tunnistettu regiimi on rajattu, on tyypillisesti esitetty melko ylimalkaisesti. Nämä puutteet herättävät epäilyksen mahdollisista ongelmista mallin soveltamisen systematiikassa erillisten tapaus tutkimuksien välillä. Systematiikan puuttuessa – tai ainakin sen ollessa hankalasti todennettavissa – on MLP:n esittämän teoreettisen rakenteen vastaavuutta empiirisen tutkimuksen kautta saatavaan tietoon siitä kuinka kestävien toimintatapojen yleistyminen tapahtuu, hankalaa arvioida. Myös teorian pohjalta tehtyjä yleistyksiä muutospolkujen arkkityypeistä on kritisoitu. Useissa kritiikkeissä on esitetty, että nämä tyypittelyt sopivat kuvaamaan vain tiettyjä, julkaistujen case tutkimusten tapauksiksi valikoituneita historiallisen (usein teknisen) kehityksen kulkuja, mutta yleispäteviksi kuvauksiksi kestäväen kehityksen toteutumisessa eikä varsinkaan tulevan kehityksen osalta niistä ei ole. Esimerkiksi toimialan ja käsiteltävien teknologioiden kehittymisen ja uudistumisen luonne voi olla pitkää suunnittelua tai suuria investointeja edellyttävä, että MLP:n kuvaama nichestä käynnistyvän laajan muutoksen perustyyppi ei ole tällaisissa tapauksissa uskottava. Näin on esimerkiksi ilmailuun liittyvässä kehityksessä (Spinardi & Slayton 2015). Ankarimman näkemyksen mukaan (Genus & Coles 2008, 1442) MLP näyttäytyy lähinnä tarkasteltavaa ilmiötä etäältä katsovana tarkastelukeyhyksenä, joka sopii muutoksen tarkastelussa vaikuttavien tekijöiden etsimisheuristiikan ja löydettyjen tekijöiden luokittelun apuvälineeksi, mutta kehityksen täsmälliseen kuvaukseen saati ennustamiseen siitä ei ole.

MLP:n operationalisointia koskeva kritiikki on kohdistunut erityisesti mallin yleiseen luonteeseen, sen tiedonkäsitteilyn ja tuottamien tulosten narratiiviseen olemukseen ja eri toimijoiden usein ristiriitaisten preferenssien huomioitta jättämiseen. Lisäksi epäkohtana on nähty toteutettujen tutkimuksien keskittyminen tyypillisesti vain yhden regiimin tarkasteluun, vaikka todellisuudessa useissa ilmiöissä valintatilanteissa vaikuttaa useita toisiinsa lomittuneita regiimejä (Farla et al. 2012, 991). Nojautuminen paljolti historialliseen (sekundääriseen) tietoa-ineistoon ja tutkijan valintojen vaikutus tehtävän analyysin tuloksiin (koskien esimerkiksi millaisia tapauksia tarkastellaan tai tutkimuksissa tarkasteltavien kategorioiden joukkoa) on myös nostettu esiin (Genus & Coles 2008, 1440–1442).

Pääosan MLP:n teoreettisesta taustasta yhdessä useiden kollegoidensa kanssa rakentanut Frank Geels vastasi vuonna 2011 suureen osaan tuohon mennessä esitettyistä kritiikin kohteista. Geelsin (2011, 31–32, 36–38) mukaan se, että regiimitasolle kuuluvia tekijöitä ei ole yleisellä tasolla täsmällisesti määritelty ei ole niinkään puute kuin ominaisuus. Koska tutkimuksenteon aiheet, tavoitteet ja rajaukset eroavat tapauskohtaisesti, heijastuu tämä myös siihen miten niitä tutkitaan. Tutkijan tulee ensin tehdä tutkimusta koskevat rajaukset ja tämän pohjalta

operationalisoida MLP:n tarkastelutasot tutkimuksen kannalta mielekkäästi. Ankarimman näkemyksen, jonka mukaan MLP on lähinnä etsimisheuristiikan apuväline, Geels (2011, 34) kuittaa lähes kohteliaisuutena. Hänen mukaansa MLP on avoimena tarkastelukehikkona uniikki monien muiden kehitystä havainnollistavien mallien joukossa. Toisin kuin täsmällisesti määriteltyjen muuttujien tarkasteluun keskittyvät mallit, siinä pyritään etsimään tarkasteltavaan ilmiöön useilla tasoilla eri tavoin ja ajassa eri mekanismein vaikuttavien tekijöiden yhteisvaikutusta. Täsmällisellä mallilla tällaisia monimutkaisia yhteyksiä on vaikeaa saada näkyviin. Geels jatkaa¹⁸:

”MLP:n kaltaiset tarkastelukehykset eivät ole totuuskoneita, jotka tuottavat oikeat vastaukset kun niihin on syötetty vaadittu data. Sen sijaan ne ovat heuristisia apuvälineitä, jotka ohjaavat tutkijan huomion kohdistumista olennaisiin kysymyksiin ja ongelmiin. Niiden soveltaminen edellyttää tutkijalta sekä tarkastelun kohteena olevan asiakokonaisuuden hyvää ymmärtämistä että herkkyyttä soveltuvien teoreettisten näkökohtien osalta, jotka edesauttavat tutkijaa näkemään kiinnostavia säännönmukaisuuksia ja mekanismeja.”

Geels (2011, 34–35) näkee MLP:n prosessorientoituneena teoriana, joka käsittelee usein uniikkeja tapauksia, joissa tilastoaineistojen kerääminen ja niistä tehtävien analyysien tekeminen on vaikeaa eikä välttämättä ole edes mielekäästä. Johtuen prosessiteorioiden luonteesta, on narratiivinen selittäminen niille tavanomaista. Kun taustanäkemyksenä on, ettei kehitystä pysty typistämään muutamaani muuttujiin ja niiden keskinäisiin vaikutussuhteisiin, edellyttää tulosten kattava kuvailu kehityskulkujen esittämistä eräänlaisena jaksottaisesti etenevänä tarinana. Yhden kritiikin kohteen, jokseenkin heikosti kuvatun metodologisen pohjan, Geels (2011, 36) näkee paremminkin prosessorientoituneen teorian ominaisuutena, joka on seurausta pyrkimyksestä huomioida laajasti erilaisia kehitykseen vaikuttavia tekijöitä. Hän näkee valtavirtayhteiskuntatieteiden painottavan menetelmällisiä tekijöitä samalla ollen ontologisesti jokseenkin yksinkertaisia. Prosessiteorioiden osalta tilanne on päinvastainen, joskaan näin ei hänen mukaansa välttämättä tarvitsisi olla. Eri toimijoiden aktiviteettien, odotusten ym. vaikuttavien tekijöiden merkityksen Geels katsoo olevan olennaisesti mukana MLP:ssä, mutta näiden roolien huomioiminen ei ole aina täydessä mitassa mahdollista, koska MLP on yleistä kehitystä ja sitä muovaavia tekijöitä pitkällä ajanjaksolla tarkasteleva malli. Yksittäisten toimijoiden aikeet, valinnat ja arvostukset välittyvät malliin sosiaalisesti rakentuneiden muutosvoimien välityksellä

¹⁸ Huom. oma käännös

(Geels & Schot 2007, 413–141). Sittenmin (esim. Geels et al. 2016) MLP:tä on jalostettu huomioimaan paremmin yksittäisten toimijoiden motiiveja.

Suuren osan yllä esitetystä, tässä työssä käytettäväksi valittua tarkastelutapaa kohtaan esitetystä kritiikistä voi myös tämän tutkimuksen tekijä allekirjoittaa. Geelsin vastine on vakuuttava siltä osin kuin se perustelee mallin maailmankuvaa ja keskeistä soveltamisen tapaa, mutta toisaalta useita kritiikin kohteita jää vastineessa huomioimatta tai kokonaan ymmärtämättä. Keskeisenä toistuvan arvostelun kohteen, mallin yleisen luonteen, selittyy pyrkimyksellä laatia MLP:stä joustava kehikko, jonka avulla on mahdollista tarkastella monipuolista, ajan myötä muuttuvassa ympäristössä kehittyvää ilmiötä. On selvää, että tällaista tarkastelua on hankalaa toteuttaa teoreettisesti kovin hienostunutta mallia käyttäen tai vain joihinkin tiettyihin menetelmällisiin valintoihin pohjautuen. Ei kuitenkaan ole mitään syytä miksi mallia ei voisi täydentää ottamalla käyttöön erilaisia teoreettisia tai menetelmällisiä välineitä sellaisia aiheiden tarkastelussa, joista teoreettista ymmärrystä tai monipuolista tilastotietoa olisi saatavilla. Nyt MLP näyttäytyy paljolti väljänä kehikkona, jonka sisään tutkijan tulee itse valita sopivimmat menetelmät. Aivan kaikkien kysymysten käsittelyssä näin ei kuitenkaan tarvitsisi olla. Pidemmälle viety systematiikka MLP:n hyödyntämisessä tuottaisi paremmin keskenään vertailukelpoisia tuloksia erilaisista kestäväen kehityksen teemoista ja täten mahdollistaisi syvemmän oppimisen siitä miten kestäväen kehityksen transiitot todella tapahtuvat.

Kuten usein, myös MLP:hen liittyviä kritiikkejä lukiessa ei voi välttyä huomaamasta kuinka esitetty arvostelu on usein esittäjiensä oman taustan leimamaa. Sosiologit arvostelevat teoriaa yhdestä suunnasta, taloustieteilijät toisesta ja maantieteilijät kolmannesta. Eri taustaoletuksilla samaa aihetta – kestäväen kehityksen mukaisten toimintatapojen edistymistä – tarkastelevat tutkijat puhuvat usein toistensa ohi kun näkemykset kehityksen luonteesta ja kehitystä keskeisesti selittävistä mekanismeista eroavat (Garud & Gehman 2012, 980–981). Yhteisymmärrystä siitä, millainen olisi tasapainoinen eri näkökulmia huomioiva kehitystä monipuolisesti kuvaava teoria, lienee hankalaa saavuttaa. Minkä tahansa yhteiskuntatieteellisen (ts. ei-luonnontieteellisen) teorian arvioinnissa pohjimmiltaan kysymys on sitä mitä teorialla tarkoitetaan ja mitä siltä odotetaan. Kaiken kattavaa yhteiskuntatieteellistä teoriaa tuskin pystytään milloinkaan rakentamaan ja sikäli kun näin on, kysymys on mitä tahansa teoriaa sovellettaessa valinnoista aina jostain näkökulmasta puutteellisten teorioiden välillä. MLP on ankarimpien kriitikoidenkin mukaan kiinnostava ja kehityskelpoinen kehitykseen vaikuttavia tekijöitä monipuolisesti kuvaava teoriarakenne, jossa pyritään integroimaan useita erilaisia sosioteknisen kehityksen näkökulmia ja tuomaan tämä monipuolisesti kerätty aineisto jonkin valitun tarkastelunäkökulman tasolle. Se on puutteistaan huolimatta laajasti sovellettu, siteerattu ja runsaasti keskustelua herättänyt

kestävän kehityksen transitiotutkimuksen lähestymistavoista. Lisäksi kyseessä on jatkuvasti kehittyvä teorianakennelma, jossa ymmärryksen kasvaessa kritiikin kohteita pyritään parantamaan. Esimerkki viime vuosina kasvaneesta ymmärryksestä on energia-alan transitioiden ominaisuuksia ja kestoja täsmentävä keskustelu, jota on käyty useissa tieteellisten aikakauslehtien artikkeleissa (ks. Grübler 2012, Sarrica et al. 2016, Fouquet 2016, Sovacool 2016, Grübler et al. 2016, Sovacool & Geels 2016). MLP:n ja siitä polveutuneen tutkimuksen ansioiksi voinee laskea myös kehityspolkujen dynamiikkaa käsittelevän tyypittelyn ja tuomisen kestävän kehityksen transitioiden keskusteluun (esim. Smith, Stirling & Berkhout 2005, 1498–1502, Geels & Schot 2007 ja Geels & Schot 2011).

2.5 Tulevaisuudentutkimus

Yllä mainittujen yhteiskuntien kestävyyttä kokoavien tarkastelukehikkojen teoreettinen kehitys ja niiden puitteissa tapahtunut transitioiden jäljittäminen on toistaiseksi voittopuolisesti keskittynyt historiallisten tapahtumaketjujen tulkitsemiseen (Auvinen et al. 2015,2). Tulevaisuus näkyy kestävän kehityksen transitiotarkasteluissa usein vain epätasällisesti kuvattuna tavoitetilana, jonka saavuttaminen edellyttää muutoksia totuttuihin käytänteisiin. Aktiivisen pyrkimyksen muutokseen sisältävissä tarkastelukehyksissä (aiemmin luvussa 2.3. lyhyesti esiteltyt TM ja SNM sekä niiden käytännölliset sovellukset, ks. Markard et al. 2012, 957) on läsnä vahva tulevaisuusorientaatio joskaan monien julkaistujen artikkeleiden perusteella (esim. Frantzeskaki, Wittmayer & Loorbach 2014, 406–410 ja Loorbach 2010, 172–173) linkkiä akateemiseen tulevaisuudentutkimukseen ei näyttäisi olevan, sillä käytettyjen menetelmien joukossa ei tavallisesti mainita nimeltä tulevaisuudentutkimuksen piirissä kehitettyjä vaihtoehtoisten tulevaisuuksien kartoittamisessa tai toivotun tulevaisuuden tekemisessä käytettyjä työkaluja. Yleisemminkään tulevaisuudentutkimus ei ole juuri näkynyt kestävän kehityksen transitioiden tutkimuksessa, siitä huolimatta että joitakin tulevaisuudentutkimuksesta tuttuja termejä – kuten skenaariot ja backcasting – näkyy kiinnostuksen kohteina teeman tutkimusverkoston tutkimusagendalla (STRN 2010)¹⁹.

Akateemisen tulevaisuudentutkimuksen vähäinen näkyminen kestävän kehityksen transitioiden tutkimusperinteessä ei ole suuri yllätys, sillä tulevaisuuden-

¹⁹ Yksi harvoista esimerkeistä, jossa kestävän kehityksen transitiotutkimusta on tehty hyödyntäen tulevaisuudentutkimuksen menetelmiä on Suomen Akatemian rahoittama ja useiden tutkimustahojen yhdessä toteuttama Smart Energy Transition –projekti. Ks. <http://smartenergytransition.fi/>

tutkimuksen käsitteiden ja menetelmien yhdisteleminen eri yhteiskuntatieteiden valtavirran ja yhteiskuntatieteissä hyödynnettyjen viitekehysten välillä on yleisesti varsin vaatimatonta. Syynä tulevaisuudentutkimuksen menetelmien vähäiselle integroitumiselle muille tieteenaloille voidaan pitää alan suhteellisen lyhyttä historiaa ja tiettyä kypsymättömyyttä omana akateemisenä tieteen- tai tiedonalanana. Se, mitä yhteiskuntatieteiden eri tieteenalojen ja akateemisen tulevaisuudentutkimuksen välillä on tehty, on rakennettu tyypillisesti tulevaisuudentutkimuksen menetelmäpohjasta käsin ja tulokset julkaistu tulevaisuudentutkimuksen keskeisissä julkaisukanavissa (Ahlqvist & Rhisiart 2015, 94). Myöskään kestävän kehityksen transitioiden tutkimusperinteen ja tässä työssä keskeisenä muutoksen kuvaamisen kehyksenä käytettävän MLP:n ja tulevaisuudentutkimuksen välille ei ole aiemmin tieteellisessä kirjallisuudessa linkkejä kehitelty. Syinä tähän saattavat olla kestävän kehityksen transiititutkimuksen lyhyt – akateemista tulevaisuudentutkimusta lyhyempi – historia ja hankaluus yhdistää kahden perusolemukseltaan monisyisen tieteellisen perinteen lähestymistapoja.

Näkökulmien lähestyminen olisi kuitenkin toivottavaa, sillä näin saatettaisiin pystyä parantamaan edellytyksiä kestävän kehityksen ymmärtämiselle ja edistämiseksi. Jotta tällaisten linkkien – tai minkä tahansa useamman eri tieteenalan näkökulmia yhdistävän lähestymistavan – rakentaminen on mielekästä, tulee lähestymistapojen olla maailmankuvaltaan ja tavoitteiltaan riittävän samanlaisia. Seuraavassa pyritään lyhyesti esittämään kuinka kestävän kehityksen transiititutkimus ja siinä erityisesti MLP:n teoriapohja ja tulevaisuudentutkimus suhtautuvat toisiinsa.

Tulevaisuudentutkimusta voidaan tehdä erilaisin motiivein ja näihin liittyvin erilaisin menetelmin. Erilaisiin maailmankuviin ja tiedon hyödyntämistapoihin liittyen voidaan tulevaisuudentutkimuksessa ja sen historiassa erottaa muutamia paradigmoja tai tutkimusperinteitä. Keskityttäessä erilaisiin tapoihin ymmärtää kehitystä ja tulevaisuutta sen yhtenä ulottuvuutena Mannermaa (1991, 349) näkee tulevaisuudentutkimuksessa kolme paradigmaa:

- 1) kuvailevan paradigman, jolle leimallista on näkemys kehityksen säännönmukaisuudesta ja tavoitteena tulevaisuutta koskevien täsmällisten ennusteiden tekeminen
- 2) skenaarioparadigman, jota luonnehtii näkemys kehityksessä tunnistettavissa olevista säännönmukaisuuksista, tulevaisuustiedon monipuolisesta luonteesta ja tavoitteesta tuottaa tästä monipuolisesta aineistosta kuvauksia erilaisista mahdollisista tulevaisuuksista
- 3) evolutionaarisen tulevaisuudentutkimuksen paradigman, jossa pohjana on näkemys kehityksestä evolutionaarisena ja epälineaarisen prosessina, jos-

sa tulevaisuutta tutkiessa ei voida nojata historiassa tunnistettuihin säännönmukaisuuksiin.

Edellä mainituista paradigmoista ensimmäistä voidaan pitää kuvauksena tavasta, jolla tulevaisuustieto ymmärrettiin ja kuinka sitä pyrittiin kokoamaan ennen akateemisen tulevaisuudentutkimuksen syntyä. Toinen paradigma kuvaa toimintatapaa, joka vahvistui akateemisen tulevaisuudentutkimuksen kehityksen myötä ja jonka voidaan vieläkin nähdä dominoivan tulevaisuudentutkimusta. Viimeinen, tulevaisuudentutkimuksen evolutionaarinen paradigma kuvaa sitä mitä millaiseen maailmakuvaan tulevaisuudentutkimuksen ongelmanasetteluun tulisi pohjautua ja millaisia ominaisuuksia alan menetelmäkehitykseltä edellytetään. Evolutionaarinen paradigma näkee aiemmat paradigmat maailmankuvaltaan suppeina ja todellisuutta liiaksi yksinkertaistavina. Näin ne eivät ole enää käyttökelpoisia tulevaisuuden kannalta oleellisten kompleksien teemojen, kuten vaikkapa kestävän kehityksen tarkastelussa.

Voitaneen todeta, että evolutionaarinen paradigma ei ole toistaiseksi tuottanut tulevaisuudentutkimukseen sellaisia uusia tarkastelutapoja ja menetelmiä joita Mannermaa 1990-luvulla piti tarpeellisena. Tulevaisuudentutkimuksen käytäntöä dominoivat edelleen vakiintuneiden, aiempien paradigmojen aikaisten ongelmanasettelujen ja menetelmien soveltaminen, joskin esimerkiksi Delfoi-menetelmän soveltamisen sovellusalat ja -tavat ovat rikastuneet huomattavasti 1990-luvun alkuun verrattuna. Vaikka evolutionaarinen paradigma ei ole noussut tulevaisuudentutkimusta leimaavaksi toimintatavaksi, kuvatus kehityssuunnan tarve ei kuitenkaan ole poistunut, vaan paremminkin vahvistunut erilaisten kestävän kehityksen toteutumiseen vaikuttavien haasteiden ymmärtämisen merkityksen ja niihin vaikuttamisen entisestään korostuessa. Tulevaisuudentutkimuksen evolutionaarinen paradigma yhtyy maailmankuvaltaan hyvin kestävän kehityksen transitiotutkimuksen perinteeseen. Evolutionarisessa paradigmassa korostuvat kehityksen kompleksisuus, dynaamisuus, epälineaarisuus ja holistinen tarkasteluote (Mannermaa 1991, 356–364). Samankaltaiset määreet leimaavat myös tulevaisuudentutkimuksen tiedollisia perusteita hahmotelleen Wendell Bellin (1997, 221–235) käsityksiä yhteiskuntien ja niiden kehityksen luonteesta. Bell näkee yhteiskunnan dynaamisena, jatkuvasti muutoksessa olevana entiteettinä; prosessina, jonka kehitystä uskomusten ja arvojen ohella ohjaavat toimijoiden aloitteellisuus, uudistuminen, spontaanisuus, reagointi, luovuus, tavoitehakuisuus ja päätäväisyys. Bellin mukaan keskeistä kehityksen muotoutumisen kannalta ovat kul-

loinkin vallitsevat käsitykset tavoiteltavasta ja todennäköisestä tulevaisuudesta, ”tulevaisuuskuvat²⁰”.

Mannermaan paradigmajaottelun ohella on löydettävissä muitakin tulevaisuudentutkimusta erilaisiin tutkimusperinteisiin tai -suuntauksiin jakavia määritelmiä. Kun jaottelun lähtökohdaksi otetaan erilaiset tiedolliset tai välineelliset pyrkimykset, voidaan Amaran (1981, 25–29) mukaan tunnistaa kolmenlaisia motiiveja tulevaisuudentutkimukselle, joista kullekin on nähtävissä niille ominaiset maailmankuvat ja tutkimusmenetelmät. Erilaisia motiiveja ovat:

- 1) mahdollisten
- 2) todennäköisten tai
- 3) toivottavien tulevaisuuksien tutkiminen.

Näistä päämääristä kestäväen kehityksen transitiotutkimus vaikuttaisi ensi näkemältä osuvan yksiin parhaiten toivottavien tulevaisuuksien tutkimisen kanssa, onhan kestäväen kehityksen saavuttaminen selkeästi normatiivinen päämäärä. Näin ei kuitenkaan ole, sillä Amara näkee tämän kolmannen motiivin keskeisen sisällön olevan toivottavien tulevaisuuksien ominaisuuksien määrittelyssä. Asettaessa kestävä kehitys yhteiskuntien toimintaa raamittavaksi tavoitteeksi, kuten kestäväen kehityksen transitiotutkimuksessa on tehty, on toivottava tulevaisuus karkealla tarkkuudella jo tiedossa. Tällöin varsinaiseksi kiinnostuksen kohteeksi ja tutkimuksen tekemisen motiiviksi muodostuukin määritellyn tavoitteen saavuttaminen. Amaran luokittelussa kestäväen kehityksen transitiotutkimus, jossa tavoitteena on tarkastella tapoja saavuttaa jokin toivottava tulevaisuuden tila, sopii lähimmäs ensimmäistä motiivia (mahdollisten tulevaisuuksien tarkastelu). Menetelmällisesti Amara liittää näihin tavoitteisiin erilaisia asiantuntijamielipiteiden kokoamistapoja (esim. Delfoi) sekä korostaa holistista, kiinnostuksen kohteena olevaa ilmiötä osana laajempaa kokonaisuutta käsittelevää tarkastelutapaa. Kestäväen kehityksen transitiotutkimuksen lähestymistavat ja MLP niiden joukossa jakavat samoja periaatteita.

Inayatullah (1990, 115–141) tunnistaa tulevaisuudentutkimuksessa kolme lähestymistapaa:

- 1) ennakoiva
- 2) kulttuurinen (tai tulkitseva) ja

²⁰ Eng. images of the future

3) kriittinen.

Näistä ensimmäinen on sisällöltään olennaisesti yllä kuvattua Mannermaan kuvailevaa paradigmaa vastaava, jokseenkin teknokraattisen maailmankuvan leimaama näkökulma. Toinen, kulttuurinen lähestymistapa pyrkii rikastamaan ymmärrystä niistä tekijöistä, jotka vaikuttavat tulevaisuuden muodostumiseen ja korostaa arvojen ja perinteiden merkitystä siinä millaisia tulevaisuuksia pidetään tavoiteltavina ja saavutettavissa olevina. Kriittisessä tulevaisuudentutkimuksessa keskeistä on tasa-arvoisen ja oikeudenmukaisen tulevaisuuden tekeminen ja ihmisten osallistuminen ja aktivoiminen sosiaaliseen toimintaan, ei niinkään tulevaisuutta koskevien näkemysten tuottaminen.

Slaughter (1999, 840) raamittaa tulevaisuudentutkimusta hieman samankaltaisesti erilaisiin päämääriin liittyvien tarkastelutasojen kautta ja tästä näkökulmasta löytää tulevaisuudentutkimuksessa neljä tutkimusperinnettä:

- 1) empiiris-analyttisen
- 2) kriittis-vertailevan
- 3) aktivistis-osallistavan ja
- 4) monikulttuuris-globaalin.

Näistä ensimmäinen koskee käytännönläheistä tiedon tarvetta ja sitä leimaa käsitys tulevaisuuden ennustettavuudesta ja nojautuminen määrälliseen tietoi-neistoon muistuttaen näin sekä Mannermaan kuvailevaa paradigmaa että Inayatullahin ennakoivaa lähestymistapaa. Kriittis-vertaileva perinne korostaa erilaisten tiedonintressien ja tulevaisuusnäkökulmien mahdollisuutta ja niiden huomioimista tulevaisuutta tarkasteltaessa sisältäen samoja elementtejä Inayatullahin kulttuurisen näkökulman kanssa. Aktivistis-osallistava perinne korostaa kulloisenkin aiheen kannalta oleellisten toimijoiden kantojen kokoamisen ja suuntaamisen, ts. tulevaisuuden tekemisen ja osallistavien menetelmien, merkitystä. Neljäs Slaughterin tunnistama perinne, monikulttuuris-globaali, taas liittyy tulevaisuudentutkimuksen mahdollisuuksiin olla ratkaisemassa globaaleja tulevaisuus-haasteita ottaen huomioon erilaisten, myös ei-länsimaisten, maailmankuvien ja intressien näkökulmat. Kahdella viimeksi mainitulla tutkimusperinteellä on selviä yhtymäkohtia Inayatullahin kriittisen tarkasteluotteen kanssa.

Kestävän kehityksen transitiotutkimuksen kanssa Slaughterin määritelmistä määritelmistä kriittis-vertailevalla, aktiivis-osallistavalla ja monikulttuuris-globaalilla on nähtävissä yhtymäkohtia. MLP:n kanssa yhtäläisyydet ovat selkeimpiä kriittis-vertailevan perinteen kanssa, aktiivis-osallistava perinne taas sopii kestävän kehityksen eri tarkasteluperinteistä lisäksi yhteen niiden kanssa, joissa on selkeä tulevaisuuden tekemisen komponentti (TM, SNM). Monikulttuu-

ris-globaalin tutkimusperinteen osalta yhtymäkohta kestävän kehityksen transiititutkimukseen on melko ohut syntyen lähinnä kestävyysongelmien globaalin luonteen kautta, kestävän kehityksen transiititutkimus kun on keskittynyt analysoimaan pääosin kehittyneiden, yhteiskunnallisilta oloiltaan keskenään melko homogeenisten yhteiskuntien, olosuhteita muunlaisten yhteiskuntien näkökulmien kestävyysongelmien määrittelyssä ja ratkaisemisessa jääden paljolti huomioidatta.

Ahlqvist & Rhisiart (2015, 94–96) tiivistävät yllä mainitut Slaughterin neljä tutkimusperinnettä kahteen tulevaisuudentutkimusta luonnehtivaan pääluokkaan: utilitaristiseen ja emansipatoriseen tulevaisuudentutkimukseen. Samankaltainen jaottelu on löydettävissä myös Mannermaalta (1992, 23), jossa kaksi toisistaan eroavaa pääsuuntausta on nimetty teknokraattiseksi ja humanistiseksi. Ahlqvistin ja Rhisiartin mukaan utilitaarinen viittaa sellaiseen instrumentaaliseen tutkimustai selvitystyöhön, joka on tehty tuottamaan tietoa ja näkemyksiä johonkin tiettyyn päätöksentekojärjestelmään tai -tilanteeseen. Emansipatorinen taas liittyy laajempaan, yhteiskuntia ja koko planeettaa käsittävään tutkimusintressiin, jossa tavoitteena on ymmärtää yhteiskuntien toimintaa ja vaikuttaa niiden kehityspolkuihin siten, että ne toteuttaisivat kestävästä kehitystä. Näissä lähestymistavoissa hyödynnettävät maailmankuvat ovat perinteisesti toisistaan eroavia ja usein poissulkevia: on mahdollista valita joko käytännöllisiä tuloksia tuottava tapa tai yleisemmälle tasolle jäävä ymmärrettävä tutkimusote. Kirjoittajat tosin näkevät (Ahlqvist & Rhisiart 2015, 97–103), että tulevaisuudentutkimuksen teoria- ja menetelmäkehittämisen painopiste tulisi jatkossa olla näiden kahden toisistaan joko-seenkin erillään olevan perinteen yhdistämisessä siten, että tulevaisuudentutkimus voisi tuottaa nykyistä paremmin erilaisia näkökulmia laajasti huomioivaa tietoa joka olisi käyttökelpoista hyödynnettäväksi ratkaistaessa yhteiskuntien tulevaisuushaasteita.

Samankaltaisia näkemyksiä on korostanut myös Slaughter (2015, 84 ja 2016, 66). Hän kritisoi akateemisen tulevaisuudentutkimuksen kehittyneen liiaksi käytännöllisten ja kaupallisten pyrkimysten tarpeista käsin tehtävään ongelmanratkaisuun (so. teknokraattiseen orientaatioon) vaikka todelliset tulevaisuushaasteet – ja tulevaisuudentutkimuksen keskeinen ongelmakenttä – ovat sivilisaatioiden tulevaisuuksia koskevissa laajoissa kysymyksissä. Tavoitteissa käsitellä laajoja asiakokonaisuuksia monipuolisia tietolähteitä huomioiden on jälleen havaittavissa yhteneväisyyttä kestävän kehityksen transiititutkimuksen perinteen kanssa. Oleellinen päämäärä sekä utilitaarisen ja emansipatorisen tulevaisuudentutkimuksen yhdistämisessä että kestävän kehityksen transiititutkimuksessa on monimutkaisten, laajoja järjestelmiä koskevien kehitysprosessien ominaisuuksien ymmärtäminen ja tämän ymmärryksen hyödyntäminen arvokkaana pidetyn päämäärän toteutumisen jouduttamiseksi.

Kootusti voidaan sanoa tulevaisuudentutkimuksen harjoittajien parissa laajasti omaksutun maailmankuvan, alan keskeisen tutkimusperinteen ja tarpeellisen nähtyjen tulevaisuuden kehityssuuntien vastaavan hyvin kestävän kehityksen transitiotutkimuksen periaatteita. Akateemisessa tulevaisuudentutkimuksessa yksinkertaistettuun maailmankuvaan pohjaava ja täsmälliseen ennustamiseen tähtäävä tarkastelutapa on paljolti väistynyt ja alalla tunnistetut kehityssuunnat sopivat hyvin yhteen kestävän kehityksen transitioiden tutkimusperinteen kanssa. Näiden tutkimussuuntien yhdistäminen soveltuvasti voisi tarjota hedelmällisiä avauksia kestävän kehityksen ymmärtämiseen ja edistämiseen.

On kiinnostavaa havaita, että tulevaisuudentutkimuksen ja kestävän kehityksen transitiotutkimuksen yhdistäminen voisi tuottaa uusia työkaluja toteuttaa tehtäviä, joita Wendell Bellin mukaan tulevaisuudentutkimuksen piirissä tulisi pyrkiä edistämään²¹ (Bell 1997, 75–97). Erityisen kiinnostava ja usein tulevaisuudentutkimuksen käytännön sovelluksissa usein vähälle huomiolle jäävä tehtävä on listan kohta kuusi, toteutuneen historiallisen kehityksen tulkitseminen, joka on etenkin MLP:ssä vahvasti esillä. Toisesta suunnasta katsottuna listalla kiinnostavaa on etenkin toivottavan tulevaisuuden toteuttamiseen (kestävän kehityksen edistämiseen) liittyvien valintojen esilletuomisen ja eri vaihtoehtojen arvottamisen merkityksen tuominen vahvemmin osaksi kestävän kehityksen transitioiden pohdintaa.

Samankaltaisen maailmankuvan ohella on tulevaisuudentutkimuksen ja tämän työn kannalta keskeisen MLP:n väliltä löydettävissä myös muita yhteneväisyyksiä. Tarkasteltaessa alojen tutkimusperinteessä käyttöön vakiintunutta käsitteistöä ja niiden sisältöä, havaitaan tiettyä vastaavuutta. Tulevaisuudentutkimuksessa termi megatrendi on vakiintunut kuvaamaan laajavaikutteisia, melko hitaasti muuttuvia suuria muutosvoimia (Kuusi & Kamppinen 2002, 148–149). Tällä on samankaltaisuutta MLP:n ylimmän tarkastelutason, landscape-tason määritelmän kanssa. Yhteisiä määreitä megatrendi-termin kanssa ovat muutosvoiman ulkoa

²¹ 1) Mahdollisten tulevaisuuksien määrittely

2) Eri tulevaisuuksien toteutumistodennäköisyyksien määrittely

3) Eri tulevaisuuksien ominaisuuksien tarkastelu

4) Tulevaisuudentutkimuksen tietopohjan rakentaminen

5) Tulevaisuudentutkimuksen eettisten perusteiden tutkiminen

6) Toteutuneen historiallisen kehityksen tulkitseminen

7) Kerätyn tietämyksen ja arvojen tuominen yhteiskunnalliseen keskusteluun

8) Osallistavaan demokratiaan (tulevaisuuden tekemiseen) kannustaminen

9) Toivottavimpana pidetyn tulevaisuuden viestiminen ja edistäminen

määräytyvä luonne ja etäisyys yksittäisestä toimijasta. Megatrendi ei ole terminä aivan suora vastine landscape-tasolle, mutta se voidaan nähdä tälle analyttiselle tasolle kuuluvana yhtenä mahdollisena toimintaympäristön muutokseen vaikuttavana tapauksena. Aiemmin taulukossa 2 kuvatuista erilaisista landscape-tason toimintaympäristön muutoksen tyypeistä ei löydy suoraa vastinetta megatrendille, mutta megatrendi voisi olla lisäys tunnistettuihin tyypeihin. Käyttäen taulukossa hyödynnettyjä toimintaympäristön muutoksen ulottuvuuksia megatrendi olisi taajuudeltaan pieni, voimakkuudeltaan suuri, muutosnopeudeltaan pieni ja vaikutusten laajuudeltaan suuri toimintaympäristön muutos.

Käyttäen vertailupohjana taulukossa 2 kuvattuja MLP:n ylimmän tarkastelutason toimintaympäristöön vaikuttavia tekijöitä kuvaavia termeistä monille on löydettävissä paljolti samansisältöisiä vastineita tulevaisuudentutkimuksen piirissä vakiintuneesta käsitteistöstä. Tavallisen muutoksen voidaan katsoa olevan ominaisuuksiltaan lähellä trendiä, joka on havaittavissa oleva jatkuva piirre kehityksessä (Kamppinen et al. 2002, 33). Nopeasti kehittyviin ja hankalasti ennakoitaviin muutostyypeihin; hyperturbulenssiin, spesifiin shokkiin ja lumivyörymäiseen muutokseen sisältyviä ominaisuuksia on tulevaisuudentutkimuksessa käsitelty termien musta joutsen, villi kortti sekä X-events kautta (Wilenius & Casti, 2015, 336). Mainittujen tulevaisuudentutkimuksen piirissä hyödynnettyjen nimitysten täsmällinen merkitys ja vastaavuus MLP:n toimintaympäristön muutoksen tyyppin kanssa tosin riippuu kulloisessakin tarkastelussa tehtävästä rajauksesta. Erilaisia muutoksen tyypejä ja niiden vaikutuksia tulevaisuuden yhteiskuntaan on tulevaisuudentutkimuksessa käsitelty myös postnormal times -teorian²² tarjoamisen käsitteiden kautta (Sardar 2010 & 2015). Teoriassa tapahtumassa olevaa tai odotettavissa olevaa muutosta luonnehtivat kompleksisuus, kaaos ja ristiriitaisuudet²³. MLP:n toimintaympäristön muutostyypeistä nämä luonnehdinnat vastaavat parhaiten hyperturbulenssia, jossa toimintaympäristö on jatkuvassa ja voimakkaassa muutoksessa. Hyperturbulenssista poiketen PNT-teoriassa toimintaympäristön muutoksen aiheuttamien vaikutusten voimakkuus ja laajuus voivat olla joissain tapauksissa suuriakin yhteiskunnan eri toimijoille. Disruptiivista, hitaasti kehittyvää ja täten ennakoitavissa olevaa muutosta lähinnä tulevaisuudentutkimuksen termeistä lienee trendi, joka kohdistuu vain hyvin suppeaan toimijajoukkoon.

²² Eng. PNT theory

²³ Eng. 3C's – complexity, chaos and contradictions (Sardar 2010)

Taulukko 3 kokoaa tiiviisti yhteen esitettyjä yhteneväisyyksiä MLP:n landscape-tason termien ja tulevaisuudentutkimuksessa käytettyjen muutosta kuvaavien käsitteiden välillä.

Taulukko 3. Muutamien MLP:ssä hyödynnettyjen termien vastineita tulevaisuudentutkimuksessa vakiintuneisiin termeihin.

MLP:ssä käytetty landscape-tason muutosta kuvaava termi	Tulevaisuudentutkimuksessa hyödynnetty termi
Tavallinen muutos	Trendi (kohdistuen koko yhteiskuntaan)
Hyperturbulenssi	Kaaos, kompleksisuus, ristiriitaisuudet
Spesifi shokki	X-event/Musta joutsen/Villi kortti
Disruptiivinen muutos	Trendi (kohdistuen vähäiseen joukkoon toimijoita)
Lumivyöry	X-event/Musta joutsen/Villi kortti

MLP:n muiden analyttisten tasojen (regiimi ja niche) kohdalla vastaavuuksia tulevaisuudentutkimuksen lähestymistapoihin ja käsitteisiin ja on myös löydettävissä. MLP:n regiimitarkastelu kuvaa tyypillisesti pysyvyyttä ja vakiintuneiden toimijoiden järjestäytymistä. Regiimitoimijoiden järjestäytymisen ja toimintalogiikan teemoja käsitellään tulevaisuudentutkimuksen piirissä etenkin käytännönläheisissä ennakointihankkeissa, jotka usein alkavat kiinnostuksen kohteena olevan teeman välittömän toimintaympäristön tarkastelulla. Niche- tason kehittymisen tarkastelussa, erityisesti tällä tasolla tapahtuvassa uusien tulevaisuutta mahdollisesti muuttavien ratkaisujen ja laajempien kehityskulkujen tunnistamisessa on taasen samankaltaisuutta heikkojen signaalien (Ansoff 1975 ja Hiltunen 2000) tarkastelun kanssa.

Kahden eri tutkimusperinteen yhdistäminen kestävän kehityksen tarkastelussa ei ole tehtävä joka olisi mahdollista toteuttaa väitöskirjatyön mitassa, näin etenkin käsillä olevassa tutkimuksessa jossa työn varsinainen tavoite on tarkastella geoenergian kehityspolkuja. Edeltävien kappaleiden hahmottelu joidenkin MLP:n ja tulevaisuudentutkimuksen termien yhteneväisyyksistä onkin tarkoitettu ensisijaisesti havainnollistamaan näiden lähestymistapojen tiettyjä yhtäläisyyksiä ja mahdollisuuksia syventää yhteistä käsitteistöä ja teoriaa tulevaisuudessa. Yhteisen teoria- ja käsitteepohjan luominen vaatisi paljon tässä tehtyä syvemälle menevää tarkastelua esimerkiksi teorioiden tavoitteista, käytettävien termien täsmällisestä sisällöstä ja mahdollisuuksista saada tietoa ilmiöistä, joita termeillä kuvataan. Tämän luvun tarkoituksena oli osoittaa, että tässä väitöskirjatyössä yhdessä hyödynnettävien akateemisten alojen maailmankuvat, tutkimusintressit

ja tulevan teoriakehityksen painopisteet ovat sikäli samankaltaisia että mainittujen tutkimusperinteiden yhdistäminen tämän työn tutkimuskysymysten ratkaisemisessa on luontevaa. MLP on kestävän kehityksen transitiotutkimuksen lähestymistavoista luonteva yhdistettäväksi tulevaisuudentutkimuksen perinteeseen, sillä siinä pystytään huomioimaan laajasti tekijöitä, joita on hankalaa ahtaa tiukkaan struktuuriin ja jotka eivät noudata determinististä kehityspolkua. Samankaltaisuudet vakiintuneessa käsitteistössä tukevat entisestään käsitystä lähestymistapojen yhteensopivuudesta. Yleisesti tämän väitöskirjan puitteissa tapahtuva MLP:n ja tulevaisuudentutkimuksen yhdistäminen voidaan tulevaisuudentutkimuksen perinteessä nähdä yhtenä, joskin melko suppeana, evolutionaarisen tulevaisuudentutkimuksen paradigmaa edistävänä harjoituksena.

MLP:n ohella myös muita kestävän kehityksen transitiotutkimuksen suuntauksia voi yhdistää tulevaisuudentutkimuksen tutkimusperinteeseen ja hyödynnettäviin menetelmiin. Varsin ilmeistä samankaltaisuutta on nähtävissä esimerkiksi aktiivisen toiminnan aikaansaamista korostavissa Transition management (TM) ja Strategic niche management (SNM) -tarkastelutavoissa ja pehmeässä systeemimetodologiassa²⁴ (Checkland 1985 & 1986 sekä Rubin 2002, 171–186). Kuten kestävän kehityksen transitiotutkimus yleisesti, myös pehmeä systeemimenetelmä korostaa tarkastelun kohteena olevan teeman ja sitä ympäröivän toimintaympäristön välisen vuorovaikutuksen ymmärtämisen merkitystä, ts. systeemistä näkökulmaa. Pehmeän systeemimenetelmän parhaat hyödyntämiskohteet ovat tapauksissa, joissa on selkeästi yksilöitävissä oleva toimija (esim. jokin organisaatio) jonka keinoja ratkaista jokin käytännöllinen ongelma pyritään määrittelemään. Tämä käytännöllinen ongelmanratkaisun näkökulma yhdistää pehmeää systeemimetodologiaa ja mainittuja kahta (TM ja SNM) kestävän kehityksen transitiotutkimuksen tarkastelunäkökulmaa.

²⁴ Eng. Soft Systems Methodology (SSM)

3 HYÖDYNNETTÄVÄT AINEISTOT JA MENETELMÄT

Tämän tutkimuksen primääriaineisto muodostuu kerätystä asiantuntijahaastattelu- ja kyselyaineistosta. Muut hyödynnettävät aineistolajit; tilastot, politiikkadokumentit, tutkimusraportit sekä uutis- ja ajankohtaisaineistot tukevat ja täydentävät kokonaiskuva. Toteutunutta kehitystä kuvaavissa luvuissa 4 ja 5 haastatteluaineiston antia täydennetään tutkimusraporteilla, uutis- ja ajankohtaislähteillä sekä tilastotiedoilla. Geoenergian tulevaisuutta Suomessa käsittelevissä luvuissa 6 ja 7 tukeudutaan ensisijaisesti haastatteluihin ja kyselyllä koottuun asiantuntijatietoon. Luvuissa hyödynnetään myös tulevaisuudessa odotettavissa olevia olosuhteita hahmottelevia dokumentteja, kuten käsiteltävälle vuosikymmenelle tai sen yli ulottuvia politiikkaohjelmia. Tässä luvussa esitellään tutkimuksessa hyödynnettäviä aineistoja ja tutkimusmenetelmiä sekä perustellaan niiden valintaa.

3.1.1 Haastattelut

Geoenergian kehitykseen vaikuttaneita tekijöitä Suomessa monipuolisesti ko-koava haastatteluaineisto on tämän työn keskeinen lähdeaineisto. Haastattelut on toteutettu kahdessa vaiheessa. Ensimmäinen haastattelukierros on suoritettu väitöskirjan aiheen alun perin tuottaneen Geoener-hankkeen yhteydessä vuosina 2009 ja 2010, jolloin haastateltiin 9:ää henkilöä, jotka edustivat geoenergiaan eri tavoin suurten rakennushankkeiden yhteydessä kytkeytyviä tahoja. Geoener-hankkeen aikana kerätystä haastatteluaineistosta hyödynnettiin ja julkaistiin ai-noastaan suurten kiinteistökohteiden geoenergian liiketoimintamalleihin liittyvät osat (Lauttamäki & Kallio 2013). Tätä väitöskirjatyötä varten noiden haastattelu- jen materiaalia käytiin uudelleen läpi väitöstutkimuksen tutkimuskysymysten näkökulmasta ja niistä koottiin näkemyksiä liittyen maalämpöalan historiaan, silloiseen nykytilaan ja kiinteistöjen lämmitysvalintojen kehitysdynamiikkaan. Nämä haastattelut tuovat tutkimukseen kiinnostavaa aikalaisnäkemystä ajankoh- dasta, jolloin geoenergian hyödyntäminen suurissa kiinteistökohteissa oli vielä aivan uutta.

Haastatteluaineiston pääosan muodostavat keväällä 2014 Tulevaisuuden tut- kimuskeskuksessa toteutetun Turku Energia Oy:n strategiahankkeen yhteydessä tehdyt sekä vuosina 2015–2018 toteutetut yksinomaan väitöskirjatyön tiedonke-

ruuseen liittyvät haastattelut. Turku Energian strategiahankkeen yhteydessä suoritettavat haastattelut käsittelivät energiamarkkinoita yleisesti sekä kaukolämpö- ja sähkömarkkinoiden nykytilaa ja tulevaisuutta. Koska tuossa vaiheessa väitöskirjatyön tutkimuskysymykset ja hyödynnettävä tarkastelukehys olivat jo selvillä, tiedusteltiin tapaamisten yhteydessä myös näkemyksiä geoenergian yleistymiseen vaikuttavista tekijöistä osana energiamarkkinoiden yleistä kehitystä. Em. hankkeen aikana haastateltiin kuutta henkilöä. Nämä edustivat Energiategollisuus ry:tä (3 henkilöä) ja Turku Energia Oy:tä (3 henkilöä). Vuosien 2015 ja 2018 välillä tehtyjen haastattelujen informanteiksi valikoitiin henkilöitä siten, että he täydensivät aiemmin haastateltujen henkilöiden osaamisalueita. Tässä vaiheessa haastateltiin yhteensä 16 henkilöä. Väitöskirjatyössä hyödynnetty haastatteluaineisto koostuu siis kaikkiaan 31 (9+6+16) henkilön näkemyksistä, joista 22 (6+16) on haastateltu erityisesti tämän väitöskirjatyön ongelmanasettelun näkökulmasta. Yhtä lukuun ottamatta kaikki haastattelut toteutettiin kasvokkain. Yksi haastattelu tehtiin puhelimitse. Haastattelut kestivät hieman alle tunnista kahteen ja puoleen tuntiin.

Tavoitteena kevästä 2014 alkaen toteutetuissa haastatteluissa oli saada esille ennen erityisesti monitasoisen tarkastelun kahdelle alimmalle tarkastelutasolle (niche ja regiimi) kuuluvia asioita. Ydinosaamiseltaan landscape-tasoa edustavia haastateltavia ei otokseen valittu, sillä oletuksena oli, että keskeiset tältä tarkastelutasolta vaikuttavat tekijät on tunnistettavissa muita tarkastelutasoja edustavien henkilöiden näkemysten perusteella ja että oleelliset asiat sekä niiden kehittymisen on haastatteluja paremmin jäljitettävissä kirjallisista lähteistä. Suoritetuissa haastatteluissa käsiteltiin kaikkien tutkimuksessa käsiteltävien analyttisten tasojen ja ajankohtien geoenergiaan liittyviä tekijöitä kysymysten kuitenkin painottuessa haastateltavan erityisosaamiseen²⁵. Haastatteluissa pyrittiin jäljittämään geoenergian käyttöönottamisen historiaa Suomessa yleisesti, keskeisiä käyttökohteita, geoenergian valitsemista motivoivia tekijöitä, hyödyntämistä tukevia ja hidastavia tekijöitä sekä kiinteistöjen lämmittämisen toimintaympäristöä. Tulevan kehityksen osalta keskityttiin erityisesti tehtyjen tai nähtävillä olevien energiapolitiittisten päätösten ja teknologisen kehityksen vaikutuksiin rakennusten energiahuollon markkinoihin sekä geoenergian osuuteen näillä markkinoilla. Kaikissa toteutetuissa haastatteluissa kysyttiin tietyt kysymykset, mutta haastatteluissa oli tilaa myös haastatellun asiantuntijan esiin nostamien aiheiden käsittelylle.

²⁵ Esimerkki käytetystä haastattelurungosta liitteessä 2. Kaikissa haastatteluissa toistuivat samat teemat. Osa kysymyksistä oli kaikissa haastatteluissa räätälöity haastateltavan erityisosaaminen huomioiden.

Haastatteluun pyrittiin saamaan tietoa geoenregiasta tuotteena ja laajemmin lämmitysjärjestelmien valintapäätöksiin liittyvistä tekijöistä eri aikoina. Valtaosa haastateltavista valittiin siten, että heillä oli omakohtaista tietoa lämmitysjärjestelmistä ja erityisesti geoenregiasta eri aikoina (haastateltavat R5-R12, R15, N1-N10). Osa haastateltavista valikoitiin täydentämään näitä näkemyksiä ja tuottamaan jonkin joukon vaikuttimia tai yleistä toimintaympäristöä koskevaa tietoa (energiamarkkinat, haastateltavat R1-R4, R13-R15, pienkuluttajat, N11 ja N12). Haastateltavien kautta välittyvien näkemysten monipuolisuus varmistettiin valikoiden haastateltavat hyödyntäen MLP-tarkastelukehykseen pohjautuvaa asiantuntijamatriisia. Liitteenä 1 oleva matriisi rakennettiin huomioimalla mainittujen kahden tarkastelutason keskeisimmät näkökulmat geoenegian hyödyntämiseen erilaisissa kiinteistötyypeissä. Tavoitteena oli, että koottu asiantuntijajoukko muodostaisi monipuolisen kokoelman näkemyksiä liittyen geoenegian hyödyntämiseen ja laajemmin lämmitysmarkkinoiden kehitykseen. Käytännössä monet haastatelluista omasivat useita asiantuntijuusrooleja. Haastateltu henkilö saattoi olla sekä pitkäaikainen geoenegian hyödyntäjä, harjoittaa alan liiketoimintaa ja toimia myös asiantuntijatyössä. Haastateltavien määrää ei oltu lyöty lukkoon tutkimuksen tekoa aloitettaessa. Ajatuksena oli jatkaa haastattelujen tekoa siihen asti kunnes keskeisimmiksi tunnistetuista näkökulmista on saatu henkilöitä haastateltua ja saturaatiopiste uuden tiedon kertymisessä saavutettu. Haastateltua asiantuntijajoukkoa voi pitää riittävänä, sillä tällä haastateltavien kokonaismäärällä keskeisten haastatteluissa käsiteltyjen teemojen osalta pystyi haastateltavien näkemyksissä havaitsemaan selvää toistuvuutta.

Haastatteluilla ja niitä hyödyntäen kerätyllä aineistolla on tiettyjä ominaisuuksia, jotka on syytä tiedostaa. Erilaisista tutkimushaastattelun tyypeistä tämän työn tiedonhankinnassa käytettiin puolistrukturoitua haastattelua eli teemahaastattelua. Puolistrukturoitu rakenne tarkoittaa sitä, että haastatteluissa käsitellyt teemat ovat kaikille haastatelluille samat, mutta täsmälliset kysymykset ja haastattelujen muoto ovat muutoin varsin vapaita verrattuna esimerkiksi strukturoituun lomakehaastatteluun. Teemahaastattelussa edetään ennalta määriteltyjen teemojen varassa antaen tilaa haastateltavan näkemyksille esitettyjen kysymysten ulkopuolella. Tämä heuristinen luonne sallii sellaisten asioiden esille tulon, joita tutkija ei olisi itse osannut kysyä ja mahdollistaa rikkaamman aineiston kertymisen kuin tapauksessa jossa pitäydyttäisiin tiukasti ennalta määrättyssä kysymyslistassa (Hirsjärvi & Hurme 2004, 34–35; 47–48; Koskinen, Alasuutari & Peltonen 2005, 104). Teemahaastatteluissa on tilaisuus saada perusteluja esille tulleiden näkemysten taustaksi, kerryttää ymmärrystä monimutkaisista asiakokonaisuuksista ja asiayhteyksistä sekä käsitellä aihetta laajasti sitä ympäröivässä kontekstissa (Nathan et al. 2018, 3).

Haastatteluaineistoon yleisesti mahdollisesti liittyvät ongelmat voivat johtua haastattelijasta tai haastateltavasta. Haastatteliijaan liittyvät ongelmat vaikuttavat lähinnä tiedon kertymiseen. Riskinä on, että valikoitujen haastateltavien asiantuntemus ei ole käsiteltävän aiheen kannalta kattavaa vaan haastatteluun koottavaan aineistoon jää katvealueita, joita haastatteluja toteuttava tutkija tai otokseen valikoidut haastateltavat eivät tunnista. Haastattelijan kysymyksiin mahdollisesti lataamat ennako-oletukset, puutteelliset kyvyt esittää tutkimusongelman kannalta oleellisia kysymyksiä tai hallita haastattelutilannetta voivat vaikuttaa siihen miten kattavasti haastateltavan tietoa saadaan haastattelusta aineistoksi tutkimuksen käyttöön (Nathan et al. 2018, 3-10). Haastateltavaan liittyvä keskeinen ongelma (tai ominaisuus) on haastattelijan subjektiivinen luonne. Tämä voi heijastua tuloksissa haastateltavan puutteellisina tietoina tai käsityksinä, taipumuksena muistaa asioita itselleen suotuisalla tavalla tai haluttomuutena paljastaa omalta kannaltaan epämiellyttäviä seikkoja. Haastattelulla saataviin tuloksiin voi myös vaikuttaa haastateltavan tulkinta siitä mitä haastatteliija haluaa kuulla (Walford 2007, 147; Hirsjärvi ja Hurme 2004, 34–35). Haastattelulla saatava aineisto voi olla mukailtua versiointia totuudesta, joka saattaa sisältää yksinkertaistuksia, kärjistyksiä tai virheellisiä tulkintoja (Hammersley & Gomm 2008). Haastatteluilla kerättävä aineisto on aina sidoksissa tiedonkeruun kontekstiin ja haastattelutilanteeseen. Haastattelijan tulokset eivät ole sellaisenaan yleistettävissä yleiseksi totuudeksi tarkastellusta aiheesta vaan haastatteluaineisto tulee sitä järjestettäessä ja analysoitaessa tulkita yllä kuvattuja tekijöitä huomioiden (Hirsjärvi et al. 1997, 203).

Yllä esitetyt haastatteluaineiston keruuseen ja hyödyntämiseen liittyvät riskit tiedostettiin haastatteluja suunniteltaessa ja aineistoa analysoitaessa. Haastatteliijaan liittyviä riskejä huomioitiin hyödyntämällä haastateltujen valinnassa asiantuntijamatriisia sekä tukeutumalla haastattelukysymysten laatimisessa aiempaan tutkimustietoon niin geoenergian kuin laajemmankin lämmittämisen toimintaympäristön osalta. Haastatteluaineiston kautta välittyvää informaatiota tarkasteltiin huomioiden haastatellun henkilön ydinosaaminen, kokemus ja asema sekä noudattamalla varovaisuutta aineistosta tehtävissä tulkinnoissa.

3.1.2 Tilastot

Tilastoaineistoa hyödynnetään tässä tutkimuksessa kuvaamaan ja havainnollistamaan toteutunutta kehitystä, geoenergian suhteellista asemaa ja kulloisenakin tarkasteluajankohtana vallinnutta lämmittämiskäytön toimintaympäristöä. Tilastoihin pohjavia analyysejä esimerkiksi tunnistettujen geoenergian kehitykseen vaikuttavien tekijöiden vaikutuksesta geoenergian suosioon ei tehdä. Tämä valinta pohjaa formaalien mallien joksikin puutteelliseen selitysvaimaan tar-

kastelun kohteena olevan kaltaisessa kysymyksessä, jossa kehitykseen vaikuttavat useat huonosti ennalta tiedossa olevat ja hankalasti kvantifioitavat tekijät (ks. esim. Loveridge 2016) sekä aiheen käsittelyn kannalta olennaisen tilastotiedon kohtalaisen huonosta saatavuudesta ja laadusta. Havainnollistamisessa käytetyn tilastotiedon pääasiallisina lähteinä ovat Tilastokeskuksen asumisen ja rakentamisen energiankulutukseen liittyvät aikasarjat sekä Suomen lämpöpumppuyhdistyksen (SULPU) aineistot. Tilastoista esitetään tämän työn viimeistelyajankohtana, alkuvuodesta 2018, uusin saatavilla oleva aineisto. Ulkomaisista tilastolähteistä ei ole löydettävissä geoenergian hyödyntämistä Suomessa käsitteleviä tietoja jotka olisivat laadultaan Tilastokeskuksen tai SULPUn tarjoamia parempia.

Yleisimpien kiinteistöjen lämpötilansäätelyssä Suomessa hyödynnettävien teknologioiden ja energialajien suosiosta ajan kuluessa on julkisesti tarjolla varsin hyvin tilastoaineistoa. Tosin tavanomaistenkin lämmitysvaihtoehtojen osalta pitkien aikasarjojen löytäminen on hieman haastavaa, mutta eri-ikäisiä tilastoaineistoja yhdistelemällä useiden vuosikymmenten mittaisia aikasarjoja on mahdollista rakentaa. Geoenergiasta tilastotietoa on saatavilla jokseenkin niukasti. Tilastokeskus on huomionnut geoenergian²⁶ omana lämmitysvaihtoehtonaan rakennus- ja energiatilastoinnissaan vuodesta 2011 alkaen ja muokannut osaa aiemmin kerätystä aineistosta siten, että myös tuota edeltäviltä vuosilta on arvioita geoenergian osuudesta saatu näkyviin. Lämpöpumppujen asennusmäärien, kapasiteetin ja tuotetun hyötyenergian aikasarjojen osalta Tilastokeskuksen lämpöpumppuaineistot perustuvat SULPUn ilmoituksiin. SULPUlla on olemassa aineistoa erilaisten lämpöpumppujen hyödyntämisestä vuodesta 1976 alkaen. SULPUn vuonna 1998 tapahtunutta perustamista edeltäneiden vuosien 1976–1998 osalta tiedot ovat toisin arvioita tapahtuneesta (Majuri 2016, 742). SULPUn Tilastokeskukselle ilmoittamissa aikasarjoissa (kuten aiemmin kuvioissa 7 ja 8 esitetyissä kuvaajissa) on huomioitu arviot vuosien kuluessa käytöstä poistuneista lämpöpumpuista. Laitteistojen poistumia laskettaessa arviot erilaisten lämpöpumppujen keskimääräisistä pitoajoista vaihtelevat. Maalämpöpumppujen käyttöään arvioidaan olevan kaikista lämpöpumpuista pisin, 20 vuotta (Hirvonen 2016).

Joidenkin tilastoaineistojen kohdalla Tilastokeskuksen ja SULPUn tilastojen kautta välittyvä kuva käytössä olevien geoenergilaitteistojen määrästä eroaa selvästi. Esimerkiksi vuoden 2016 osalta SULPU ilmoittaa Suomessa olevan käytössä 113 433 maalämpöpumppua (SULPU 2018), Tilastokeskus taas ilmoittaa rakennuskantatilastossaan maalämpöä olevan käytössä 50 939 rakennuksessa

²⁶ Tilastokeskuksen tilastoinnissa käytettävä termi on maalämpö

(Tilastokeskus 2018b). Ero on valtavan suuri huomioiden, että yksi oikein mitoitettu maalämpöpumppu tavallisesti riittää yhden rakennuksen tarpeisiin, joskin suurimmat kiinteistökohteet ovat tästä poikkeuksia. Selitys erolle löytyy erilaisista tavoista koota tilastoja ja siinä mitä tilastointiin määritellään kuuluvaksi. Tilastokeskuksen rakennuskantatilastoon rakennusten lämmönlähteiden tiedot tulevat kuntien rakennusvalvonnan myöntämistä rakennusluvista. Rakennusluvista välittyvät kattavasti kuitenkin ainoastaan uusien rakennusten lämmitystapavalinnat. Energiaremontit, joissa jokin aiempi lämmitysratkaisu korvataan maalämmöllä, eivät tule Tilastokeskuksen tietoon, koska nämä eivät yleensä vaadi rakennuslupaa. Vähäisen osan Tilastokeskuksen ”puuttuvista” maalämpöpumpuista selittää se, että Tilastokeskuksen rakennustilasto ei huomioi kesämökkejä rakennuskantaan kuuluvaksi.

SULPU kerää tietonsa kyselyinä jäsenyrityksiltään, jotka ilmoittavat neljännesvuosittain toimittamiensa maalämpöpumppujen määrän. SULPUn tilastot osoittavat jäsenyritysten myymien ja asentamien maalämpölaitteistojen vuotuiset määrät ja niiden kertymän. SULPUn omassa viestinnässään ilmoittama kaikkina vuosina myytyjen lämpöpumppujen kokonaismäärä ei sisällä arviota vuosien varrella käytöstä poistuneista laitteistoista (Hirvonen 2016), mutta kuten yllä mainittiin, Tilastokeskukselle ilmoitettaviin lukuihin arvio laitteiden poistumasta tehdään. Karkeana yleistyksenä voinee sanoa maalämmön näkyvän Tilastokeskuksen keräämissä aineistoissa selvästi todellisuutta vähäisempänä ja SULPUn omassa viestinnässään ilmoittamissa luvuissa hieman todellisuutta suurempana. Aikasarjatilasto, jossa huomioidaan arvio käytöstä poistuneista laitteista, lienee laadultaan paras käytettävissä oleva tilasto. Tässä työssä tätä SULPUn Tilastokeskukselle tuottamaa aineistoa hyödynnetään esitettäessä myytyjen maalämpöpumppujen ja niillä tuotetun lämmitysenergian määriä²⁷. Tilastokeskuksen lukuihin nojaututaan vertailtaessa lämpöpumppuja ja maalämpöä suhteessa muiden kiinteistöjen lämmitysmuotojen suosioon. Tämä on perusteltua tilastojen vertailtavuuden kannalta, koska muiden vertailtavien lämmitysmuotojen tilastot ovat Tilastokeskuksen tuottamia.

Toinen merkittävä geoenergian tilastointiin liittyvä ongelma useissa lämpöpumppuja käsittelevissä tilastolähteissä on eri lämpöpumpputyypin niputtaminen yhteen. Vaikka monissa energian tuotantotapoja usean vuoden ajanjaksolla havainnollistavissa aikasarjoissa huomioidaan lämpöpumpuilla tehtävä lämpöenergia omana luokkana, käsittää tämä määrittely kaikkien eri lämpöpumpputyypin lukumäärän tai niiden hyödyntämisen tuottaman energiasumman. Näin

²⁷ SULPUn tuottamat tilastot löytyvät Tilastokeskuksen julkaisemana, viite: Tilastokeskus (2018)

on asia esimerkiksi Tilastokeskuksen julkaiseman Suomen tilastollisen vuosikirjan energiatilastoissa. Eri lämpöpumpputyypin niputtaminen yhteen aineistoon on jokseenkin erikoista, sillä maalämpöpumput (kuten myös ilma-vesilämpöpumput) eroavat monista muista lämpöpumpuista oleellisesti siinä, että ne ovat tyypillisesti rakennuksen ensisijainen energiaratkaisu, kun taas esimerkiksi ilmalämpöpumput ovat tavallisesti jokin muuta rakennuksessa hyödynnettävää lämmitystapaa täydentäviä ratkaisuja. Hankintamotiiveiltaan, tekniikoiltaan ja ensisijaiselta käyttötarkoituksiltaan erilaisten laitteiden tilastointi yhden ja saman nimikkeen alle heikentää aineistojen informaatioarvoa ja hankaloittaa erilaisten tilastollisten tarkastelujen laatimisen mahdollisuuksia.

3.1.3 Kirjallinen materiaali

Kirjallisia lähteitä hyödynnetään tässä työssä täydentämään ja rikastamaan primäärlähteiden kautta muodostuvaa kuvaa tapahtuneesta geoenergian kehityksestä. Työssä hyödynnettävät kirjalliset aineistot ovat pääasiallisesti kahdentyyppisiä julkisesti saatavilla olevia lähteitä: 1) erilaisia EU- ja valtiotason politiikka-asiakirjoja sekä kunkin aikataason rakentamisen energiavalintoja taustoittavia kirjoja ja raportteja sekä 2) uutis- ja ajankohtaislähteitä.

Tyyppin 1 lähteiden asema tässä tutkimuksessa on tuottaa taustoittavaa tietoa, joka vaikuttaa geoenergian hyödyntämisen edellytyksiin ja kannusteisiin kahdelta ylimmältä, regiimi- ja landscape-tasoilta. Lähteitä hyödyntämällä pyritään jäljittämään harjoitetun ilmasto- ja energiapolitiikan yleisiä piirteitä, energiapolitiikan painopisteitä, eri energialähteiden tukimuotoja ja kulloinkin noudatettuja rakennusmääräyksiä. Muu tyyppin 1 kirjallinen materiaali kuvaa erityisesti ajankohdan geoenergian hyödyntämisen toimintaympäristöä sekä tuolloin käsillä ollutta tietämystä ja käsitystä laatimisajankohdan toiminnallisista, hallinnollisista tai taloudellisista haasteista sekä geoenergian hyödyntämisen tulevaisuudennäkymistä. Poliittikkapaperien ja raporttien merkitys painottuu kehityksen taustoittamiseen vuosituhannen vaihteen tienoilta alkaen. Työn tulevaisuusosiossa tyyppin 1 lähteitä ovat pääosin rakentamista, asumista, energiankulutusta ja -tuotantoa käsittelevät politiikkapaperit ja niiden vaikutuksia kuvaavat tutkimusraportit. Tulevaisuusosiossa keskeisiksi tunnistetut tulevaisuussuuntautuneet aineistot viitoittavat tietä odotettavissa olevasta tulevaisuudesta kiinteistöjen energiaratkaisujen markkinoilla. Näiden aineistojen valikointi tapahtui tehtyjen kirjastohakujen ohessa sekä pohjautuen tutkijan omaan ymmärrykseen keskeisistä politiikkadokumenteista.

Tyyppin 2 lähteet tuottavat tietoa tarkastelun kahteen ensimmäiseen osioon ja siinä erityisesti hyödynnettävän tarkastelukehikon kahdelle alimmalle; niche- ja

regiimitasoille. 1970- ja 1980-lukujen vaihdetta koskeva ajankohtaisaineisto koostuu pääosin erilaisten Suomessa julkaistujen rakennus- ja lvi-alan ammattilehtien sekä suurelle yleisölle suunnattujen uutis-, tekniikka- ja talouslehtien artikkeleista. Näiden lähteiden keskeisenä funktiona on tukea kerättyä haastatteluaineistoa tuottaen tietoa siitä miten maalämmöstä oli tietoa saatavilla ja kuinka tätä energiamuotoa käsiteltiin julkisissa lähteissä. Koska nykyhetkessä tehtävissä haastatteluissa pisimmillään lähes 40 vuoden takaisten asioiden yksityiskohdat voivat olla hankalasti luotettavalla tavalla jäljitettävissä, painottuu uutis- ja ajankohtaislähteiden tarkastelun merkitys erityisesti geoenergian hyödyntämisen alkuvaiheita käsittelevässä luvussa 4.

Tapahtunutta kehitystä kuvaavan ajankohtaisaineiston etsiminen tapahtui tekemällä kirjastohakupalveluissa²⁸ tekstihakuja termeillä, jotka liittyvät geoenergiaan. Käytettyjä termejä olivat lämpöpumppu, maalämpöpumppu, maalämpö ja geoenergia sekä näiden sanojen erilaiset lyhennelmät ja taivutusmuodot. Myös ruotsinkielisiä hakuja tehtiin. Näissä hauissa käytetyimmät hakusanat olivat ruotsiksi bergvärme, jordvärme ja värmepump. Relevantiksi aineistoksi määriteltiin vuosina 1974–2011²⁹ julkaistut tekstit, joissa käsiteltiin nimenomaan maalämpöä (ei muita lämpöpumpputyyppejä), jotka eivät olleet mainoksia ja olivat uniikkeja (eivät olleet toistensa kopioita tai eri versioita samasta jonkin uutistoimiston laatimasta kirjoituksesta).

Kahdesta kirjastohausta tuloksiksi saaduista yhteensä noin 1000 hakuosumasta relevantteja oli noin 130. Suuri ero hakuosumien ja relevantiksi todettujen välillä johtuu pääosin siitä, että osumat käsittelevät valtaosin muita lämpöpumpputyyppejä kuin maalämpöä. Kiinnostavaksi tunnistetuista artikkeleista löytyi kirjastoista työn kahteen ensimmäiseen osioon analysoitavaksi aineistoksi 55 ajankoh- taisartikkelia. Hävikki relevanttien osumien ja aineistona hyödynnettyjen lähteiden selitty osin sillä, että valtaosa ennen vuosituhannen vaihdetta julkaistuista artikkeleista on käytettävissä vain paperimuodossa tai mikrofilmillä. Näiden osalta kirjastoissa³⁰ olevien painettujen lehtivuositietojen tarkastelu ei aina tuottanut tulosta vaan etsitty lehden numero puuttui kirjaston kokoelmista. Lisäksi osa kirjastosta löydettyistä artikkeleista osoittautui niihin tutustuttaessa geotermistä

²⁸ Käytetyimmät hakupalvelut: digitaalinen kirjasto Finna, <https://www.finna.fi/>, Turun yliopiston kirjaston Aleksis-sanomalehtiviitetietokanta <http://libguides.utu.fi/c.php?g=93737&p=604919>

²⁹ Haku ulotettiin alkamaan vuodesta 1970 alkaen, mutta vuotta 1974 vanhempia lähteitä ei löytynyt ainnuttakaan. Haun päättymisvuodeksi valittiin vuosi 2011, sillä tällä rajauksella saatiin kerättyä historiatietoa 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen kehitykseen vaikuttaneista tekijöistä. Tätä tuoreempaa kehitystä koskevat näkemykset välittyvät muun ajankohtais- ja haastatteluaineiston kautta.

³⁰ Hyödynnetyt kirjastot: Kansalliskirjasto, Turun yliopiston kirjasto, Åbo Akademin kirjasto

energiaa käsitteleväksi tai sisällöltään niin tekniseksi, ettei niistä ollut apua geoenergian yleistymiseen vaikuttavien tekijöiden ymmärtämisessä tämän työn viitekehysessä.

Sähköisten hakupalvelujen tuloksia täydentävät Geoener-hankkeen sekä jatko-opintojen suunnittelun ja ajankohtaisaineiston tiedonkeruuvaiheen aikana (vuosina 2009–2015) kerätyt geoenergiaa käsittelevät uutis- ja teema-artikkelit muutamissa keskeisissä suomalaisissa medioissa (YLE, Kauppalehti, Talouselämä, Tekniikka & Talous). Näistä artikkeleista niitä, jotka eivät sisältyneet jo aiemmin kuvatun haun tuloksiin, hyödynnettiin työn toisen, 2000-luvun alkua kuvaavan osan sisällönanalyyseissä. Näitä eri medioiden tuottamia sähköisessä muodossa olevia ajankohtaisartikkeleita oli yhteensä 43 kpl. Tehtyjä hakuja täydennettiin vielä Helsingin Sanomien sähköisen arkiston³¹ aineistolla. Vuosilta 1990–2014 maalämpöä tämän tutkimuksen näkökulmasta kiinnostavasti käsitteleviä artikkeleita löytyi 64 kappaletta. Kaiken kaikkiaan ajankohtaisaineiston analyysi pohjaisi 162 (55+43+64) lehti- tai uutisartikkelin tarkasteluun³².

Kirjallisen aineiston valikoinnissa ja hyödyntämisessä on pyritty tiedostamaan näiden aineistolajien käyttöön tyypillisesti liittyviä riskejä ja hyödyntämään eri aineistolajeja erityisesti niiden vahvuusalueilla. Kirjallisen aineiston hyödyntämiseen liittyvät ongelmat voivat olla seurausta tutkijan tekemistä virheistä aineiston valikoinnissa tai ne voivat liittyä hyödynnettävään aineistoon. Aineiston valikoinnin suhteen on pyritty yllä kuvatusti valikoimaan laajasti luettuja ja neutraaleja, tarkasteltujen ajankohtien olosuhteita ja geoenergian hyödyntämistä luotettavasti kuvaavia lähteitä. Lähdeaineistojen osalta ongelmia niihin perustuville tulkinnoille voi aiheuttaa erityisesti se, että lähteitä ei ole laadittu käsillä olevan tutkimuksen kysymyksenasettelua ajatellen. Sekundäärisistä lähteistä on voitu jättää joitain tutkimuksen kannalta keskeisiä asioita pois ja korostaa toisia, tutkimuksen kannalta toisarvoisia seikkoja. Lisäksi etenkin uutis- ja ajankohtaisaineiston osalta korostuvat tuotetun tiedon läpinäkyvyyteen liittyvät haasteet. Artikkeleissa hyödynnetty lähdeaineisto ei välttämättä käy aina ilmi. Teksti ja siinä esitetyt johtopäätökset voivat olla sen kirjoittaneen henkilön käsitysten, kirjoitusajankohdan kontekstin tai tavoitellun kohdeyleisön miellyttämisen värittämää (Thorne 1994, 267–268; 271; Berg & Lune 2012, 315–317). Ajankohtaisaineiston vahvuudet ovat erityisesti kulloisenkin tarkasteluajankohdan ajankuvan täy-

³¹ Helsingin Sanomien sähköinen arkisto <http://www.hs.fi/paivanlehti/arkisto/> sähköinen arkisto alkaa vuodesta 1990.

³² Lista hyödynnetyistä artikkelilähteistä on nähtävillä liitteessä 4.

dentämisessä sekä joidenkin geoenergian täsmällisten ominaisuuksien kuvauksessa.

3.1.4 Verkkokyselyllä kerättävä aineisto

Tässä väitöskirjatyössä geoenergian hyödyntämisen tulevaisuutta käsittelevien näkemysten tuottamisessa ja jalostamisessa hyödynnetään Delfoimenetelmää³³. Menetelmän ytimenä on kaksi- tai useampikierröksinen aineistonkeruu- ja argumentaatiokierros, jossa käsiteltävän aiheen asiantuntijoille suunnattujen tulevaisuutta koskevien kyselykierrosten välissä aiemman kierroksen tulokset koostetaan yhteen ja annetaan panelistien uudelleenarvioitaviksi (Linstone & Turoff 2002, 5-6). Uudella kierroksella asiantuntijoilla on mahdollisuus muuttaa ja tämentää näkemystään. Näin näkemykset mahdollisesta, todennäköisestä ja sitä kysyttäessä myös toivottavasta tulevaisuudesta jalostuvat prosessin aikana.

Delfoi-menetelmän hyödyntämisellä pyrittiin tässä työssä tunnistamaan kiinnostajien lämmittämiseen ja siinä erityisesti geoenergian hyödyntämiseen liittyviä muutostekijöitä ja muutoksen suuntia Suomessa vuoteen 2030 tullessa. Kaksi-kierroksisen Delfoin ensimmäinen kierros toteutettiin aiemmin luvussa 3.1.1 kuvautusti haastatteluin ja toinen kierros Webropol-kyselyohjelmistolla toteutettuna verkkokyselynä. Monipuolisen asiantuntijajoukon hyödyntäminen on tunnistettu tärkeäksi erityisesti Delfoi-tutkimuksissa, joissa tavoitteena on tuottaa tulevaisuudesta vaihtoehtoisia näkökulmia ja muodostaa erilaisia mahdollisia tulevaisuuksia kuvaavia kehityskulkuja (Förster & von der Gracht 2014, 216). Näin tässä työssä informanttien valinnassa oleellista oli saada mukaan näkemyksiä laajasti geoenergiaan ja sen hyödyntämisympäristöön liittyen³⁴. Haastattelussa kaikilta haastateltavilta³⁵ kysyttiin samat geoenergian tulevaisuutta Suomessa käsittelevät kysymykset. Lisäksi haastateltavilla oli mahdollisuus kertoa vapaasti näkemyksiään geoenergian tulevaisuuteen Suomessa vaikuttavista tekijöistä. Haastattelujen tulevaisuusaineistosta muodostettiin toisen Delfoikierroksen kysymykset. Toisen kierroksen kyselyssä tiedusteltiin vastaajien näkemyksiä skenaarioista, jotka oli laadittu sovittaen aiemman tiedonhankinnan tuloksia soveltuviin MLP:n kehitysdynamiikan tyyppeihin. Skenaarioiden rakentaminen ja niiden elementtien tes-

³³ Eng. Delphi method, Delphi technique tai Delphi study

³⁴ Informanttien valinnasta ks. luku 3.1.1 ja liite 1

³⁵ Täsmälleen samat tulevaisuuskyymykset kysyttiin vuosina 2014–2016 haastatelluilta 19 henkilöltä. Geoener -hankkeen yhteydessä haastatelluille 9 henkilölle esitetyt tulevaisuuskyymykset olivat luonteeltaan näitä yleisempiä.

taaminen Delfoi-menetelmää hyödyntäen on melko tavanomaista (ks. esim. Liimatainen et al. 2014, Nowack et al. 2011, Heinonen & Lauttamäki 2012, Rikonen & Tapio 2009), mutta se, että skenaariot on tuotettu nojautuen johonkin muutoksen teoriaan tai teoriassa tunnistettuihin tyyppiteltyihin, on harvinaisempaa. Toteutetun verkkokyselyn sivut ovat nähtävillä liitteessä 5.

Kysely toimitettiin kaikille, joita oli haastateltu työn aiemmissa vaiheissa ja jotka vielä toimivat samoissa tai samankaltaisissa tehtävissä kuin haastatteluhetkellä. Haastatellusta 31 henkilöstä verkkokyselyn otoksesta jäi pois 3 henkilöä, jotka olivat vaihtaneet toimialaa tai työpaikkaa sekä 4 henkilöä, joiden yhteystiedot olivat sitten haastattelujen muuttuneet siten, että kyselyä ei saatu heille sähköpostitse toimitettua. Tavoitettu 24 henkilön joukko käsitti 18 henkilöä vuosina 2014–2018 haastatelluista sekä 6 aiemmin toteutetun Geoener-hankkeen aikana haastateltua henkilöä. Kyselyn vastaanottaneista 14 täytti kyselyn. Vastanneista kaikki olivat henkilöitä, jotka oli aiemmin haastateltu yksinomaan tämän työn kysymyksenasettelun näkökulmasta. Huolimatta kyselyn vastausajan pidentämisestä kahdesti ja useista yrityksistä kannustaa vastaajiksi kutsuttuja kertomaan näkemyksiään jäi toisen kierroksen vastausaktiivisuus kokonaisuudessaan varsin matalaksi. Yksi tässä tapauksessa mahdollinen selitys voi olla kyselyn täyttämisen työläys. Tähän viittaa se, että vaikka täytettyjä ja palautettuja lomakkeita kerätyi vain 14 kappaletta, oli lomake kyselyohjelmiston seurantatietojen mukaan avattu yli 50 eri kertaa.

Vastausten määrän putoaminen ensimmäisen ja toisen Delfoi-kierroksen välillä on tyyppinen ilmiö Delfoi-tutkimuksissa. Useita eri aiheita käsittelevien Delfoi-tutkimusten toteuttamista arvioivassa artikkelissaan Nowack, Endrikat & Günther (2011, 1611) toteavat keskimääräisen vastaajakadon kierrosten välillä olevan noin 18 %. Laskettuna kaikista haastatelluista vastaajakato on tässä työssä toteutetun Delfoi-tutkimuksen tapauksessa 55 %. Kaikkien haastateltujen osalta pitkä ajallinen etäisyys toteutettujen haastattelujen ja kyselyn välillä oli todennäköisesti yksi heikkoa vastausaktiivisuutta selittävä syy. Haastatteluaineiston ytimen tuottaneista 22 henkilöstä laskettuna kierrosten välinen vastaajakato oli hieinan koko haastateltujen joukosta laskettua pienempi, noin 36 %.

Vastanneet edustivat hyvin liitteen 1 asiantuntijamatriisissa kuvattuja osaamisalueita, haastatelluista asiantuntijatahoista kaikilta muilta paitsi rakennusyrityöiden edustajilta ja geoenergiaratkaisujen suunnittelijataholta saatiin kyselyyn vastaukset. Kyselyn vastaajajoukkoa voi täten suurehkosta vastaajakadosta huolimatta pitää eri asiantuntijuusalueita kohtalaisen hyvin edustavana. Kuitenkin, johtuen tavoiteltua pienemmästä vastausaktiivisuudesta, on Delfoin toisen kierroksen kyselyllä hankittu tieto luonteeltaan lähinnä muuta tulevaisuustiedon keruuta täydentävää tietoa. Kyselyllä kerätty aineisto on haastatteluin kerättyyn

aineistoon verrattuna niukempaa ja hieman heikommin erilaisia näkemyksiä esiin tuovaa.

3.2 Aineiston analyysimenetelmät

Väitöskirjan jo tapahtunutta kehitystä tarkastelevissa osissa ja tulevaisuusosiossa hyödynnettävät menetelmät erosivat toisistaan. Tutkimuksen kahdessa ensimmäisessä osassa, jossa aineistona olivat haastattelut ja kirjalliset lähteet, hyödynnettävä menetelmä oli laadullinen sisällönanalyysi. Tulevaisuusosiossa keskeisinä menetelminä olivat laadullinen sisällönanalyysi ja Delfoi-menetelmä sekä skenaarioiden laatimisessa hyödynnetty teoriaohjattu skenaarioiden rakentamismenetelmä.

3.2.1 *Laadullinen sisällönanalyysi*

Lähdeaineistoksi kerättävää artikkeli- ja haastatteluaineistoa analysoitiin laadullisella sisällönanalyysillä (Hsieh & Shannon 2005; Elo & Kyngäs 2008). Sisällönanalyysiä hyödyntämällä kyetään monipuolisesta ja laajasta lähdeaineistosta tiivistämään oleellisia aineistoa määriteltyjen tutkimuskysymysten näkökulmasta luonnehtivia teemoja. Sisällönanalyysiä voi toteuttaa eri periaattein. Usein päälinjat jaetaan kahteen tyyppiin: tavanomaiseen (tai perinteiseen) ja ohjattuun sisällönanalyysiin (Elon ja Kyngäksen termein induktiiviseen ja deduktiiviseen). Tavanomaisessa (induktiivisessa) sisällönanalyysissä aineiston luokittelut nousevat yksinomaan tarkasteltavasta aineistosta, ohjatussa (deduktiivisessa) sisällönanalyysissä taas tutkimuksen taustalla käytettävä teoria tuottaa hyödynnettävät luokittelukategoriat (Hsieh & Shannon 2005, 1277). Analyysi toteutettiin artikkeli- ja haastatteluaineistoille erikseen ja analyysien tulokset yhdistettiin raportointivaiheessa. Yhdistämistä tehtäessä huomioitiin erilaisten aineistolajien käyttöön liittyvät ominaisuudet, joita käsiteltiin aiemmin luvuissa 3.1.1 ja 3.1.3. Haastatteluaineiston kautta välittyvä ymmärrys oli etusijalla geoenergian toimijoita, geoenergian markkinoiden rakentumista sekä tutkimus-, tuotekehitys- ja koulutuskytymyksiä käsittelevien aiheiden tarkastelussa. Näin etenkin 2000-luvun kehitystä kuvaavassa osiossa, josta haastateltavilla voi olettaa olevan vielä melko täsmällisiä muistikuvia. Kirjallinen aineisto painottui yleisemmän toimintaympäristön, yleisten energia-asenteiden ja joissain kohdin geoenergian täsmällisten ominaisuuksien (kuten laitteistojen hinnat eri aikoina) kuvauksessa. Ajankohtaisaineisto oli tärkeässä roolissa myös 1970- ja 1980-lukujen kehitystä kuvaavan haastatteluaineiston tuottamien seikkojen täydentämisessä.

Tässä tutkimuksessa kerättyä aineistoa järjestettiin noudattaen tapaa, joka käsitti elementtejä sekä tavanomaisen ja että ohjatun sisällönanalyysin lähestymistavoista. Kullakin tutkimuksessa käsiteltävällä aikatasolla ylimpinä analyttisinä järjestelytasoina käytettiin MLP-tarkastelukehyksen kolmea porrasta: niche, regiimi ja landscape. Toteutettu sisällönanalyysi keskittyi erityisesti niche- ja regiimitasojen toimijoiden, toimenpiteiden ja vaikuttimien tunnistamiseen. Sisällönanalyysillä käsiteltävät aineistot olivat ensisijaisesti näille tasoille tietoa tuottavat haastatteluaineisto ja aiemmin mainitut tyyppin 2 kirjalliset aineistot. Sisällönanalyysi tuotti myös tärkeimmät landscape-tasolta geoenergian kehitykseen vaikuttavat teemat. Näin esille nousseiden landscape-tason teemojen osalta sisällönanalyysin tuloksia syvennettiin tarkastelemalla erityisesti kunkin ajankohdan osalta relevantteja politiikkapapereita ja muita raportteja (tyypin 1 kirjalliset aineistot). Kehitykseen vaikuttavien tekijöiden tunnistamisen ohella sisällönanalyysillä pyrittiin myös jäljittämään havaitun kehityksen luonnetta ja eri tarkastelutasojen välisiä linkkejä. Tässä pyrkimyksenä oli sovittaa aineiston tuottamia havaintoja aiemmassa MLP-mallia soveltaneessa tutkimuksessa tunnistettuihin muutospolkuihin. Toteutettava sisällönanalyysi auttoi löytämään tekijöitä, tapahtumia ja mekanismeja, joilla voidaan ymmärtää tapahtunutta ja odotettavissa olevaa kehitystä. Tuloksena saatiin kuvaus suomalaisen geoenergia-alan historiasta sekä näkemyksiä tekijöistä jotka saattavat vaikuttaa geoenergian hyödyntämiseen tulevaisuudessa.

Sisällönanalyysi toteutettiin NVivo Pro 11 -ohjelmistolla. Ohjelmiston yksinkertaistettuna toimintaperiaatteena on helpottaa sähköisessä muodossa olevien tietoaaineistojen koodaamista, teemojen erittelyä ja analysointia. Ennen analyysiä väitöskirjan haastatteluaineiston ytimen muodostavan 22 vuosina 2014–2018 haastatellun henkilön näkemykset käsittävä aineisto litteroitiin. Kerättyä haastatteluaineistoa ei litteroitu sanasta sanaan vaan litteroinnissa aineisto pelkistettiin käsittämään haastatteluissa esitettyihin kysymyksiin liittyvät asiat jättäen käytyjen keskustelujen ilmiselvät sivupolut (esim. lvi-tekniikan ominaisuuksia joissain tietyissä toteutetuissa kiinteistökohteissa koskevat kovin tekniset keskustelut) litteroimatta. Yhdeksän Geoener-hankkeen yhteydessä haastatellun henkilön haastatteluja ei purettu tätä väitöskirjatyötä varten uudelleen vaan aineisto analysoitiin hankkeen aikana tehdyistä litteroinneista ja haastattelumuistioista.

Kirjallisesta artikkeliaineistosta (tyypin 2 kirjalliset lähteet) se osa, mikä oli saatavilla sähköisesti, tallennettiin ohjelmistoon. Suurta osaa tässä tutkimuksessa hyödynnettävästä 1900-luvun puolella julkaistusta kirjallisesta aineistosta ei kuitenkaan ollut saatavilla sähköisessä muodossa. Tällaisista lähteistä tehtiin niihin tutustuttaessa sisällönanalyysiä varten tiiviit muistiot. Sisällön osalta keskeisiä tarkasteltavia kysymyksiä muistiota laadittaessa olivat artikkelissa esitetty suhtautuminen maalämpöön (positiivinen/ neutraali/ negatiivinen/ varauksellinen),

perusteet esitetylle näkökannalle sekä maalämmön soveltuvimmat käyttökohteet. Lisäksi huomioitiin, mikäli artikkeli käsitti jotain muuta maalämmön yleistymisen dynamiikkaa taustoittavaa asiaa. Tällaisia muistioihin kirjattuja lähteitä oli yhteensä 46 kpl³⁶. Laaditut muistiot syötettiin NVivo Pro 11 -ohjelmistoon ja niiden sisältö hyödynnettiin sisällönanalyysin aineistona.

Sisällönanalyysi toteutettiin molempien aineistojen tapauksessa erittelemällä ensin kerätty aineisto koskien ajankohtaa, johon se liittyi. Näitä olivat 1970-luvun alkupuolelta 1980-luvun puoleenväliin ulottunut jakso, 2000-luvun ensimmäinen vuosikymmen sekä tulevaisuus vuoteen 2030 tullessa. Näiden ajanjaksojen sisällä kunkin lähteen eri havainnot (tutkimuskysymyksiin jostain suunnasta liittyvä lause kirjallisessa materiaalissa tai vastaus haastattelussa esitettyyn kysymykseen) luokiteltiin koodaamalla ne kuuluvaksi johonkin MLP-viitekehysten kolmeen tarkastelutasoon: landscape, regiimi tai niche. Näiden analyttisten tason sisällä MLP:tä käsittelevä teoreettinen ja soveltava kirjallisuus tarjosi mahdollisiksi luokittelukategorioiksi kelpaavia tekijöitä runsaimmin regiimitasolle, mutta joitakin muillakin tasoilla sovellettavia on kirjallisuudesta löydettävissä (ks. esim. Geels & Schot 2011, 18–24). Landscape-, regiimi- ja niche-tasojen sisällä tehtyjen luokittelujen lähtökohtana hyödynnettiin kestävän kehityksen transiititutkimuksen parissa ja erityisesti MLP-viitekehystä hyödyntäneissä tutkimuksissa tunnistettuja toimijoita, toimintoja ja instituutioita^{37,38}.

Aineistoja luokiteltaessa pyrkimys oli aina ensinnä hyödyntää kirjallisuudessa aiemmin tunnistettuja kategorioita (ohjattu tai deduktiivinen ote). Näitä luokitteluja täydennettiin ja korvattiin tarvittaessa aineistosta nousevilla kategorioilla (tavanomainen tai induktiivinen ote). Uusien kategorioiden luominen tapahtui perustamalla teoriasta johdettuihin luokkiin sopimattomalle havainnolle uusi oma luokittelukategoriansa. Jos tähän teemaan kertyi koodauksen edetessä useampia havaintoja, luokka vakiintui käyttöön. Aineistosta nousseet uudet kategoriat sijoitettiin soveltuvasti jollekin kolmesta analyttisestä tarkastelutasosta huomioiden esiin nousseen teeman vaikutus ja vakiintumisen aste kiinteistöjen lämmityksen kentässä sekä etäisyys siitä, miten jokin yksittäinen toimija voi vaikuttaa kyseessä olevan kategorian muuttamiseen. Yksinkertaistettu esimerkki viimeksi mainitun perusteen soveltamisesta olisi että asiat, joiden muuttaminen on lähes kaikille

³⁶ Liitteessä 4 esitetyt artikkelit 1-46 on koodattu muistioita hyödyntäen

³⁷ Instituutiot ymmärretään tässä tutkimuksessa säännönmukaisuuksina, joita ilmenee ihmisten ja yhteisöjen välisissä suhteissa (instituutioiden määritelmä, ks. Vihanto 2012 sekä North 1990).

³⁸ Teoriasta johdetut alustavat luokittelukategoriat, joita hyödynnettiin koodausta aloitettaessa ovat nähtävillä liitteessä 3.

toimijoille oman vaikutusvallan ulottumattomissa, sijoitettiin landscape-tasolle, kun taas asiat, joiden muuttaminen on mahdollista, mutta hidasta kuuluivat regiimiin. Koodaus tapahtui prosessinomaisesti siten, että luokittelukategorioita arvioitiin, muutettiin ja täydennettiin aineiston täydentyessä ja aineiston tuntemuksen parantuessa. Niissä tapauksissa, joissa aineistosta nousut tekijä ei sopinut valmiisiin luokkiin, perustettiin uusi kyseiselle havaintoyksikölle paremmin sopiva kategoria. Lisäksi tapauksissa, joissa teoriasta johdettu luokka vaikutti hieman liian yleiseltä kuvaamaan aineiston monipuolisuutta, laajennettiin näitä kategorioita tekemällä niille alakategorioita. Uusien koodauskierrosten aikana sellaiset teoriasta johdetut kategoriat, joiden käyttämiselle ei löytynyt tukea aineistosta, poistettiin. Koodaamisen kategoriat vakiintuivat molempien aineistolajien kohdalla melko nopeasti ja monet teoriasta johdetut kategoriat osoittautuivat kohtalaisen toimiviksi alusta alkaen. Eniten lisäyksiä oli tarpeen tehdä regiimitason muuttujiin, joihin energiavalintoihin vaikuttavien motiivien erittely edellytti molempien aineistojen tapauksessa uusien kategorioiden luomista. Koodauksen edetessä kategorioita yhdisteltiin enemmän kuin uusia luotiin. Aineiston järjestäminen viimeinen käsittelykierros tapahtui tämän työn analyttisiä päälukuja 4-6 kirjoitettaessa, jolloin joitain eri teemoihin liittyvä detaljeja siirrettiin parhaiten soveltuvien lukujen yhteyteen.

Haastatteluaineiston analyysi käynnistyi käsittelemällä vuodenvaihteessa 2015–2016 tehdyistä haastatteluista asiasisällöltään viisi rikkaimman oloista ensin. Tätä ”ydinaineistoa” hyödynnettiin teoriasta johdettujen luokittelukategorioiden soveltuvuutta pohdittaessa. Anniltaan rikkaimpien haastattelujen valinnassa apuna olivat välittömästi haastattelujen jälkeen kirjoitetut lyhyet haastattelu-muistiot. Näihin muistioihin kirjattiin tyypillisesti juuri suoritettujen haastattelun keskeinen viesti sekä asioita, jotka yhtäältä vahvistivat aiemmasta aineistosta nousseita hypoteeseja tai toisaalta vaikuttivat uusilta tai yllättäviltä suhteesta siihen mennessä kerättyyn tietoon. Lisäksi muistioihin koottiin kussakin haastattelussa esiin tulleita keskeisiä havaittuun ja odotettavissa olevaan kehitykseen vaikuttaneita tekijöitä. Muistioita hyödynnettiin myös arvioitaessa ovatko kestävän kehityksen transitioiden teoriakirjallisuudessa mainitut kategoriat käypiä haastatteluaineiston jaottelussa vai edellyttääkö aineiston oleellisten piirteiden hallinta ja havainnollistaminen uusien kategorioiden laatimista. Muistiot toimivat näin toteutettavan analysoinnin esivaiheena ja myöhemmin tehtävää varsinaista analyysia sekä tulevaa tiedonhankintaa ohjaavina apuvälineinä. Tällainen aineistonhankinnan kanssa rinnakkaisen tiedonjalostamisen tekeminen on hyväksi havaittu tapa toteuttaa laadullista tutkimusta (Koskinen et al. 2005, 96–97).

Pääosa haastatteluaineistosta analysoitiin ennen artikkeliaineiston analyysiä. Artikkeliaineiston analyysiä toteutettaessa niissä tapauksissa, joissa aineistosta nousi teemoja, joita teoriasta johdetut kategoriat eivät täysin vastanneet, pyrittiin

uusina otsikoina ensinnä hyödyntämään haastattelujen analysoinnin yhteydessä luotuja kategorioita. Useissa tapauksissa nämä toimivatkin hyvin. Uudet, artikkeliaineistolle uniikit kategoriat liittyivät geoenergiaan kohdistuviin asenteisiin, markkinoiden rakentumiseen ja energiakriisien aikaiseen yleiseen ajankuvaan. Tulosten raportoinnin yhteydessä kahden eri aineiston analyysit yhdistettiin. Eri-alaisten aineistolajien tuottamat kuvat geoenergia-alan kehityksestä ja eri ajankohdina vallinneesta toimintaympäristöstä olivat hyvin toistensa kanssa yhteensopivia ja toisiaan täydentäviä.

3.2.2 *Delfoi*

Työn kolmas, maalämmön hyödyntämisen tulevaisuutta koskeva osio eroaa aineistonkeruultaan ja menetelmiltään kahdesta ensimmäisestä osasta. Tämän osion tärkein hyödynnettävä menetelmä on asiantuntijatiedon keräämiseen ja jalostamiseen kehitetty Delfoi-menetelmä. Delfoi on kenties tunnetuin, käytetyin ja koetelluin tulevaisuudentutkimuksen menetelmistä. Menetelmän historia juontaa 1950-luvun alkuun ja ajatushautomo Rand Corporation:in saamaan toimeksiantoon tuottaa Yhdysvaltain ilmavoimille asiantuntijatietoa kylmän sodan asevarustelun taustalle. Tätä tarkoitusta varten kehitetty menetelmä tuli julkiseksi vuonna 1963 (Dalkey & Helmer 1963). 1960-luvulla eri alojen teknologiankehitys oli ripeää ja tutkimus- ja tuotekehityspanosten suuntaamisessa ennakoititiedolle oli suuri tarve. Delfoi-menetelmä sopi osaltaan täyttämään tätä tarvetta ja sen suosio kasvoi aluksi yritysten ja julkisten organisaatioiden parissa leviten vähitellen 1970-luvulle tultaessa myös akateemisiin tutkimuksiin (Linstone & Turoff 2002, 11). 1980-luvulta alkaen Delfoin voidaan sanoa vakiinnuttaneen paikkansa niin käytännöllisissä ennakoitihankkeissa kuin myös akateemisissa tulevaisuudentutkimuksissa (von der Gracht 2012, 1526). Suosiota havainnollistaa se, että muutamista tulevaisuudentutkimuksen keskeisistä aikakausjulkaisuista hakusanalla ”Delphi” tehty etsintä tuottaa pitkälti yli tuhat³⁹ artikkelia, joissa tätä menetelmää on hyödynnetty eri aihealueiden tulevaisuuden suuntia käsittelevissä tutkimuksissa.

Linstone ja Turoff (2002, 3) määrittelevät Delfoin ryhmäkommunikaation strukturointimenetelmäksi, joka mahdollistaa monitahoisen ongelman tehokkaan tarkastelun useiden henkilöiden muodostamassa ryhmässä. Delfoi-tutkimuksen keskeisiä piirteitä ovat asiantuntijoiden anonymiteetti, usean iteroituvan kysely-

³⁹ Haut tehty 11.10.2016 Lehdistä Futures, Technological Forecasting and Social Change ja Foresight. Osumat em. lehdissä: 473, 750 ja 155 kappaletta.

kierroksen hyödyntäminen ja asiantuntijoilta saatavan palautteen huomioiminen prosessin edetessä (Kuusi 2002, 206–207). Anonymiteetin tarkoituksena on huomion kohdistaminen tulevaisuutta koskevien käsitysten perusteluihin ja niiden laatuun. Anonymiteetti takaa myös sen, että asiantuntijat pystyvät ilmaisemaan näkemyksensä ilman mahdollisia työnantajan tavoitteista, ammattiasemasta tai statuksesta juontuvia rajoitteita. Tulevaisuustiedon jalostuminen tapahtuu toistuvien tiedonhankintakierrosten myötä. Kierrosten aikana asiantuntijoilla on mahdollisuus tutustua muiden mukana olevien henkilöiden aiempien kierrosten vastauksiin ja perusteisiin, joilla ne on laadittu sekä verrata omia vastauksiaan muiden näkemyksiin. Tähän palautteeseen perustuen ryhmään kuuluvat asiantuntijat voivat täydentää tai muokata aiempia vastauksiaan. Tavoitteena on perustellulla argumentoinnilla tuottaa sellaisia tulevaisuuskuvia, jotka ovat asiantuntijoiden näkemyksen mukaan uskottavia.

Kulloinkin käsillä olevan ongelman määrittely ratkaisee millaista tulevaisuustietoa tavoitellaan. Etsitäänkö todennäköisintä, toivottavinta, vältettävää tai jollain muulla tavalla määriteltyä tulevaisuutta. Monissa ensimmäisistä Delfoi-tutkimuksista tavoitteena oli asiantuntijatiedon ohjautuminen kierros kierrokselta kohti yhtä, asiantuntijoiden näkemyksen mukaisesti todennäköistä käsitystä tulevaisuudesta (ns. konsensus-Delfoi). Hakeutuminen konsensusta tai ohjautuminen kohti yhtä tulevaisuutta ei kuitenkaan ollut menetelmän sisäänrakennettu ominaisuus. Konsensukseen pyrkiminen vain muodostui tavanomaiseksi tavaksi jolla Delfoita sen suosion kasvaessa yleisesti sovellettiin. Konsensuksen saavuttamisen sijaan oleellista menetelmän soveltamisessa on aina ollut tavoittaa piste jollain asiantuntijoiden näkemykset tulevaisuudesta eivät kierrosten välillä enää merkittävästi muutu (Linstone & Turoff 2011, 1714). Näkemys, jonka mukaan konsensuksen tavoittelemista kiinnostavampaa on tarkastella syitä, jotka tuottavat eriäviä näkemyksiä asiantuntijajoukossa (ns. Poliitiikka-Delfoi⁴⁰ tai dissensus-Delfoi), esitettiin jo varhain (Coates 1975, 194). Tällaisen asiantuntijoiden näkemysten eroavaisuuksiin ja niiden perusteisiin keskittyvällä tavalla pystytään kerryttämään ymmärrystä tulevaisuutta mahdollisesti muuttavista tekijöistä ja mekanismeista joilla erilaiset tulevaisuudet voivat tulla todeksi.

Pyrkimys yhden yhteisen tulevaisuusnäkemysten tuottamiseen leimaa edelleen useimpia toteutettavia Delfoi-tutkimuksia. Enenevästi kiinnostusta kohdistetaan kuitenkin asiantuntijoiden näkemysten eroavaisuuksien ja niiden perusteiden tarkasteluun (von der Gracht 2012, 1528). Asiantuntijajoukon näkemysten erojen tarkasteluun keskittyvä Delfoi on omiaan skenaarioiden laatimisen apuvälineeksi.

⁴⁰ Eng. Policy Delphi

Tällaisissa sovelluksissa aineistosta paljastuvista eroavuuksista tuotetaan vaihtoehtoisia kehityskulkuja jonkin tarkastellun aiheen tulevaisuudesta (ks. Tapio 2003 ja Nowack et al. 2011). Tässä tutkimuksessa Delfoin toteuttamistapana on asiantuntijoiden näkemysten eroavuuksia tarkasteleva politiikka-Delfoi. Tällä tavoin pystytään pureutumaan tekijöihin, jotka vaikuttavat kiinteistöjen lämmitysmarkkinoiden kehitykseen Suomessa ja laatimaan kuvauksia erilaisista geoenergian hyödyntämisen mahdollista tulevaisuuksista.

Tässä tutkimuksessa hyödynnettiin kaksikierröksistä Delfoita, jossa ensimmäinen kierros toteutettiin haastatteluina ja toinen sähköisenä kyselynä. Haastattelut ovat melko yleinen ja hyvin soveltuva tapa toteuttaa Delfoi-kierroksia kun asiantuntijapaneelin koko on noin 25–50 henkilöä (Kuusi 2002, 206). Delfoin ensimmäisellä kierroksella esitetyt kysymykset liittyen geoenergian hyödyntämiseen Suomessa tulevaisuudessa muodostettiin yksinomaan väitöskirjatyoöhön liittyvien haastattelujen käynnistyessä tuohon mennessä kerätyn kirjallisuus- ja haastatteluaineiston pohjalta. Delfoin ensimmäisen kierroksen tavoitteena oli saada yleiskuva siitä mitkä tekijät muokkaavat kiinteistöjen lämmitysvalintoja Suomessa vuoteen 2030 tullessa ja millaisena geoenergian tulevaisuus erilaisten kiinteistöjen lämmitys- ja viilennysvaihtoehtojen joukossa nähdään. Ensimmäisellä kierroksella geoenergiaa käsittelevät tulevaisuuskysymykset keskittyivät geoenergian käyttökohteisiin tulevaisuudessa sekä tekijöihin, jotka tulevina vuosina vaikuttavat geoenergian hyödyntämisen laajuuteen ja hyödyntämistapoihin. Haastatteluina koottu ensimmäisen Delfoikierroksen aineisto analysoitiin laadullista sisällönanalyysiä hyödyntäen. Analysoitu aineisto muodosti pohjan Delfoin toiselle kierrokselle.

Toisen kierroksen tiedonhankinnan tavoitteena oli täsmentää ja rikastaa aieman tiedonhankinnan tuloksina tuotettuja näkemyksiä ja näin saada parannettua ymmärrystä tekijöistä, jotka muovaavat kiinteistöjen lämmitysratkaisujen markkinoita tulevaisuudessa sekä geoenergian hyödyntämistä näillä markkinoilla. Lisäksi tavoitteena oli koota asiantuntijoiden kantoja erilaisten hahmoteltujen tulevaisuuksien toteutumisen todennäköisyyksistä. Toteutetun kyselyn rungoksi oli laadittu kolme toisistaan eroavaa skenaariota. Skenaariot laadittiin teorialähtöisesti nojautuen Hofmanin & Elzenin (2010, 657) esittelemään malliin, jossa laajassa sosioteknisessä järjestelmässä tapahtuvat muutosprosessit ovat keskeisiä erilaisia kehityskuluja erottavia tekijöitä. Analyttisenä kehiksenä muutosprosessien tunnistamisessa ja kuvaamisessa hyödynnettiin MLP:ssä tunnistettuja kehityskulujen tyyppejä. Kyselyssä arvioitiin laadittujen skenaarioiden ominaisuuksia ja täsmennettiin geoenergian hyödyntämisen tulevaisuuteen liittyviä seikkoja. Analyysin tuloksena tuotettiin kuvaus laadittujen kiinteistöjen lämmitysratkaisujen markkinoiden kehityskulujen keskinäisestä toteutumistodennäköisyydestä sekä geoenergian hyödyntämisen otollisimmista kohteista vuoteen

2030 tultaessa. Skenaarioiden laatimisperiaatteisiin palataan luvussa 7.1, jossa aihetta käsitellään täsmällisemmin.

3.3 Työn tieteenfilosofinen aseointi

Geoenergian suosioon vaikuttavat tekijät muotoutuvat laajassa sosioteknisessä järjestelmässä, joka on hankalasti rajattavissa, joka on ympäristönsä suhteen avoin ja jonka ominaisuudet muuttuvat ajan kuluessa. Ymmärrys tutkimuskohteen toimintaympäristön luonteesta sulkee pois koko joukon perinteisiä tieteenkemisen lähestymistapoja, joissa edellytetään tutkimuskohteen olevan selkeästi rajattavissa, hallittavissa, sen ominaisuuksien olevan mitattavissa ja muutosta tuottavien tekijöiden välisten suhteiden olevan muuttumattomia. Tieteenfilosofisesti tämä työ pohjautuu vahvimmin kriittisen realismin maailmankuvaan. Kriittinen realismi asemoituu tieteenfilosofian suuntausten ääripäiden – positivismin ja relativismin – välimaastoon korostaen tieteellisen tiedon hypoteettista luonnetta, tiedon korjautumista ajan kuluessa ja kulttuuristen tekijöiden vaikutusta tiedon rakentumisessa. Kriittisessä realismissa kriittinen asenne näkyy ennen muuta systemaattisessa ja läpinäkyvässä tavassa tuottaa tietoa ja rakentaa argumentteja. Realismia on ajatus jossain määrin objektiivisesti havainnoitavasta todellisuudesta, joka vaikuttaa uskomuksiin ja käsityksiin todellisuuden luonteesta sekä tulevaisuuden mahdollisuuksista (Aligica 2011, 615; Rubin 2016). Kriittisessä realismissa yhteiskunnan ja sen ilmiöiden nähdään olevan jatkuvassa muutoksessa ja tällaisessa ympäristössä dogmaattiset lähestymistavat ovat usein huonoja. Sen sijaan monipuolisten lähestymistapojen ja menetelmien hyödyntäminen on välttämätöntä tapahtuvan muutoksen ymmärtämiseksi (Bell 1997, 221–235).

Kriittisessä realismissa tieteellisellä metodilla ei välttämättä saada tuotettua täydellistä tietoa, mutta ajan kuluessa ja tiedon lisääntyessä tieteen tuottama tieto lähestyy totuutta (Bell 1997, 221–235; Aligica 2011, 614). Tulevaisuustiedon kohdalla on tosin huomioitava, että ajan kulumisen väistämättä ei tee tulevaisuudesta tehtäviä arvioita todemmaksi kuin vain siinä tapauksessa että kiinnostuksen kohteena on jokin staattinen piste tulevaisuudessa. Yleisesti tulevaisuus tutkimuskohteena tietyllä tavalla karkaa (kymmenen vuoden päässä oleva tulevaisuus on aina yhtä kaukana) eikä ajan kulumisen välttämättä vaikuta siihen miten hyvää tietoa tulevaisuudesta voimme kullakin hetkellä saada. Tulevaisuustiedon osalta kriittinen realismi edellyttääkin tiedolta totuuden sijaan uskottavuutta (Rubin 2016). Koottavan tulevaisuustiedon on oltava uskottavaa ja tarkasteltavan aiheen kannalta relevanttia siinä hetkessä kun tiedonkeruu ja -käsittely tapahtuvat. Tutkimusotteena kriittinen realismi mahdollistaa tarkastelun käsityksistä koskien jo tapahtunutta, nykyhetkeä sekä vielä tapahtumatonta tulevaisuutta ja on

maailmankuvaltaan yhteensopiva väitöskirjan pääasiallisen teoreettisen taustan, MLP-mallin (Geels 2010) kanssa.

Vakiintuneista tieteenfilosofista suuntauksista työn voi asemoida myös lähelle pragmatismia. Pragmatismiin liitetyistä ominaispiirteistä tässä työssä korostuu tutkimusongelman merkitys tutkimukseen liittyviä valintoja tehtäessä ja useiden näkökulmien integrointi tutkimuskysymykseen vastattaessa (Saunders et al. 2009, 108 sekä Popa et al. 2015, 48). Kestävän kehityksen transitiotutkimuksen tutkimusperinteen eri suuntauksissa tarkastellaan tyypillisesti kuinka yhteiskuntien sosiotekninen muutos kohti ekologisesti kestävämpiä tapoja toimia voisi edetä ja miten tätä kehitystä voitaisiin ohjata. Näistä suuntauksista useissa leimallista on aktiivinen, toivottavan tulevaisuuden tekemisen pyrkimys jossa pyritään vaikuttamaan yhteiskunnan rakenteiden ja niiden muodostamien systeemien kehitykseen pitkällä, useiden vuosikymmenten perspektiivillä (ks. Markard et al. 2012). Toiminnan korostaminen ja käytäntöön suuntautuminen ovat myös pragmatismiin tavallisesti liitetyjä tunnusmerkkejä, joskaan tässä työssä toimenpiteiden määrittely (esimerkiksi geoenergian hyödyntämisen edistämiseksi) ei ole keskiössä.

Muista tieteenfilosofisista suuntauksista väitöstyössä noudatetulla lähestymistavalla on samankaltaisuutta tulkinnallisen (interpretivistisen) ja hermeneuttisen perinteen kanssa. Tulkinnallinen ote näkyy erityisesti suhtautumisessa siihen millaisena kertyvä tieto ymmärretään. Koska työssä tehtävä tarkastelu ulottuu ajanjaksolle, jonka ääripäät ovat useiden vuosikymmenten takana menneisyydessä ja yli vuosikymmenen päässä tulevaisuudessa, ei täysin objektiivista kuvaa tarkasteltavan ilmiön pitkän aikavälin kehityksestä ole mahdollista tuottaa. Menneisyyttä koskevan haastatteluaineiston osalta energiakriisien ja nykypäivän välissä kulunut aika on saattanut muokata käsityksiä tuolloin tapahtuneesta. Tulevaisuustiedon osalta täysin objektiivisen tiedon hankinta ole mahdollista, sillä tulevaisuudesta ei voi tehdä objektiivisia havaintoja. Tulevaisuustieto koskien erilaisia mahdollisia tulevaisuuksia ja niiden arvottamista on kiinni tämän hetken käsityksissä ja näkemyksissä (ks. Kamppinen & Malaska 2002, 98–100). Aineiston hankinnassa ja analysoinnissa tutkimuskohteen kontekstin ja toimintaympäristön tunteminen on tärkeää aiheen kannalta relevantin tiedon tunnistamisessa ja oikean tulkinnan saavuttamisessa.

Väitöskirjatyön tutkimusprosessia voidaan pitää hermeneuttisena sikäli, että tiedonmuodostus on muuttunut ja täydentynyt prosessin edetessä. Tämä koskee erityisesti tutkimusongelmien muotoutumista tiedonkeruun prosessia työn edetessä. Väitöstutkimuksen eräänlaisena alkupisteenä voi pitää Tekesin rahoittamaa, vuosien 2010 ja 2011 kuluessa toteutettua Geoener -hanketta (Lauttamäki & Kallio 2013). Hankkeen yhteydessä tehty tiedonkeruu ja analyysi toimivat eräänlaisena esitutkimuksena tai esiyhdyksen kerryttämisenä tämän väitöskirja-

työn taustalla. Geoener-hankkeen kuluessa muotoutui yleinen käsitys kiinteistöjen energiemarkkinoiden aihepiiristä. Samassa yhteydessä valmistui myös ensimmäinen versio mahdollisista väitöskirjaksi jalostettavissa olevista tutkimuskysymyksistä. Tämän jälkeen aiheeseen liittyvää käytännöllistä ja teoreettista kirjallista materiaalia laitettiin talteen aina kun kiinnostavia tekstejä tuli vastaan. Lisäksi aina tilaisuuden tullen eri yhteyksissä (esim. muiden energia-aiheisten hankkeiden tiedonhankinnan ohessa) käytiin alaa tuntevien henkilöiden kanssa keskusteluja geoenergian hyödyntämisen vaiheista Suomessa. Näin rakentuivat väitöskirjan tutkimuskysymykset ja alustava muoto. Väitöskirjatyön varsinaisesti käynnistyessä kehitettiin työn edetessä erilaisia työhypoteeseja kehitykseen vaikuttavista prosesseista, tapahtumista ja kehitykseen vaikuttaneista toimijoista. Näitä prosessin kuluessa tehtyjä työhypoteeseja verrattiin kestävän kehityksen transiitioita käsittelevässä kirjallisuudessa esitettyihin kuvauksiin uusien energia-alan liittyvien innovaatioiden kehitysprosesseista ja tämän pohdinnan pohjalta jalostettiin omaa ymmärrystä ja suunnattiin täydentävän tiedon hankintaa.

Uuden tiedon rakentumisen prosessi työssä noudattelee lähimmin abduktiivisen päättelyn periaatteita. Abduktiivisessa päättelyssä tulokset tuotetaan soveltuvan teorian ja havaintojen yhdistelmänä siten, että aineiston keruussa voidaan teoriaohjaavasti keskittyä joidenkin ilmiön kannalta keskeisten teemojen tarkasteluun ja teoriaa taas muokata kertyvän aineiston pohjalta. Teoria toimii empiiristä tarkastelua ohjaavana ja jäsentävänä kehyksenä, jonka kautta kyetään joustavasti jäljittämään logiikkaa, jolla tarkasteltava systeemi toimii (Patokorpi & Ahvenainen 2009, 126–127 ja Anttila 2014). Tämä toimintatapa on sopiva MLP:n kaltaisen väljän teoriakehikon hyödyntämisen yhteydessä ja käy hyvin myös tulevaisuustiedon kartuttamiseen mahdollistaessaan täysin uusien, menneestä kehityksestä riippumattomien kehityskulkujen hahmottamisen ja tarvittaessa uuden teorianmuodostuksen.

4 GEOENERGIA ENERGIAKRIISIEN AJASTA 1980-LUVUN PUOLEENVÄLIIN

Tässä luvussa kuvataan geoenergian suosion ja siihen vaikuttaneiden tekijöiden kehitystä 1970-luvun energiakriisien ajoista 1980-luvun puoleenväliin saakka. Ajanjakso kattaa geoenergiaan Suomessa kohdistuvan kiinnostuksen nousun 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa ja sen lähes täydellisen loppumisen 1980-luvun puoleenväliin tullessa. Joidenkin teemojen osalta tässä luvussa käsiteltävä ajanjakso ulottuu 1980-luvun puoliväliä pidemmälle, tällöin kyse on joidenkin laajojen energiavalintojen taustalla vaikuttavien kehityskulujen seuraamisesta aina seuraavassa pääluvussa käsiteltävään ajanjaksoon asti.

Tässä ja seuraavassa, 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen kehitystä käsittelevässä luvussa lukujen rakenne on keskenään hyvin samanlainen. Ensinnä esitetään rakennusten energiavalintoihin valittuna ajanjaksona laajasti vaikuttaneet olosuhdetekijät (MLP-kehikon landscape -tason asiat), tämän jälkeen tarkastellaan kiinteistöjen lämmittämisen regiimin ominaisuuksia ja viimeiseksi käsitellään mitä geoenergian hyödyntämisen piirissä on tapahtunut käsiteltyinä ajankohdina (niche-taso MLP-kehikossa). MLP-kehikon eri tasoille valikoituneet asiat on koottu sisällönanalyysiä hyödyntämällä ja kussakin alaluvussa tarkastelu tehdään käsittelemällä kukin sisällönanalyysin tuottama kategoria omana osionaan. Lähteet, joihin sisällönanalyysin tuottamat näkemykset ja väitteet pohjaavat, on merkitty tekstiin liitteissä 1 ja 4 kuvatuilla tunnisteilla. Perusteena tunnisteiden käytölle on pyrkimys parantaa tekstin luettavuutta verrattuna pitkien lähdeviitteiden käyttöön. Aiemmin kuvattujen tiedonhankintatapojen lisäksi seuraavien lukujen (luvut 4–6) tekstissä on joissain kohdissa hyödynnetty myös sisällönanalyysin aineistoja ja tuloksia täydentäviä tietolähteitä. Näihin täydentäviin lähteisiin viitataan tekstin joukossa tavanomaisilla lähteen koko nimen käsittäville viitteillä. Täydentävien tietolähteiden käytön perusteena on ollut varmentaa ja syventää sisällönanalyysissä esiin tullutta tietoa. Luvun esitetään keskeisimpiä geoenergian hyödyntämiskehitykseen vaikuttaneita tekijöitä, toimijoita ja näiden vuorovaikutussuhteita kootusti. Tuloksia myös peilataan aiemmassa kestäväen kehityksen transitioiden tutkimuksessa tunnistettuihin kehityspolkuihin.

Kiinteistöjen lämmittämisen Suomessa on tietyllä tavalla kahdet eri markkinat: pientalojen ja suurkohteiden markkinat. Pienissä, tavallisesti kuluttajan itselleen hankkimissa ja suurissa, yleensä yritystoiminnan nimissä rakennettavissa kohteissa, rakennusten toivottavat ominaisuudet ja rakentamisen valintaprosessit

eroavat toisistaan monin tavoin. Nämä erot heijastuvat myös hyödynnettävien lämmönlähteiden valintoihin. Pienkohteissa lämmitysjärjestelmä on usein vain kyseistä rakennusta palveleva ja useiden lämmitysratkaisujen hyödyntäminen rinnakkain on melko tavallista. Tyypillisiä pääasiallista lämmitysratkaisua tukevia lämmönlähteitä ovat takat ja 1990-luvun lopulta alkaen ilmalämpöpumput. Suuremmat kohteet taas lämmitetään usein kaukolämmöllä. Pienten ja suurten kiinteistökohteiden markkinoiden eroavaisuuksia koskevien huomioiden pohjalta olisi voinut perustella näiden kiinteistötyyppien geoenergian hyödyntämisen käsittelemisen erillisinä tapauksinaan tehden moniregiimitarkastelun (Konrad, Truffer & Voß, 2008, 1193), jossa pienet ja suuret kohteet olisi käsitelty erikseen. Johtuen geoenergian hyödyntämisestä lähes yksinomaan pienkohteissa tässä luvussa tarkasteltavalla ajanjaksolla perusteltua olisi voinut olla myös keskittyä tässä luvussa ainoastaan pienkohteiden tarkasteluun ja jättää suuret kohteet kokonaan huomioitta. Näistä varauksista huolimatta kiinteistöjen energiamarkkinoita tarkastellaan tässä työssä yhtenä kokonaisuutena. Tärkeimpänä syynä valinnalle on pyrkimys pitää teksti mahdollisimman tiiviinä mutta kuitenkin riittävän kattavana siten, että kiinteistöjen lämmitysvalintojen laaja kehitysympäristö hahmottuu. Lisäksi valinta helpottaa kaikkien geoenergian kehitystä eri aikoina käsittelevien lukujen nivomista yhteen. Eri markkinat huomioidaan työssä mainiten tekstissä erikseen sellaiset tapaukset, joissa aineisto ja siitä tehty analyysi paljastaa jonkin erityisen vahvasti vain toiseen mainituista kiinteistömarkkinoista kohdistuvan kehitykseen vaikuttaneen tekijän.

4.1 Olosuhdetekijät (landscape)

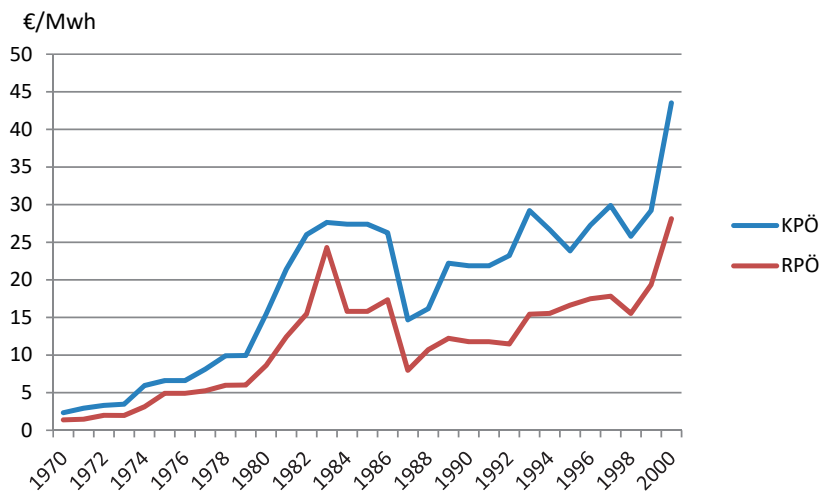
Aiemmin kuvaillusti tässä luvussa tarkastellaan keskeisimpien kiinteistöjen lämmitysmarkkinoiden taustalla vaikuttaneita tekijöitä 1970- ja 1980-luvuilla. Esitellyt teemat ovat valikoituneet käsiteltäviksi tehdyn sisällönanalyysin perusteella. Toisin kuin muissa tämän ajankohdan aineiston analyysiä esittelevissä luvuissa (4.2 ja 4.3), teemojen sisältö on kuitenkin tässä luvussa paljolti tuotettu tukeutuen suoraan relevanttiin kirjalliseen aineistoon. Tämä johtuu valinnasta olla ulottamatta primääriaineiston keruuta landscape-tason tekijöihin.

4.1.1 *Energiamarkkinat yleisesti*

1970-luvun kansainvälisille energiamarkkinoille leimallista oli tärkeimmän energiasurssin, maaöljyn hintojen epävakaus. 1970-luvulle tullessa teollisuusmaiden öljynkulutus oli kasvanut nopeasti samalla kun niiden oma öljyntuotanto oli laskenut. Yhä suurempi osa maailman öljystä tuli öljyntuottajamaiden yhteistyö-

järjestö OPEC:n jäsenmaiden öljykentiltä. Vuonna 1973 Lähi-idän kiristynyt tilanne johti arabimaiden painostustoimiin Israelin tukijamaita kohtaan. Nämä toimet ja OPEC:n raakaöljyn hinnankorotukset nostivat öljyn hintaa teollisuusmaissa selvästi. Vuoden 1973 jälkeen raakaöljyn hinta pysyi seuraavat vuodet suhteellisen vakaana. Vakauden katkaisi Iranin vallankumous vuonna 1979 ja tätä myöhemmin seurannut Irakin ja Iranin sota. Merkittäväillä öljyntuotantoalueilla tapahtuneet tuotantokatkokset ja epävarmuus tuotannon pysyvyydestä pitivät öljyn maailmanmarkkinahinnan korkealla useiden vuosien ajan (Ölly- ja biopolttoaineala ry. 2015).

Öljykriisien vaikutukset rakennusten lämmityksessä suosituimpien nestepolttoaineiden, kevyen (KPÖ) ja raskaan polttoöljyn (RPÖ), hintoihin Suomessa ovat nähtävissä kuvissa 11 ja 12. Kuvissa esitetään kevyen ja raskaan polttoöljyn nimelliset- ja reaalihintojen⁴¹ kehitys vuosien 1970 ja 2000 välillä.

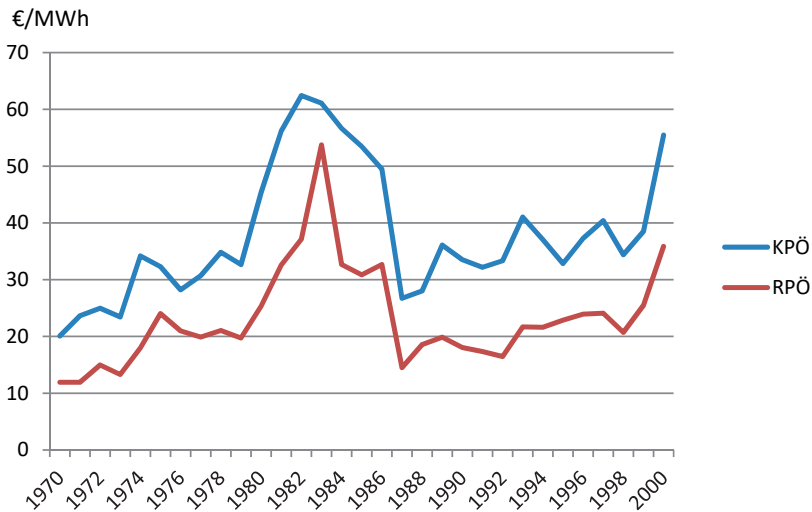


Kuvio 11. Rakennusten lämmityksessä käytettävien polttonesteiden nimellishintoja Suomessa vuosina 1970–2000. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017e).

Kuvioista näkyy kuinka jyrkästi hinnat nousivat etenkin jälkimmäisen energiakriisin aikana. Useiden tässä työssä haastateltujen asiantuntijoiden (R1, R2, R4, R11, N1, N2, N3, N6, N7) näkemyksen mukaan vasta vuoden 1979 öljykriisi

⁴¹ Tässä ja tätä seuraavissa kuvaajissa reaalihintana on esitetty vuoden 2016 hinnoin

oli todellinen liikkeellepaneva voima rakennusten energiatehokkuuden parantamisessa Suomessa ja sitä myötä myös suomalaisen geoenergialiiketoiminnan vilkastumisessa.



Kuvio 12. Rakennusten lämmityksessä käytettävien polttonesteiden reaalihintoja Suomessa vuosina 1970–2000. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017e).

1970-luku energiakriiseineen voidaan nähdä käännekohtana edulliseen öljyyn nojanneiden talouksien energiapolitiikassa. Öljylle vaihtoehtoisten energialajien hyödyntäminen sekä energiatehokkuuden kasvattaminen nousivat merkittäviksi tavoitteiksi energiankäyttäjien agendalla. Tavanomaisten energialähteiden hintojen noustessa kiinnostus erilaisten öljyä korvaavien energialähteiden ja sen myötä myös geoenergian hyödyntämiseen virisi.

Erityisen kiinnostavaa oli huomata kuinka tarkastellussa artikkeliaineistossa 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa energian hintojen arveltiin olevan pitkällä tähtäimellä jatkuvassa nousussa. Eräissä Tekniikan Maailman numeroissa ajan henkeä kuvattiin värikkäästi luonnehtimalla energian hintojen laskua jokseenkin yhtä todennäköisenä kuin ”jäähäytystä tai vedenpaisumusta” (A4) ja öljyn hinnan nousevan nähtävillä tulevaisuudessa väijäämättömästi kuin ”Mieto Salpausselän rinnettä” (A13). Myös öljyn loppumiseen kehoitettiin varautumaan ja välittömästi pyrkimään säästämään öljyä käytettäväksi ensisijaisesti sellaisiin tarkoituksiin, joissa se on vaikeimmin korvattavissa. Tämä tarkoitti rakennusten lämmittämiseen käytettävän öljynkulutuksen leikkaamista ja öljyn säästämistä teollisuuden prosesseissa ja liikenteessä hyödynnettäväksi. Kivihiiilen reservien arvioitiin 1970- ja 1980-luvuilla olevan öljyä runsaammat, mutta taloudellisesti

hyödyntämiskelpoisen kivihiilen uskottiin useissa lähteissä loppuvan parin vuosikymmenen kuluessa. Jälkiviisaasti on helppo todeta 1970- ja 1980-luvun vaihteen näkemykset perusteettomiksi ja nähdä energiakriisit melko lyhytaikaisina hintashokkeina. Tärkeimpien energiaressurssien maailmanmarkkinahinnat palautuivat 1980-luvun alun jälkeen lähelle aiempia tasojaan ja pysyivät varsin vakaina lähes vuosituhannen vaihteeseen asti. Energiakriisien pitkäkantoisena vaikutuksena voidaan kuitenkin nähdä syntyneen ymmärryksen siitä, että fossiilisista energiaressursseista saattaa tulla niukkuutta tulevaisuudessa.

Öljyn ohella myös sähkön hintakehitys on rakennusten lämmittämismallien kannalta merkittävä muuttuja. Öljystä ja monista muista lämmöntuotannossa mahdollisesti hyödynnettävistä energiamuodoista kuten hiilestä tai turpeesta sähkö eroaa siinä, että sitä on melko hankalaa kuljettaa ja erityisen vaikeaa varastoida. Näistä syistä sähkömarkkinat ovat perinteisesti olleet paikallisia. Sähkön hyödyntämisen yleistyessä Suomessa 1870- ja 1880-lukujen vaihteessa paikalliset markkinat kattoivat aluksi tyypillisesti yhden voimalaitoksen alueen. Tästä paikallisuuden määritelmä on sähkön siirtoverkkojen laajentuessa lauantunut. Aina 1990-luvun puoliväliin asti sähkömarkkinat olivat Suomessa olleet paljolti Suomeen rajoittuvat ja vahvasti säädellyt. Tämän työn tarkastelujänteellä lämmityssähkön hinta Suomessa on ollut melko vakaa ja Keski-Eurooppaan verrattuna suhteellisen alhainen. Energiakriisien aikana myös lämmityssähkön hinta Suomessa nousi, mutta suhteessa selvästi öljyä vähemmän.

4.1.2 Kansainvälinen energia- ja ympäristöpolitiikka

1970-luvun öljykriisi kohotti yhteiskuntien eri toimijoiden tietoisuutta energia-asioista ja nosti energian keskeiseksi politiikan ja talouden kysymykseksi. Jokseenkin kaikki runsaasti energiaa kuluttavat valtiot pyrkivät kasvattamaan energiatehokkuutta ja vähentämään riippuvuuttaan tuontienergiasta (R1, R2, R3, R4, N1, N5, N6, N7). Suomessa energiakriisien vaikutukset eivät olleet kaikilta osin siinä määrin pakottavia kuin maailmanmarkkinoilta ostettavaan öljyyn nojaavissa maissa vaikka erilaisia energiatehokkuutta parantavia toimia pyrittiinkin suosimaan. 1970- ja 1980-luvuilla Suomen kansainvälistä kauppaa leimasi Neuvostoliiton kanssa käyty clearingkauppa. Kaupankäynti edellytti valtiollisia sopimuksia maiden välillä liikkuvien tuonti- ja vientitavaroiden määrästä ja maksuliikenne hoidettiin ns. clearingtilin kautta. Valuutan sijasta suuri osa kaupankäynnistä tapahtui teollisuustuotteiden vaihdolla. Suomeen Neuvostoliitosta suuntautunut tuonti koostui valtaosin energiatuotteista, pääosin öljystä ja öljytuotteista (Kero 1992, 102). Öljyn maailmanmarkkinahinnan noustessa arvioidusta tilin saldoa oli mahdollista tasapainottaa kasvattamalla teollisuustuotteiden vientiä Suomesta Neuvostoliittoon (Piipponen 2010, 5). Vaikka öljyn hinnat suomalaisille kulutta-

jille seurasivat tämänkin kaupankäynnin oloissa maailmanmarkkinahintoja, pysyi suomalainen teollisuus hyötymään kaupasta öljyn hinnan nousun myötä kasvavana teollisuustuotteiden kysyntänä Neuvostomarkkinoilla sekä mahdollisuutena jälleenmyydä näin hankittua öljyä ja öljyjalosteita maailmanmarkkinoille. Neuvostoliiton kanssa käydyn kaupankäynnin luonteen voitaneen ajatella vaikuttaneen välillisesti siihen kuinka pakottavana ulkomailta hankitun öljyn korvaamista kotimaisilla tai vaihtoehtoisilla polttoaineilla Suomessa 1970- ja 1980-luvuilla pidettiin. Itämarkkinoille tuotteita valmistaville yrityksille suurempi öljylasku neuvostoliittolaisen öljyn hyödyntämisestä Suomessa tarkoitti enemmän itään suuntautunutta vientikauppaa.

Öljykriisin ohella jo 1960-luvulta alkanut ympäristöliikkeen nousu ja laajaa huomiota saaneet teokset kuten ”Äänetön kevät” (Carson 1962) ja Rooman klubin ”Kasvun rajat” -raportti (Meadows et al. 1972) lisäsivät keskustelua talouskasvun sivutuotteena aiheutuvista ympäristöongelmista, uusiutumattomien luonnonvarojen rajallisuudesta sekä fossiilisille polttoaineille vaihtoehtoisten energiamuotojen hyödyntämisen lisäämisen tärkeydestä. Kansainvälinen ympäristö- ja ilmastopolitiikka oli 1970-luvulla kuitenkin vielä varsin kehittymätöntä. YK:n ympäristöongelmia käsittelevä kokous Tukholmassa 1972 oli ensimmäisiä foorumeita, jossa luonnonvarojen riittävyys ja ympäristön saastuminen oli nostettu kansainvälisen politiikanteon asialistalle. Maailman ensimmäinen ilmastokonferenssi järjestettiin Genevessä vuonna 1979. Kokouksen myötä käynnistyi maailman ilmasto-ohjelma, jonka puitteissa pyrittiin tukemaan ilmastomuutoksen ymmärtämiselle välttämättömän tieteellisen tiedon kerryttämistä (Tirkkonen 2000, 81).

1980-luvun edetessä ympäristöpolitiikka alkoi saada aiempaa enemmän painoarvoa kansainvälisen politiikan foorumeilla. Ylikansalliset ympäristöongelmat, huomattavimpina metsien hyvinvointia uhkaavat haposateet ja Antarktiksella yläpuolella havaittu yläilmakehän otsonikato tulivat yleiseen tietoon ja kansainvälisen politiikanteon ratkaistaviksi. Kansainväliseen ympäristö- ja energiapolitiikkaan vaikutti myös 1986 tapahtunut Tšernobylin ydinvoimalaonnettomuus. Onnettomuuden seurauksena ydinvoimaan suhtauduttiin useissa maissa pitkään hyvin varovaisesti eikä uusien ydinvoimalaitosten rakentaminen ollut kansalaisten vastustuksen takia mahdollista. Ilmastopolitiikassa tehtävää kansainvälistä tiedonkeruuta ja toimenpidesuosituksia koordinoimaan perustettiin vuonna 1988 hallitusten välinen ilmastopaneeli, IPCC. Kahta vuotta myöhemmin julkaistiin ensimmäinen IPCC:n raportti. Muutaman vuoden välein julkaistuista raporteista (vuoden 1990 raportin jälkeen seuraavat julkaistiin 1995 ja 2001) on sittemmin tullut keskeisiä kansainvälisen ilmastopolitiikan suuntaa määrittäviä tietolähteitä. YK:n ympäristö- ja kehityskonferenssissa Rio de Janeirossa vuonna 1992 solmittiin ensimmäinen kansainvälinen ilmastosopimus. Sopimuksen allekirjoittajamaat

sitoutuivat rajoittamaan kasvihuonekaasunsa vuoden 1990 tasolle vuoteen 2000 mennessä (Kerkkänen 2010,27).

Suomen EU-jäsenyyden myötä Euroopan Unioni tuli keskeiseksi suomalaisen energiapolitiikan suuria linjoja määrittäväksi toimijaksi. Ensimmäisinä jäsenyydensuonina merkittäviä asiakirjoja, jotka viitoittivat tavoiteltavaa energiätulevaisuutta EU:ssa ja Suomessa, olivat uusiutuvia energialähteitä koskeva keskusteluasiakirja (ns. vihreä kirja) vuodelta 1996 (Euroopan Yhteisöjen komissio 1996) ja tätä seurannut tarvittavia toimenpiteitä uusiutuvan energian osuuden lisäämiseksi esittelevä valkoinen kirja vuodelta 1997. Valkoisessa kirjassa esitettiin tavoitteeksi, että vuonna 2010 12 % kaikesta energiasta ja 22,1 % kaikesta sähköstä olisi tuotettu uusiutuvien energialähtein. Valkoisessa kirjassa geenergia mainitaan yhtenä energialähteenä, jonka hyödyntämistä tulisi lisätä (Euroopan komissio 1997,20).

4.1.3 Energia-asenteet

Energia-asenteiden merkitys osana geenergian yleistymisen selitystä nousi esiin useissa haastatteluissa (R4, R5, R6, R9, R10, R11, R15, N1, N2, N3, N8). Ympäristöystävällisyyttä suosineiden asenteiden nähtiin osin selittävän etenkin 2000-luvun alussa tapahtunutta geenergian uutta nousua. Koska kerätty haastattelu- tai artikkeliaineisto ei tuottanut erityisen kattavaa kuvaa tarkasteltavien ajankoh- tien energia-asenteista, hyödynnetään tässä yhteydessä suomalaisten energiapo- liittisia asenteita käsittelevää julkisesti saatavilla olevaa kyselyaineistoa.

Energia-asenteita on tiedusteltu vuosittain vuodesta 1983 alkaneella tutkimus- sarjalla (Energia-asennetutkimus 1983). Tutkimuskyselyjen painotukset ja esite- tyt kysymykset ovat muuttuneet hieman vuosien myötä, mutta yhteistä läpi koko sarjan on kysymysten keskittyminen erityisesti sähköntuotannon muotoihin ja sähkön kulutukseen liittyviin asenteisiin. Etenkin ydinvoimaan liittyviä kysy- myksiä on runsaasti. Yleisesti kysymykset käsittelevät paremminkin asenteita suhteessa suurten voimalaitosten käyttövoimaratkaisuihin, hajautetun energian- tuotannon teemoja ei käsitellä. Kyselyissä ei tiedustella tämän tutkimuksen kiin- nostuksen keskiössä olevia kiinteistöjen lämmitysratkaisuihin liittyvä asenteita kuin satunnaisesti ja lämpöpumppuja ei mainita lainkaan. Ainoa suoraan asumi- sen lämmitysratkaisuihin liittyvä kysymys aineistossa on vuosina 1995–1999 kysymyslistassa ollut väitelause: ”Sähkönkulutuksen kasvun hillitsemiseksi uu- sien sähköllä lämmitettävien asuntojen rakentaminen pitäisi kieltää” (Energia- asennetutkimus 1995). Tämän kysymyksen osalta suomalaisten kanta on sähkö- lämmitykselle voittopuolisesti myönteinen. Vuosien 1995 ja 1999 välillä kaikki- na vuosina vain noin viidennes kannattaa kieltoa yli 50 % ollessa kieltoa vastaan.

Asennekyselyjen aineistoa hyödynnetään tässä tekemällä lyhyt katsaus siihen kuinka asenteet koskien vähäpäästöisiä energiantuotannon muotoja muuttuvat 1980-luvulta alkaen. Tarkastelu keskittyy sellaisiin kysymyksiin, joita on tiedusteltu samanmuotoisina useina vuosina ja rajoittuu vähäpäästöisiä energialähteitä koskeviin asenteisiin.

Vuodesta 1983 alkaen 1990-luvun loppuun asti voidaan asennekyselyjen aineistosta havaita suomalaisten olleen voittopuolisesti vähäpäästöisten energialähteiden käytön lisäämisen kannalla⁴². Maakaasun hyödyntämisen lisääminen ja samanaikainen kivihiilen ja öljyn käytön vähentäminen oli erittäin suosittua koko tarkastelujakson ajan, tehdyissä kyselyissä 60–70 % vastaajista halusi maakaasun käyttöä energiantuotannossa lisättävän. Myös vesivoiman lisäämiseen suhtauduttiin melko suopeasti, vaihteluväli enemmän vesivoimaa toivovien kohdalla oli välillä 40–60%, olleen useimpina vuosista lähempänä 60 %. Kummankin energialähteen vähentämistä suosivien määrä oli 1980- ja 1990-luvuilla hyvin pieni, tyypillisesti noin 5 % vastaajista. Ydinvoiman suosio on aineistossa alhaisimmillaan Tšernobylin ydinvoimalaonnettomuuden vuonna 1986, tällöin vain 14 % vastaajista halusi ydinvoimaa lisättävän ja 53 % toivoi että ydinvoimaa hyödynnettäisiin jatkossa silloista vähemmän. 1990-luvun edetessä ydinvoiman suosio nousee vähitellen. Vuonna 1999 ydinvoiman lisäkapasiteetin rakentamista suosivien ja sen vähentämistä toivovien kannat ovat jotakuinkin tasoissa reilun kolmanneksen kannattaen kumpaakin näkemystä. Ydinvoiman kohdalla suosion elpymisen syyinä voidaan nähdä ajallisen etäisyyden kasvu ydinvoimalaonnettomuuksista ja ilmastokeskustelu, jossa ydinvoima esitettiin yhtenä tapana hillitä hiilidioksidipäästöjen kasvua. Saastuttavimmista polttoaineista kivihiilen suosio heikkenee 1990-luvulle tullessa. Vuonna 1986 – johtuen tuolloin todennäköisesti osin ydinvoiman suosion heikentymisestä – kivihiiltä haluaa lisättäväksi vielä 34 % vastaajista 16 % toivoessa sen hyödyntämisen vähentämistä. Luvut muuttuvat nopeasti kivihiilen hyödyntämisen lisäämistä karttavaksi, vuonna 1999 kivihiilen hyödyntämisen kasvattamista suosi enää 10 % ja vähentämistä 55 % vastaajista. Turpeen suosio vaihtelee ilman selvää trendiä yleisen mielipiteen olleen tälle energialähteelle kuitenkin varsin suosiollinen. Tyypillisesti 1980- ja 1990-luvuilla hieman yli puolet suomalaista haluaa turpeen roolin energiantuotannossa kasvavan ja noin viidennes taas vähenevän.

Kyselyaineiston perusteella suomalaisten valmius tinkiä omasta elintasostaan energiantuotannosta aiheutuvien ympäristöhaittojen ja riskien vähentämiseksi on

⁴² Energia-asennekyselyjen tuloksia 1983–2011 koostekuvioina esittelevä dokumentti ladattavissa osoitteessa: http://www.sci.fi/~yhdys/eas_11/Eas-2011%20kuviot%201-56.pdf

ollut 1980-luvun puolen välin tienoilta alkaen varsin korkea. Vähintään 50 % vastaajista kokee kaikkina aineiston vuosina (tämän kysymyksen osalta vuodet 1984–1999) olevansa täysin tai jokseenkin tätä mieltä. Elintasostaan puhtaan ympäristön hyväksi tinkimään valmiiden osuus kasvoi vähitellen vuoteen 1992 asti. Tätä seuraavina viitenä vuonna osuus pieneni hieman, osin johtuen laman vaikutuksesta ja osin siitä, että ympäristöuhkien ei koettu olevan aivan yhtä akuutteja kuin aiemmin (Energia-asenteet 1999). Vuosituhannen loppua kohden valmius luopua osasta elintasoaan energiantuotannosta aiheutuvien ympäristöhaittojen ja riskien vähentämiseksi kasvaa jälleen.

Energia-asennetutkimusten vähäpäästöisiä energialähteitä koskevien kysymysten osalta voi todeta, että kyselyissä ilmoitetut asenteet ovat varsin suopeita vähäpäästöisten energiamuotojen lisäämisen suhteen ja tällaisten energiamuotojen hyödyntämistä on toivottu lähes jokaisena vuonna aiempaa enemmän. Ainoa poikkeus aineiston osoittamassa trendissä kohti aiempaa vähäpäästöisempiä energialähteitä on turpeen melko korkealla vuodesta toiseen pysyvä suosio. Tämä selittyy turpeen kotimaisuudella. Tämä arvo korostui erityisesti 1990-luvun alun laman aikana (Energia-asenteet 1999).

4.2 Kiinteistöjen lämmityksen regiimi

Kiinteistöjen lämmityksen regiimi tarkoittaa tässä työssä joukkoa teknologioita, toimijoita, resursseja, päätöksiä, sääntöjä ja yleisesti hyväksytyjä toimintatapoja, jotka muokkaavat kiinteistöjen lämmittämisen valintaympäristöä ja odotuksia sen kehittymisestä käsiteltävänä ajankohtana Suomessa. Tässä luvussa näitä rakennusten energiavalintoihin vaikuttavia asioita käsitellään melko yleisellä tasolla. Täsmällisemmin regiimin ja niche-tason vuorovaikutusta ja eri tarkastelutasoille liitettävien tekijöiden vaikutusta geoenergian hyödyntämiseen kuvataan seuraavan lukujen 4.3 ja 4.4 yhteydessä.

4.2.1 *Energiapoliittinen ohjaus Suomessa*

Ennen 1970-lukua Suomessa ei varsinaisesti harjoitettu erillistä energiapolitiikkaa, vaan energiakysymykset näkyivät osana talous- ja teollisuuspolitiikkaa. Keskeisenä energiaan liittyvänä tavoitteena oli energiansaannin takaaminen teollisuudelle mahdollisimman edulliseen hintaan ja energiantuotannon tavat muotoutuivat teollisuuden intressejä myötäillen (R11). Ensimmäinen energiakriisi ja sitä seurannut taloudellinen laskukausi toivat kuitenkin energiakysymyksen merkityksen esiin laajemmin kuin vain teollisuuden energiansaannin näkökulmasta (Kerkkänen 2010, 50–51). Osoituksia energiakysymysten kasvaneesta merkityk-

sestä politiikanteossa ovat kauppa- ja teollisuusministeriön yhteyteen vuonna 1975 perustettu energiaosasto ja parlamentaarisen energiapolitiikan neuvoston valmistelema, vuonna 1979 julkaistu ensimmäinen Suomen energiapoliittinen ohjelma. Ohjelman painopisteenä oli öljyn kulutuksen rajoittaminen ja keinona tämän tavoitteen saavuttamiseksi nähtiin valtion aktiivinen energiapolitiikka. Energiapolitiikan tärkeimmiksi tavoitteiksi asetettiin energian säästäminen ja kotimaisten energialähteiden hyödyntämisen lisääminen (Karjalainen 1989, 594). Ensimmäiseen energiapoliittiseen ohjelmaan kirjattiin myös päämäärä nostaa uusiutuvilla energialähteillä tuotetun energian määrää Suomessa. Tavoitteeksi asetettiin nostaa uusiutuvien energialähtein tuotetun energian määrää tuolloisesta tasosta 34–40 % vuoteen 1985 mennessä (A21). Lämpöpumput, aurinkoenergia ja tuulivoima mainittiin ohjelmassa uusina energiamuotoina, joiden hyödyntämistä ja tutkimusta kaavailtiin tuettavan (Majuri 2016, 741).

Energiapoliittisia tavoitteita pyrittiin saavuttamaan erilaisilla energiansäästöön ja öljyn korvaamiseen kannustavilla keinoilla. Yksi tällainen oli kauppa- ja teollisuusministeriön yrityksille ja laitoksille suunnattu energiatukiohjelma, josta myönnettiin avustuksia ja korkotukea energiatehokkuutta parantavien ja kotimaisia energialähteitä hyödyntävien investointien toteuttamiseen. Sekä yrityksille että yhdyskunnille saatavilla oleva korkotuki oli tarkoitettu energiansäästöinvestointien ohella kotimaisia polttoaineita hyödyntävien energiantuotantolaitosten sekä maakaasun jakeluverkostojen ja tuotantolaitosten rakentamiseen. Erilaiset uusiutuvan energian muotoja sekä ympäristön lämpöä (ts. erilaiset lämpöpumpu- puratkaisut) hyödyntävät laiteinvestoinnit kuuluivat nekin tuen piiriin.

Ensimmäisen energiapoliittisen ohjelman julkaisusta alkaen Suomessa on säännöllisesti julkaistu energiapolitiikkaa linjaavia asiakirjoja. Energiapoliittisia ohjelmia (1990-luvulta alkaen energiastrategioita) julkaistiin vuoden 1979 jälkeen edellisen vuosituhaten puolella vielä vuosina 1983, 1991 ja 1997. Ensimmäisen ohjelman tavoitteet aktiivisesta valtion harjoittamasta energiapolitiikasta jäivät jossain määrin toteuttamatta energiakriisin muutaman vuoden kuluttua hellelittäessä ja politiikanteon mielenkiinnon suuntautuessa energia-asioista muihin teemoihin. Kuvaavaa energia-asioiden merkityksen vähenemisestä politiikanteossa toisen energiakriisin jälkeen onkin, että uusia ohjelmia ei vuoden 1983 jälkeen tehty lähes kymmeneen vuoteen (Salo 2015, 39). Laadittujen ohjelmien ja niihin liittyvien ohjauskeinojen välityksellä energian tuotantoa ja kulutusta on pyritty ohjaamaan nähtävillä olevassa tulevaisuudessa olevia olosuhteita ja kulloisiakin poliittisia – ei välttämättä ainoastaan energiapoliittisia – päämääriä mukaillen. Polttoaineista erityisesti turpeen ja maakaasun kohtelu on vuosikymmenten kuluessa vaihdellut, välillä näitä on suosittu ja toisinaan näiden käyttöä on pyritty vähentämään (R1). Pitkällä aikavälillä jokseenkin pysyviä, joskin painotukseltaan vaihtelevia julkilausuttuja tavoitteita ovat olleet energia-

omavaraisuuden kasvattaminen, uusiutuvan energian osuuden lisääminen ja päästöjen sekä muiden energiantuotannon ympäristöhaittojen vähentäminen. Aina näiden tavoitteiden yhtäaikainen saavuttaminen ei ole ollut ongelmatonta, esim. vesivoima on päästövapaata kotimaista energiaa, mutta vesistöjen rakentaminen heikentää luontoarvoja, samoin turvetuotannon kasvattaminen parantaa energiaomavaraisuutta mutta on energiantuotannon kasvihuonekaasupäästöjen ja vesistöjensuojelun kannalta huono energialähde. Lisäksi hinnaltaan kotimaiset energialähteet ovat saattaneet olla kalliimpia hyödyntää kuin mitä näiden substituuttien hankkiminen kansainvälisiltä markkinoilta olisi tullut maksamaan. Laajasti katsoen toteutunut kehitys on ollut pitkällä aikavälillä ilmoitettujen tavoitteiden mukaista. Kotimaisten energialähteiden osalta puun ja turpeen hyödyntäminen lisääntyi energiakriisien jälkeisten vuosikymmenten kuluessa 1979–1999 selvästi, puun hyödyntäminen teollisuudessa yli kolminkertaistui ja turpeen lähes viisinkertaistui aiemmasta vuosituhanen vaihteeseen tullessa. Uusiutuvan energian osuus kaikesta energiankulutuksesta on tässä luvussa käsitellyllä aikavälillä noussut melko vaatimattomasti, vuoden 1979 19 %:sta vuoden 1999 24 %:iin (Tilastokeskus 2002b).

Nykypäivään verrattuna energiamarkkinat olivat 1970- ja 1980-luvuilla varsin tiukasti säädellyt. Tärkeimpien energialajien hinnat eivät määrättyneet markkinaprosessissa kysynnän ja tarjonnan mukaisesti vaan valtio vaikutti hintoihin erilaisten lakien ja sopimusten kautta. Hintasääntelyn tavoitteena oli pitää tuotteiden hinnat ja inflaatio kurissa (Määttä ja Reimavuo 2015, 44–45). Tultaessa 1970-luvulta nykypäivään energiamarkkinoiden ohjaamisessa suora hintasäätely on vähentynyt ja erilaisten hintoihin epäsuorasti vaikuttavien ohjauskeinojen kuten tukien ja verojen hyödyntäminen on lisääntynyt. Kiinteistöjen lämmityksessä käytettävän polttoöljyn voi katsoa olleen läpi vuosien valtion suosiossa. Verrattuna muihin nestemäisiin polttoaineisiin, on polttoöljyn verokanta ollut kautta vuosien melko alhainen (R12, N1, N9).

Suomalaisen energiapolitiikan tavoin myös rakennusten energiankulutukseen liittyvä valtiotasoinen ohjaus sai alkunsa ensimmäisen energiakriisin jälkeen (R4). Vuonna 1975 Suomessa laadittiin ensimmäisiä rakentamisen ja rakennusmääräyskokoelmien osia, joissa määrättiin rakennusten energiatehokkuudesta (NEEAP-2, liite 2). Tätä ennen aiheesta oli ollut ohjeita, mutta ei määräystason asiakirjoja. Vuoden 1975 energiatehokkuustoimet koskivat lähinnä panostamista rakennusten eristämiseen, mutta lämmitystavan valintaa määräykset eivät ohjanneet. Rakennusten energiatehokkuutta koskevia määräyksiä muokattiin ennen vuosituhanen vaihdetta vielä vuosina 1978 ja 1985 (ibid.). Etenkin vuonna 1978 lämmöneritysvaatimuksia kiristettiin aiemmasta selvästi. Suomessa 1980-luvulla harjoitettu energiapolitiikka näkyi rakennetun ympäristön kohdalla voimakkaimmin pyrkimyksessä parantaa rakennusten energiatehokkuutta edistämällä

sähkön ja lämmön yhteistuotantoa⁴³ ja laajentamalla näissä laitoksissa tuotettavan lämpöenergian siirtoverkkoja. Esimerkiksi asuntohallituksen ohjeissa energiansäästön ja kotimaisen energian hyödyntämisen lisäämisen ohella tavoitteena oli mahdollisimman laaja alue- ja kaukolämmityksen käyttö (Alanen 1980, 7). Tavoitteena oli saada myös pientaloalueita mahdollisimman kattavasti kaukolämmön piiriin.

Myös kasvava kiinnostus ympäristökysymyksiin tuki aiempaa energiatehokkaampaa ja ympäristöystävällisempiin energialähteisiin nojaavaa energiapolitiikkaa. Ympäristökysymykset tietyllä tavalla institutionalisoituvat vuonna 1983, jolloin ympäristöministeriö perustettiin. Uuden ministeriön myötä ympäristökysymykset alkoivat vähitellen näkyä aiempaa voimakkaammin politiikanteon eri lohkoilla, näin myös energiapolitiikassa ja ministeriön vastuualueisiin kuuluvassa asumiseen ja rakentamiseen liittyvässä viranomaisohjauksessa.

4.2.2 *Asuntorakentaminen*

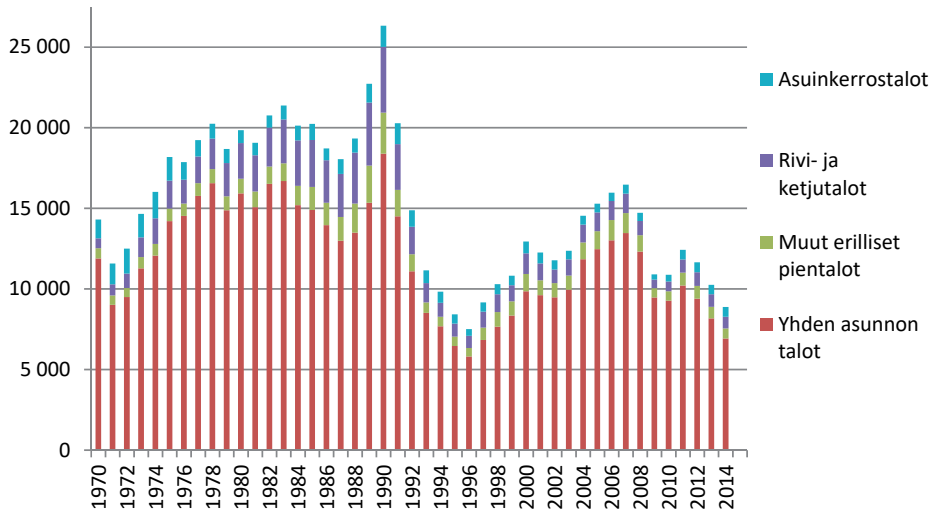
Etsittäessä selityksiä kiinteistöjen lämmitysratkaisuissa tapahtuneille tekijöille haastatteluissa korostuivat erityisesti asuntorakentamiseen liittyvät kysymykset. Painottuminen erityisesti asuntorakentamiseen oli seurausta siitä, että valtaosa tämän työn kiinnostuksen kohteena olevista geoenergialaitteistoista on asennettu asuinrakennuksiin, näin etenkin tässä luvussa käsiteltävällä ajanjaksolla. Näin tässä alaluvussa esitellään lyhyesti ainoastaan asuntorakentamisen kehitystä muiden rakennustyyppien jäädessä paljolti huomioimatta. Tyypillisesti asuntorakentaminen edustaa noin kolmasosaa kaikesta vuosittaisesta rakentamisesta. Suomalainen asuntorakentaminen keskittyi 1960- ja 1970-luvuilla valtaosin kerrostaloihin, esimerkiksi 1970-luvun alussa 65–70% uusista asunnoista valmistui kerrostaloihin (Vainio 2008, 9). Asuntokannan kerrostalovaltaistumista joudutti kerrostalojen rakentamisen ohella pientaloasuntojen suhteellisen suuri poistuminen asuntokannasta. 1980-luvulle tultaessa pientalojen suhteellinen osuus rakentamisesta kääntyi kasvuun ja lähiörakentamisen määrä väheni siten, että pientalojen määrä kaikista asunnoista oli 1990-luvulle tultaessa lähes 70 % (ibid.).

Kuten alla olevasta kuvioista 13⁴⁴ voidaan nähdä, 1970-luvun puolivälistä aina 1990-luvun alkuun saakka asuntojen rakentaminen Suomessa oli viime vuosiin

⁴³ Nk. CHP-tuotanto, Eng. Combined Heat and Power

⁴⁴ Kuvion tilasto päättyy vuoteen 2014, sillä tämän jälkeen Tilastokeskus on tehnyt muutoksia tilastoinnin tapoihin. Vertailukelpoista aikasarjaa tästä vuodesta edemmäs ei ole saatavilla.

verrattuna varsin vilkasta. Kuviossa 1980- ja 1990 -lukujen vaihteessa havaittava piikki rakentamisen määrän kasvussa selitty rahoitusmarkkinoiden vapauttamisella, joka mahdollisti asuntolainoituksen kasvun ja loi näin kysyntää uusille asunnoille. Pieniä kohteita, omakotitaloja ja rivitaloja rakennettiin 1970-luvun puolesta välistä 1990-luvun alkuun asti nykyiseen nähden paljon. Uusien pientalojen suuri määrä tarkoitti tällä ajanjaksolla suhteellisen suuria potentiaalisia markkinoita erilaisille talokohtaisille lämmitysratkaisuille.

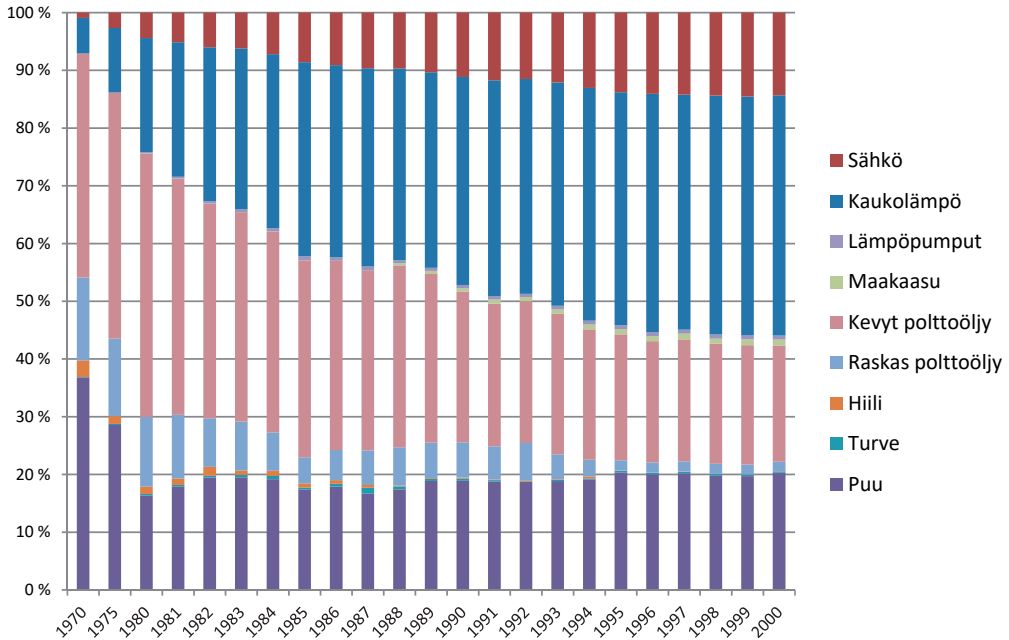


Kuvio 13. Uusien asuinrakennusten määrä ja jakautuminen talotyypeittäin Suomessa vuosina 1970–2014. Tilastolähde: Vuodet 1970–1999 Tilastokeskus (2005), vuodet 2000–2014 Tilastokeskus (2015).

Lämmönjakotavoista kerrostaloissa yleisin oli vesikiertoinen patterikeskuslämmitys. Pienemmissä rakennuksissa hyödynnettiin laajaa kirjoa erilaisia lämmönjakotapoja. 1980-luvulla vesikiertoisen patterilämmityksen ohella myös sähköpatterilämmitys ja etenkin vuosikymmenen alkuvuosina ilmalämmitys olivat suosittuja (R10, N1, N4). 1990-luvulle tullessa lattialämmityksen suosio alkoi pientaloissa kasvaa. Lattialämmitysjärjestelmiä toteutettiin sekä sähkövastuksin että vesikiertoisena. Vuosikymmenen edetessä vesikiertoiset järjestelmät kasvativat osuuttaan ja tulivat selvästi suosituimmaksi lattialämmityksen toteuttamistavaksi. Niissä kohteissa, joissa vesikiertoinen lattialämmitys ei ollut käytössä pääasiallisena lämmönjakotapana, yleistyi kosteiden tilojen lattialämmitys, ns. mukavuuslattialämmitys, joka toteutettiin sähkövastuksin.

4.2.3 Kiinteistöjen lämmitysratkaisujen markkinat

Kuva 14 havainnollistaa mitä lämmönlähteitä hyödyntäen Suomen asuin- ja palvelurakennukset lämmitettiin 1970-luvun alusta vuosituhannen lopulle asti⁴⁵. Kuviossa on nähtävillä eri lämmönlähteiden osuudet kaikesta rakennuskannan lämmitykseen kuluneesta kokonaisenergiasta.



Kuvio 14. Asuin- ja palvelurakennusten lämmitysmuotojen suhteelliset osuudet vuosina 1970–2000. Tilastolähde: Vuodet 1970 ja 1975 Tilastokeskus (2000), vuodet 1980–2000 Tilastokeskus (2014).

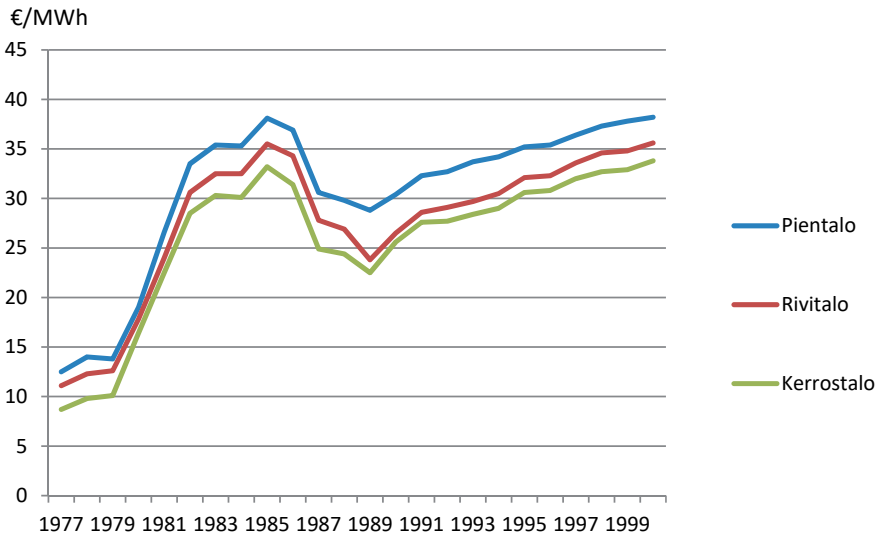
Öljy dominoi tarkastelujakson alussa, mutta 1980-luvun edetessä kaukolämmöstä tulee käytetyin kiinteistöjen lämmitystapa. Toinen ajanjaksolla suosiotaan selvästi kasvattanut lämmitysvaihtoehto oli sähkö. Lämpöpumpuilla tuotetun energian osuus on tarkasteltuna ajankohtana kaikkien lämmönlähteiden joukossa niin vähäinen, että se vain hädin tuskin erottuu kuviosta 1980- ja 1990-lukujen vaihteesta alkaen.

⁴⁵ Johtuen samanmuotoisesti laadittujen pitkien aikasarjojen heikosta saatavuudesta, on 1970-luvulta tilastossa mukana vain kaksi vuotta, joiden tiedot Tilastokeskuksen avoimista tietokannoista löytyvät, vuodet 1970 ja 1975

1970- ja 1980-luvuilla kiinteistöjen lämmönhuollon kehitykselle taajama-alueilla leimallista oli kaukolämmön hyödyntämisen voimakas yleistyminen. Suuri osa nykyään käytössä olevasta kaukolämpöverkostosta on rakennettu näillä vuosikymmenillä (Kaukolämmön käsikirja 2006, 32–38, Mäki 2012, 23–24). Kaukolämmössä rakennusten lämmitysenergia tuotetaan rakennuskohtaisten yksittäisten lämpökattiloiden sijaan suuressa voimalassa ja lämpö jaetaan rakennuksiin kaukolämpöputkia pitkin. Suomessa ensimmäiset kaukolämpöjärjestelmät on rakennettu jo 1950-luvulla (Mäki 2012, 15). Vaikka avustuksia kotimaisia polttoaineita hyödyntävien kaukolämpölaitosten suunnitteluun ja edullista kaukolämpöverkostojen rakentamiseen kohdistettua lainarahaa oli tarjolla jo 1960-luvun alusta asti, yleistyi kaukolämmön suosio yhdyskuntien lämpöhuollossa aluksi hitaasti. Vasta 1970-luvun energiakriisit toimivat sysäyksenä panostaa aiempaa energiatehokkaampiin energiantuotannon ratkaisuihin. Kaukolämpö oli tässä suhteessa hyvä vaihtoehto, sillä se mahdollisti energiatehokkuuden kohottamisen ja kotimaisten polttoaineiden, lähinnä turpeen ja hakkeen hyödyntämisen lisäämisen. Myös lämmitysöljyä edullisempien muiden polttoaineiden kuten raskaan polttoöljyn ja kivihiilen aiempaa laajempi hyödyntäminen lämmityskäytössä tuli kaukolämpölaitosten yleistymisen myötä mahdolliseksi. 1970- ja 1980-luvuilla ympäristönsuojelutoimien tärkeimmän kohteen nähtiin olevan ilmanlaatua parantavissa toimenpiteissä. Kaukolämpö oli myös tämän ongelman ratkaisemisen kannalta hyvä vaihtoehto, sillä kaukolämpölaitokset oli mahdollista varustaa tehokkailla savukaasujen puhdistuslaitteilla.

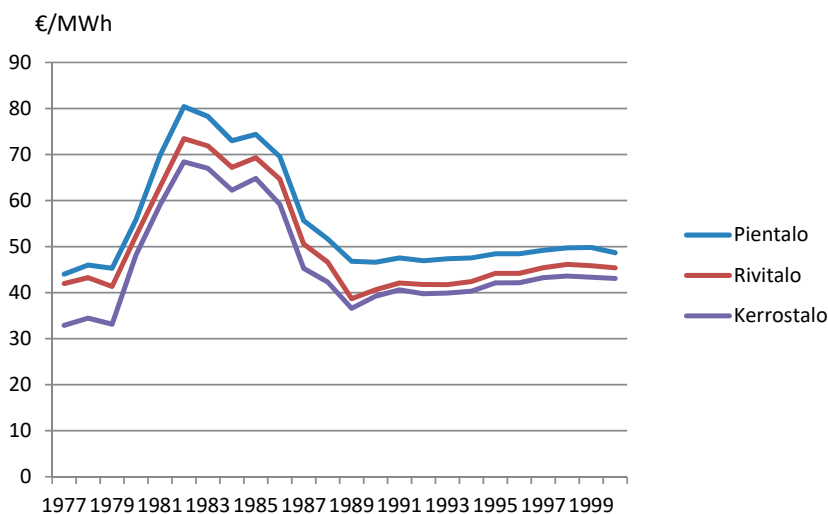
Suomalaisen kaukolämmön erityinen innovaatio oli hyödyntää sähköntuotannon sivutuotteena syntyvää lämpöenergiaa rakennusten lämmittämisessä, näin saatiin rakennusten käyttöön tietyllä tavalla ilmaista energiaa. Kaukolämpö oli edullista ja hyvin helppoa valittavaksi niin kiinteistön rakennuttajalle kuin rakennuksen käyttäjällekin (R7). Rakennuksiin ei tarvinnut enää rakentaa omia lämpöenergian tuotantolaitteita tai energiavarastoja, lämmönvaihdin ja lämmönjakojärjestelmä riittivät. Asukkaiden kannalta etuna aiempaan verrattuna oli häiriötön lämmöntuotanto sekä edullinen ja hinnaltaan vakaana markkinoitu lämmitysenergia (R4). Niillä alueilla, joilla kaukolämpö oli mahdollista valita, oli se 1980- ja 1990-luvuilla ylivoimainen vaihtoehto kaikissa rakennustyypeissä. Edellä mainittujen toiminnallisten ja taloudellisten syiden ohella kaukolämmön suosiota selittää myös useissa kunnissa tontinluovutuksen ehtona käytetty velvoite liittyä kaukolämpöverkkoon.

Alla olevat kuvat havainnollistavat kaukolämmön keskihintaa erilaisissa asuinkiinteistöissä⁴⁶. Kuva 15 esittää kaukolämmön nimellishinnan ja tätä seuraava kuva 16 reaali-hinnan kehitystä. Kuvat osoittavat kuinka toinen energiakriisi nosti kaukolämmön hintaa. Energiakriisien jälkeen, vuodesta 1982 alkaen kaukolämmön reaali-hinta laski selvästi 1980-luvun lopulla ja pysyi vakaana koko 1990-luvun. Edullisuuden ja hintavakauden lupauksille oli siis katetta.



Kuvio 15. Kaukolämmön hinta muutamissa kiinteistötyypeissä 1977–2000. Tiedot kuvaavat nimellistä kokonaishintaa, joka sisältää energia-, perus- ja muut mahdolliset maksut. Tilastolähde: Tilastokeskus (2002).

⁴⁶ Tilasto, johon kuviot pohjaavat, alkaa vuodesta 1977. Tämä on ensimmäinen vuosi, josta hintatilasto on julkisesti saatavilla.



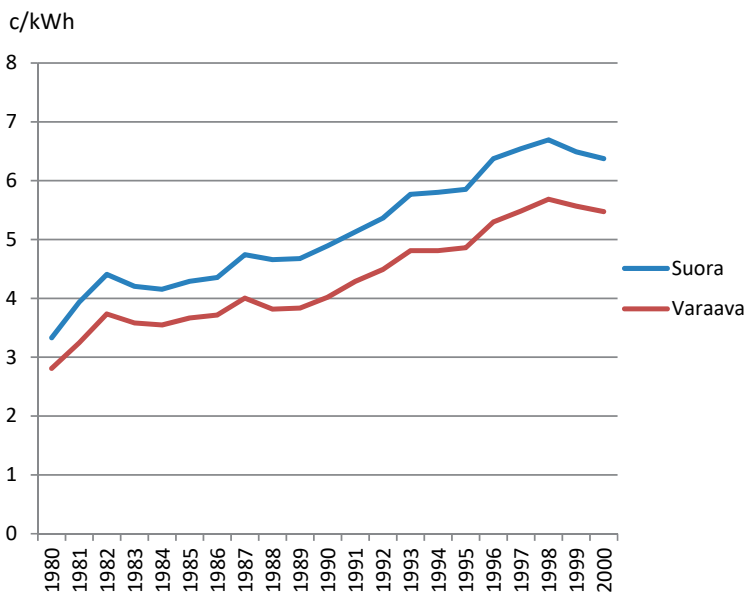
Kuvio 16. Kaukolämmön hinta muutamissa kiinteistötyypeissä 1977–2000. Tiedot kuvaavat reaaliaikaisia kokonaishintaa, joka sisältää energia-, perus- ja muut mahdolliset maksut. Tilastolähde: Tilastokeskus (2002).

Pientaloalueilla ja maaseutumaisilla alueilla kaukolämpöä ei tavallisesti ollut saatavilla, joten rakennuskohtaisten lämmitysratkaisujen markkinat keskittyivät näille alueille. Yleisesti 1970- ja 1980-luvuilla kaukolämmön nähtiin korvaavan talokohtaiset lämmitysjärjestelmät taajamissa, sähkölämmityksen taas uskottiin valtaavan alaa harvemmin asutuilla alueilla. Asuinrakennusten kohdalla kaukolämmön suosion taustalla on syytä huomioida myös asuinrakennusten lämmityksen toteuttamistapa ja kiinteistön hallintamuoto. Suomessa kerrostaloissa lämmitys on tavallisesti toteutettu keskitetysti siten, että lämpö jaetaan tuotantopisteestä yksittäisiin asuntoihin. Tämä kannustaa suhteellisen suuressa mittakaavassa toimivien energiaratkaisujen hyödyntämiseen. Lisäksi asunto-osakeyhtiömuotoinen asuminen jättää yksittäisille asukkaille suhteellisen vähän liikkumavaraa uusien lämmityslähteiden kokeiluun. Nämä asumiseen ja asuntojen omistamiseen liittyvät piirteet ovat omiaan tuomaan pysyvyyttä kiinteistöjen lämmittämisen regimiin. Tämä erotuksena esimerkiksi monien Keski-Euroopan maiden tilanteesta, jossa kerrostaloissakin asuntojen lämmitys ja lämmin käyttövesi on usein tuotettu vaihtelevin asuntokohtaisiin ratkaisuihin (Dzebo & Nykvist 2015, 6).

Pääasialliset pientalojen lämmönlähteet olivat 1980-luvulle tullessa öljy, puu ja sähkö. Vanhoissa rakennuksissa puun käyttö saattoi olla pääasiallinen lämmönlähde, mutta uudemmissa taloissa puu oli luonteeltaan lähinnä muuta lämmitystä täydentävää. Pientalolämmittäjien tärkeimmistä lämpöenergian lähteistä

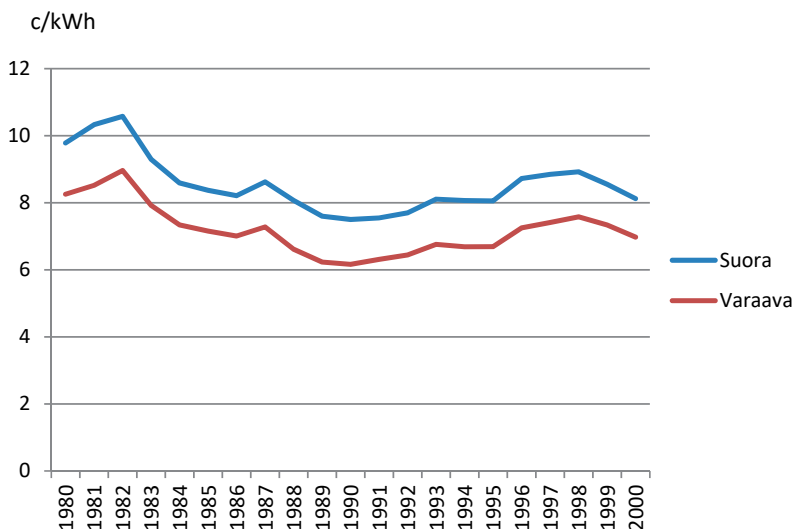
öljyn hintakehitystä käsiteltiin jo aiemmin luvussa 4.1.1. Tuon luvun kuvissa 11 ja 12 esitettiin lämmitysöljyn eri tyyppien hintakehitystä vuosien 1970 ja 2016 välillä euroina/tuotettu lämmitysyksikkö. Kuvista näkyi kuinka lämmitysöljylaatujen hinnat heilahtelivat etenkin 1980-luvun aikana. Energiakriisien aiheuttama, 1980-luvun alussa pysyväksi uskottu öljyn hintojen nousu katkesi vuonna 1984.

Lämmityssähkön hintojen kehitystä vuosien 1980 ja 2000 välillä havainnollistavat kuvat 17 ja 18⁴⁷ alla. Kuvissa on eroteltu pääasiallisten sähkölämmittämisen tapojen, suoran ja varaavan sähkölämmityksen kokonaishinnat. Kokonaishinta muodostuu sähköenergian hinnasta, sähkön siirto hinnasta ja veroista. Kuvista havaitaan sähkölämmityksen nimellishinnan olleen tasaisessa nousussa, mutta reaali-hinnan laskeneen melko voimakkaasti 1980-luvun alun jälkeen ja olleen sen jälkeen melko vakaa vuosituhannen loppuun asti.



Kuvio 17. Lämmityssähkön kokonaishinta pientaloihin vuosina 1980–2000. Hinnat nimellishintoja. Tilastolähde: Tilastokeskus (2002).

⁴⁷ Kuvion tilaston aloitusvuosi 1980 on ensimmäinen vuosi, josta hintatilasto on julkisesti saatavilla



Kuvio 18. Lämmityssähkön kokonaishinta pientaloihin vuosina 1980–2000. Hinnat reaalihintoja. Tilastolähde: Tilastokeskus (2002).

Samoin kuin öljyn, niin myös sähkön hinnan nähtiin 1980-luvun alussa nousevan nähtävillä olevassa tulevaisuudessa. Sähkön osalta tosin ei nähty samanlaisia uhkia riittävyyden osalta kuin öljyn suhteen. Ydinenergia, vesivoima ja kotimaiset energialähteet vaikuttivat takaavan pitkäaikaisen sähkön tuotantovarmuuden. Tuolloin odotettavissa oleva hintakehitys kuitenkin kannusti sähkön säästämiseen. Rakennusten lämmitysten osalta tämä näkyi uudenlaisten sähkölämmitysratkaisujen kehittämisessä ja markkinoille tuomisessa. Osana tätä kehitystä vilkastui myös erilaisten lämpöpumppuratkaisujen hyödyntäminen. Teollisista, rakentajille valmiina tarjottavista ratkaisuista näkyvimmin esillä olivat erilaiset ilmalämmitysratkaisut, jotka alkoivat yleistyä 1970-luvun viimeisinä vuosina. Ilmalämmitys rakennuksissa toteutettiin usein joko maalämpöpumpulla tai ilma- ja maalämpöpumpun yhdistelmänä (N1).

4.2.4 Energia-alan tutkimus ja edunvalvonta

Energiakriisit lisäsivät energia-alan tutkimusta Suomessa. Vilkastunutta tutkimustoimintaa leimasivat pyrkimykset parantaa laajasti hyödynnettyjen ratkaisujen energiatehokkuutta ja hyödyntää uusia energialähteitä. Täysin uusista energiatekniikoista eniten huomiota saivat aurinkoenergian erilaiset sovellukset. Myös geoenergian hyödyntämistä tutkittiin, joskin varsin vähän suhteessa muuhun energia-alan tutkimukseen. Energiakriisien vaikutusten helpottaessa kiinnos-

tus perinteisille energiamuodoille vaihtoehtoisten energiatekniikoiden kehittelyyn väheni selvästi. Kehitys oli Suomessa samankaltaista monien muiden maiden kanssa. Energiakriisien aikoihin kiinnostus erilaisia fossiilille polttoaineille vaihtoehtoja tarjoavia energialähteitä kohtaan kasvoi useissa maissa, esim. Tanskassa ja Alankomaissa panostettiin biokaasun hyödyntämiseen. 1980-luvun puoleenväliin tullessa useiden uusiutuvan energian lajien hyödyntämiseen tähtäävä tutkimus alkoi kuitenkin vähetä (Raven & Geels 2010, 92). Ympäristöystävällisten ja uusiutuvien energialähteiden tutkimus vilkastui jälleen vasta 1990-luvun jälkimmäisellä puoliskolla.

Useissa tarkastelluissa lähteissä mainittiin Suomen suurimpien energia-alan yritysten, erityisesti Imatran Voiman (IVO) ja Nesteen sekä jossain määrin myös Pohjolan Voiman (PVO), omanneen pitkälle 1990-luvulle asti suurta valtaa siinä mitä energia-alalla Suomessa tutkittiin, tuettiin ja yleisesti nähtiin kelvollisina energiateknologioina Suomessa hyödynnettäväksi. Monipuolinen ja pitkäkestoinen uusiutuvien energialähteiden tutkimus tai sen tukeminen, etenkin koskien mittakaavaltaan suuria voimalaitoksia pienempiä ratkaisuja, ei ollut näiden yritysten intresseissä. Myöskään sellaiset tukijärjestelmät, joilla olisi kannustettu muita kuin vakiintuneita energia-alan toimijoita uusien energiamuotojen ja sovellusten kehittelyyn sekä käyttöönottoon, eivät näitä yrityksiä kiinnostaneet. Muutamissa lähteissä (A21, A24) nähtiin että IVO ja Neste pyrkivät ja paljolti onnistuivat 1990-luvulle asti jarruttamaan erilaisia valtion eri toimijoiden kaavailemia uusiutuvan energian hyödyntämiseen kannustavia tukijärjestelmiä. Oman markkinaosuuden puolustamisen ohella syynä jarrutukseen saattoi olla myös pyrkimys pitää Suomessa tapahtuva energia-alan tutkimus- ja kehitystyö omissa käsissä.

Omissa organisaatioissaan IVO ja Neste tutkivat erilaisia uusiutuvan energian sovelluksia. Esimerkiksi IVO:lla oli lämpöpumppuihin liittyen erilaisia kehityshankkeita ja tytäryritys, jonka puitteissa lämpöpumppulaitteistoja myytiin suuriin kiinteistökohteisiin (Tekitermo Oy)⁴⁸, Neste taas oli aktiivinen erityisesti aurinkoenergian hyödyntämistä koskevien ratkaisujen saralla (Naps Solar Systems Oy). Yritysten valinnat selittynevät jossain määrin sillä, että näiden ratkaisujen sovellusalueet jäivät toisella suurella yrityksellä oman liiketoiminnan päälinjan ulkopuolelle. Vähäisessä määrin kysymys saattoi olla myös pyrkimyksellä vallata markkinoita toiselta energia-alan suurelta toimijalta. IVO:lle sopi kokeilla maailmällä, koska se pyrki valtaamaan alaa öljyltä ja saamaan omalle sähköntuotannolleen lisäkysyntää. Nesteelle taas oli soveliasta kehittää hajautetun sähkön-

⁴⁸ Energia-alan yritysten harjoittamasta lämpöpumppuihin liittyvästä tutkimus- ja tuotekehitystoiminnasta täsmällisemmin luvussa 4.3.5

tuotannon laitteita, joiden keskeiset markkinat olivat kohteissa, joille sähköverkkoa ei ollut taloudellisesti mahdollista rakentaa (N1, N2, N3).

Energia-alan pysyvyyttä tukevia tekijöitä kahden suuren energiayhtiön domnanssin ohella olivat energiajärjestelmän muut vakiintuneet toimijat, jotka vahvojen edunvalvontaorganisaatioidensa kautta pyrkivät ylläpitämään ja edistämään jonkin tietyn energiaressurssin hyödyntämistä. Näistä esimerkkeinä Öljyalan keskusliitto ja erilaisten kotimaisten energialähteiden hyödyntämistä ajavat toimijat kuten valtio-omisteinen turvetuottaja Vapo Oy tai Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto MTK (N2, N3). Useimpien idulla olevien energiaratkaisujen kohdalla tällainen organisaatio puuttui. Lämpöpumppujen ja sitä myötä maalämmön etuja esillä pitävä edunvalvontajärjestö, Suomen lämpöpumppuyhdistys (SUL-PU) perustettiin vasta vuonna 1998.

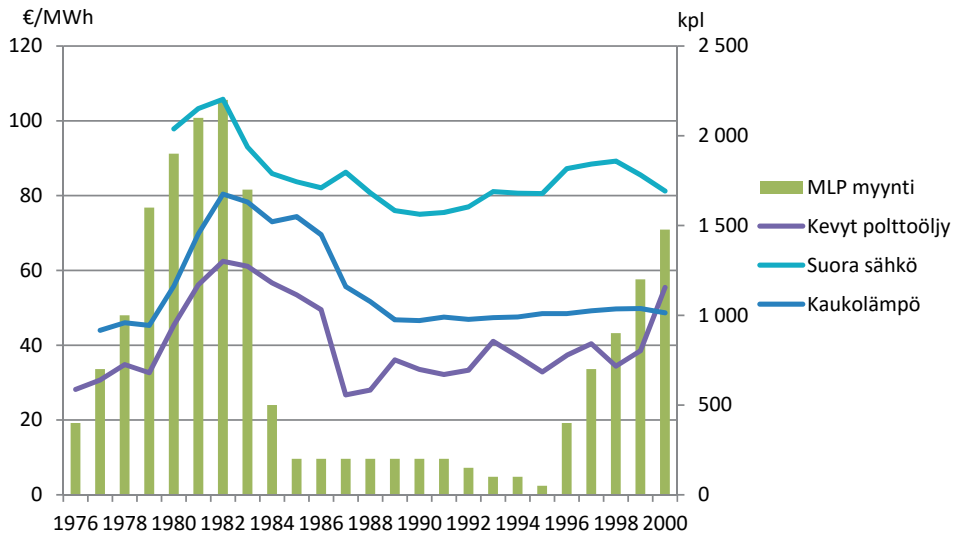
4.3 Geoenergia niche-innovaationa

Tässä luvussa käsitellään geoenergian hyödyntämiseen välittömästi liittyviä tekijöitä 1970-luvun lopusta 1990-luvulle asti. Luvussa luodaan myös linkkejä näiden ja aiemmissa luvuissa melko yleisellä tasolla käsiteltyjen ylempien tarkastelutasojen (landscape ja regiimi) teemojen välille.

4.3.1 Geoenergian hyödyntäminen Suomessa

Kuten aiemmin tässä työssä on todettu, on geoenergian hyödyntämisen toimintaperiaate rakennusten lämmitysenergian tuottamisessa ollut tiedossa jo pitkään. Suomessa ensimmäiset maalämpöasennukset oli tehty jo vuosikymmeniä ennen 1970-luvun energiakriisejä, joskin tällöin kyseessä olivat olleet harvojen lämpöpumpputekniikasta kiinnostuneiden ”pellepelottomien” kokeilut omissa asuintaloissaan (N7, A1). Vasta energiakriisit toimivat kiinteistöjen lvi- ja energiaratkaisujen parissa toimineille yrityksille herätteenä ottaa geoenergia osaksi liiketoimintaa ja näin tehdä tämän energiamuodon hyödyntäminen rakentajille aiempaa laajemmin mahdolliseksi (N2, N3, N5, N7). Aiemmin luvussa 1.2 esitetty kuvio 7 osoitti käytössä olevien maalämpölaitteistojen kokonaismäärän kehityksen Suomessa vuosina 1976–2016. Kuvio 19 kuvaa maalämpöpumppujen vuosittaisen myyntimäärien kehitystä suhteutettuna aiemmin esitettyihin käytetyimpiin pientalojen lämmönlähteiden reaalihintoihin. Vasen pystyakseli kuvaa energian hintaa (€/MWh) ja oikea kunakin vuonna myytyjen maalämpöpumppujen määrää. Kuvasta havaitaan kuinka geoneregiajärjestelmien myynnin kasvu 1980-luvun alussa ajoittuu samanaikaisesti kevyen polttoöljyn hinnan voimakkaan nousun kanssa. Energian hintojen laskiessa myös geoneregialaitteistojen myyn-

timäärät pienenevät. Vuosituhannen vaihteen alla vähitellen käynnistyvä kasvu osuu hyvin yhteen öljyn hinnannousun kanssa.



Kuvio 19. Maalämpöpumppujen vuotuiset myyntimäärät suhteutettuna tärkeimpien lämmitysenergiamuotojen reaalihintoihin 1976–2000. Tilastolähteet: Tilastokeskus (2002), Tilastokeskus (2017e) ja Tilastokeskus (2018).

Lähes kaikki suomalaisen geoenergialiiketoiminnan ensimmäisessä aallossa toteutetut maalämpökohteet olivat pienehköjä suhteellisen harvasti rakennetuilla pientaloalueilla tai maaseutumaisilla alueilla sijainneita kiinteistöjä. Pääasiallisena syynä tähän oli käytössä ollut lämmönkeruutekniikka. Ainoana tarjolla olleena lämmönkeruun vaihtoehtona oli 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa pintamaahan upotettava lämmönkeruuputkisto, jolla oli hankalaa täyttää suurten kohteiden lämmöntarve (N7). Kallioon porattavia energiakaivoja ja niihin pystysuoraan asennettavia energiankeruuputkistoja ei vielä 1980-luvulla Suomessa hyödynnetty, vaikka Keski-Euroopassa näin jo tehtiinkin (Sanner 1996, 1-5). Jos kiinteistöllä oli oma ranta tai pääsy vesistöön, johon lämmönkeruujärjestelmä oli mahdollista sijoittaa, oli hieman suuremman kiinteistön lämmöntarpeen täyttäminen mahdollista. Lämmönkeruuputkiston vaatima suuri pinta-ala käytännössä rajasi geoenergian hyödyntämisen taajamien ulkopuolisille alueille. Pääasiallisia geoenergian hyödyntämiskohteita 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa olivat omakotitalot ja vähemmässä määrin maatilojen rakennukset. Suuremmissa vesistöjen lämpöenergiaa hyödyntävissä kiinteistöissä oli myös muunlaisia käyttäjiä, useita

maaseutumaisilla alueilla sijaitsevia hotelleja tai oppilaitoksia lämmitettiin maalämmöllä. Myös joitain maalämpöä hyödyntäviä kasvihuoneita toteutettiin.

Maalämpöjärjestelmän hankinta oli 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa hieman öljylämmitystä kalliimpaa. Siinä missä öljylämmitysjärjestelmä keskikokoiseen omakotitaloon maksoi tuolloin noin 24 000 markkaa, tuli maalämpölaitteiston hinnaksi noin 28 000 markkaa. Edullisimman vaihtoehdon, suoran sähkölämmityksen asentaminen maksoi tuolloin hieman alle 10 000 markkaa (A3). Käyttökuluissa maalämpö oli selvästi edullisin, suoraan sähkölämpöön verrattuna maalämmöllä lämmittämisen vuosikustannukset olivat noin kolmanneksen sähkölämmityksen kuluista. Öljyn osalta hintaero käyttökuluissa ei ennen toista energiakriisiä ollut dramaattisen suuri, mutta öljyn hinnan noustessa voimakkaasti 1980-luvun alussa maalämmön edullisuus öljylämmityksen suhteen parani selvästi.

Maalämmön hyödyntämisen hitaasta yleistymisestä huolimatta voitaneen sanoa, että 1980-luvulle tullessa geoenergia oli jo jokseenkin tunnettu ja sellaisten pientalorakentajien joukossa, joilla oli riittävä maa-alue järjestelmän energiankeruupiirille, se kuului usein tarkasteltavien energiantuotannon vaihtoehtojen joukkoon. Lupaavan alun jälkeen maalämmön suosio kuitenkin väheni 1980-luvun edetessä. Keskeisenä syynä tälle voidaan pitää tavanomaisten energiamuotojen hintojen laskua ja jäämistä suhteellisen alhaiselle tasolle (R12, N1, N2, N3, N5). Laskeneiden energianhintojen ohella geoenergian alamäkeen vaikutti sen saama kyseenalainen maine joidenkin laitetoimittajien vielä prototyyppiasteella olleiden laitteiden epäluotettavuuden ja huonosti toimineen laitteistojen huollon vuoksi. Kiinnostava kuriositeetti liittyen lämpöpumppumarkkinoiden romahdukseen oli joissakin haastatteluisissa (N1, N4) esille tullut muistelo eräänä vuoden 1984 sunnuntaina esitetystä A-studiosta, jossa rakennuksissa melko suosituksi tullut lämmönjakotapa, ilmalämmitys, teiltiin täysin. Se leimattiin epätaloudelliseksi ja epäterveelliseksi tavaksi lämmittää asuntoa. Koska valtakunnallisia tv-kanavia oli tuona aikana kaksi ja lähes kaikilla ohjelmilla oli suuri yleisö, oli tällaisen informaation vaikutus suuri. Ilmalämmityskohteissa oli hyödynnetty laajasti erilaisia lämpöpumppuja ja tämän lämmönjakotavan suosion lopahtamisen myötä heikkeni kiinnostus kaikenlaisten lämpöpumppujen, mukaan lukien maalämpölaitteiden, hankkimiseen dramaattisesti. Lopullinen niitti lämpöpumppualalle tuli kun tukkukauppiat, jotka olivat varastoineet laitteita, möivät varastonsa halvalla tyhjäksi sekoittaen markkinoita ja ajaen näin monia alan pieniä toimijoita vaikeuksiin. Erilaisten lämpöpumppujen ja lämpöpumppujärjestelmien toimituksia jäi toimijoiden konkurssien takia paljon kesken (N1). Kiinnostava detalji maalämmön hyödyntämisen suomalaisessa kehityshistoriassa on että markkinoiden romahtaessa vuonna 1984 otettiin käyttöön Suomen ensimmäinen maalämmöllä lämpiävä peruskoulurakennus. Suomen Lämpöpumpputekniikka Oy:n toteutta-

man, Lapualaisen Ruhan koulun energiantuotannon hyötysuhdetta seurattiin ensimmäisen käyttövuoden ajan ja se todettiin seurannan päättyessä erinomaiseksi (N3, A27, Jussila 2003, 10–11).

Vuoteen 1984 mennessä oli Suomessa myyty hieman reilut 10 000 maalämpöpumppua, joista valtaosa – useiden lähteiden (N1, N2, N3, N6) mukaan vähintään 2/3 – oli hyvin toimivia. Omakohtaisia kokemuksia maalämmöstä omaavien suhtautuminen tähän lämmitysmuotoon oli valtaosin positiivista (A20, A22, A23, A24, A27), mutta tästä huolimatta geoenergian maine luotettavana lämmittämisen vaihtoehtona yleisemmin oli huono. Vuoteen 1985 mennessä uusien maalämpölaitteistojen myynnin voidaan sanoa lähes seisahtuneen. Lämmittäjien kiinnostus maalämpöä kohtaan oli seuranneen noin vuosikymmenen ajan hyvin vähäistä, vuosittain ajanjaksolla myytiin vuosittain ainoastaan 100–200 laitetta. Tuona aikana eri lämpöpumpputyypeistä ainoastaan poistoilmalämpöpumppujen myynti oli jollain tavalla merkittävää liiketoimintaa. 1990-luvun puolenvälin jälkeen kiinnostus geoenergiaa kohtaan alkoi vähitellen kasvaa. Näitä markkinoiden elpymiseen vaikuttaneita tekijöitä käsitellään jäljempänä luvussa 5.

4.3.2 Geoenergia-alan toimijat ja toimijaverkostot

Maalämpölaitteistojen teollinen valmistustoiminta käynnistyi Suomessa vähitellen ensimmäistä energiakriisiä seuranneina vuosina. Tietävästi ensimmäinen maalämpökoneita Suomessa valmistanut yritys oli Lapualla toiminut Mäkynen Yhtymä, jossa laitteiden kokoaminen käynnistyi 1974 ja ensimmäiset laitteistot valmistuivat vuonna 1975. Geotherm-nimisten laitteiden kokoonpano pohjautui yrityksen hankkimaan tanskalaiseen lisenssiin (N2, N3, N7). Mäkynen oli poikkeus suomalaisessa maalämpötoimijoiden kentässä monellakin lailla. Se oli verrattain aikaisin liikkeellä, nojasi tuotannossaan paljolti muualla tehtyyn tuotekehitykseen ja oli alalla toimivaksi yritykseksi melko suuri.

Laajemmin geoenergialiiketoiminta Suomessa käynnistyi tästä muutamaa vuotta myöhemmin kun toinen energiakriisi teki jo tuloaan. Nosteessa olleet markkinat houkuttivat monipuolista joukkoa aiemmin lvi- tai kylmälälalla toimineita yrityksiä täydentämään aiempaa tuote- ja palveluvalikoimaansa lämmittämiseen tarkoitetuilla maalämpöpumpuilla. Alalletulon kynnyks oli suhteellisen matala, sillä perustekniikka erilaisissa lämpöpumpuissa oli melko yksinkertaista, eikä sen hallitseminen vaatinut poikkeuksellista energiateknistä osaamista (N1, N2, N3, N7). Lämpöpumppulaitteistojen valmistaminen ei myöskään edellyttänyt suuria tuotantovälineisiin sijoitettavia pääomia. Suomessa myydyt maalämpöpumput olivat pääosin kotimaisten valmistajien omaa tuotantoa ja laitteiden kotimaisuusaste oli melko suuri, keskeisistä komponenteista ainoastaan lämpö-

pumppujen kompressorit olivat tuontitavaraa (A14). Harvoista ulkomaalaisista valmistajista näkyvin toimija Suomen kehittyvillä markkinoilla oli ruotsalainen Thermia.

Lupaavien markkinanäkymien houkuttelemana Suomeen syntyi lyhyessä ajassa useita maalämpölaitteistojen valmistajia. Rakennusten lämmittämiseen tarkoitettuja kokonaisuuksia kokosivat ja markkinoille tarjosivat 1970- ja 1980-luvun vaihteessa ainakin seuraavat yritykset: Oy Aga Ab (tuotemerkinä Aga Thermia), Oy Kalmeri Ab (Rosenlew), Kylmätyö Oy Punkalaitumelta (Ekopak), Ab Teknokyl Oy Nummelasta (Himabloc), Luonnonlämpö Oy Vantaalta (Taloterm), Mäkynen Yhtymä Lapualta (Geotherm), Oy Maalämpö – Jordvärme Ab Järvenpäästä (Termoset), Penttinen Oy Helsingistä (Penterm), Paloheimo Oy Riihimäeltä (Tupla) ja Ictek Oy Haapamäeltä (Keuruun Antti) (A3, A14, Aalto 2015).

Valtaosa alalla toimivista yrityksistä oli melko pieniä ja yritysten osaaminen lämpöpumppulaitteistojen suunnittelu-, kokoamis- ja asennustoiminnassa oli vaihtelevaa. Myös palvelutarjonta oli kirjavaa. Parhaat tarjotut maalämpölaitteistot olivat asiakkaalle suhteellisen helposti hankittavia kokonaispaketteja lämminvesivaraajineen, suurempi osa myydyistä tuotteista taas vaati käyttäjältä pitkälle menevää omatoimisuutta laitteistokokonaisuuksien eri osien kokoon haalimisessa ja sovittamisessa osaksi rakennuksen lämmitysjärjestelmää. Yleisesti maalämpöpumppujen kauppa oli paremminkin koneiden kuin palveluiden kauppaa (A34). Esimerkiksi öljylämmitykseen verrattuna maalämmön hyödyntäminen vaati asiakkaalta usein selvästi enemmän viitseliäisyyttä ja teknistä osaamista (N2, N3, N6).

Mäkynen Yhtymää lukuun ottamatta muut mainitut toimijat nojasivat laitteistojen suunnittelussa omaan tuotekehittelyyn, joskin Mäkyseläkin valmistettavia laitteistoja oli jatkokehitelty Suomen markkinoille paremmin sopiviksi. Koska maalämpöpumppujen markkinoiden nähtiin olevan pääosin pienissä rakennuskohteissa, oli valtaosa myydyistä maalämpöpumpuista lämmitysteholtaan varsin pieniä, tyypillisesti noin 10kW (A14). Suurin osa toimijoista ei edes pyrkinyt kehittämään suuremmissa kohteissa hyödynnettäviä järjestelmiä. Alan yritysten pieni keskikoko tarkoitti, että yritykset eivät pystyneet juurikaan panostamaan tutkimukseen tai tuotekehittelyyn eivätkä kyenneet tuotannossa hyötymään suur-
tuotannon eduista (A28). Järjestelmien kalliit hinnat ja heikko tekninen kehitys olivat omiaan heikentämään geoenergian kilpailuedellytyksiä tavanomaisten energianhintojen laskiessa 1980-luvun edetessä.

Harvoja suurempiin kohteisiin tarkoitettuja maalämpöpumppuja valmistaneita yrityksiä olivat 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa IVO:n kehitysyhtiö Tekivo Oy:n alainen Tekitermo Oy ja Hankkija. Tekitermo markkinoi voimalaitoskonseptia, jossa lämpöä tuotettiin lämpöpumpuilla kiinteistöjen käyttöön tai lämpö-

verkkoihin tyypillisesti vesistöihin varastoitunutta energiaa hyödyntäen. Periaatteena oli yleensä asentaa vanhaan kiinteistöön öljyjärjestelmän oheen lämpöpumppulaitos, jonka Tekitermo omisti ja laskutti energian hyödyntäjää kulutetusta energiasta. Hankkija oli perinteisesti myynyt kylmälaitteita maitotilojen tarpeisiin ja tämän toiminnan myötä syntyneen kylmäteknikan osaamisen kautta yritys laajensi tarjontaansa kiinteistöjen lämmitysenergiaa tuottaviin lämpöpumppuihin. Hankkijan innovaationa oli kompakti vesistöön upotettava lämmönkeräin. Hie- man suuremmat, kapasiteetiltaan tyypillisesti joidenkin kymmenien tai muuta- man sadan kW:n laitteistot asennettiin usein hotelleihin, oppilaitoksiin, maataloil- le tai rivitaloihin. Toteutettuja kohteita oli muun muassa Vierumäen urheiluopis- tolla, Haikon kartanossa ja Naantalın Kultarannassa. Tekitermon laitteet toimivat pääsääntöisesti varsin hyvin, Hankkijan lämmönkeräimien kanssa oli sen sijaan jonkin verran ongelmia (N7).

Suuria, teholtaan useiden satojen kilowattien tai joidenkin megawattien kokoi- sia lämpöpumppulaitoksia asennettiin myös muutamia. Forssassa 1980-luvun alussa Morus Oy toteutti paikalliselle energiayhtiölle pohjavettä hyödyntävän 200-300kW:n lämpöpumppulaitteiston. 1980-luvun puolivälin tienoilla IVO to- teutti Uuteenkaupunkiin 10MW:n lämpöpumppujärjestelmän, jonka lämmönläh- teenä oli jäteveden ja meriveden yhdistelmä. Lisäksi jätevedenpuhdistuslaitoksiin asennettiin puhdistetun veden lämpöä hyödyntäviä lämpöpumppuja muun muas- sa Naantalissa ja Raumalla. Tietävästi kaikki 1980-luvulla asennetut vesiin si- toutunutta lämpöenergiaa hyödyntävät suuret lämpöpumppulaitokset poistettiin käytöstä lähinnä huonosta suunnittelusta ja heikosta toimintavarmuudesta aiheu- tuneista ongelmista johtuen muutaman vuoden käytön jälkeen (N7).

Maalämpöpumppujen ohella myös muita kiinteistöjen lämmönsäätelyssä hyö- dynnettäviä lämpöpumppuratkaisuja kehiteltiin. Näistä kenties merkittävimpinä Asko-Upo Oy:n poistoilmalämpöpumppu Upovari ja Valmetin Kotilämpö, jonka yhteydessä hyödynnettiin usein lämpöpumppuja. Energiakriisien jälkeinen ener- giategokkuuteen pyrkivä rakentaminen edellytti rakennusten parempaa tiivistä- mistä sekä aiempaa tehokkaampaa ilmanvaihtoa. Valmetin Kotilämmössä yhdis- tyi uusi ilmanvaihdon kautta tapahtuva lämmönjakotapa sekä tyypillisesti pois- toilmalämpöpumppu. Pääasiallinen lämmönlähde saattoi Kotilämmössä olla lä- hes mikä vain, myös maalämpöpumppuja hyödynnettiin.

1980-luvun edetessä maalämpöjärjestelmien myynti Suomessa hiipui ja vuosi- kymmenen puolenvälin jälkeen loppui lähes tyystin. Tämän seurauksena suurin osa alalla toimineista valmistajista meni konkurssiin tai luopui maalämpölaitteis- toihin liittyvästä liiketoiminnasta. Harvat markkinoilla romahduksen jälkeen toi- mivat yritykset selvisivät niukoista vuosista tekemällä aiemmin asennettujen lait- teistojen huoltoja sekä kehittämällä lämpöpumpputekniikkaa hyödyntäviä eri- koistuotteita. Esimerkiksi vuonna 1983 konkurssiin menneen Mäkynen Yhtymän

maalämpöliiketoiminnassa mukana olleiden henkilöiden perustama Suomen Lämpöpumpputekniikka Oy valmisti maalämpölaitteistojen ohella kuivauslaitteita, kalanviljelylaitosten vesien lämmityslaitteita sekä lämmön talteenottojärjestelmiä (Jussila 2003, 13–14). 1990-luvun alussa Suomessa toimi vain 3 maalämpölaitteiden toimittajaa: Suomen Lämpöpumpputekniikka Oy, Kylmätyö M. Karppinen ja Oy Terrawatt SF Ab.

Maalämpöala oli kasvanut 1970-luvun lopulta lähtien lähinnä pienten, aiemmin lvi-alalla toimineiden yritysten toimesta. Joillakin näistä yrityksistä saattoi olla aiempien lvi-alan yhteistoimintarakenteiden myötä kontakteja toisiinsa, mutta pääasiallisesti suhteita maalämpöalalla operoivien yritysten välillä ei 1980-luvulla ollut. Puuttuvat yhteistyörakenteet hankaloittivat tuotteiden ja palvelujen kehittämistä, markkinointia, standardointia ja sekä tuotteiden saamista osaksi sellaisen energiaratkaisujen joukkoa, jonka käyttöönottoa voitiin tukea erilaisin valtion toimin. Suomalaisen lämpöpumpputoimijoiden ohuet organisaatiot, vähäinen yhteistyö ja hatara sitoutuminen alan pitkäjänteiseen kehittämiseen edesauttoivat osaltaan markkinoiden romahtamista (R10, N2, N3). Maalämpöalalta ja lämpöpumppualalta yleisemminkin puuttui alaa kokoava ja lämpöpumppujen ominaisuuksista päättäjien suuntaan tai suurelle yleisölle viestinyt toimija. Tällaista työtä tekevä yhteistyötaho, Suomen lämpöpumppuyhdistys (SULPU ry) perustettiin vasta lähellä vuosituhannen vaihdetta, uuden lämpöpumppuihin kohdistuvan kiinnostuksen merkkien ollessa jo näkyvissä.

4.3.3 Markkinoiden rakentuminen

Vaikka energiakriisit loivat hyvän mahdollisuuden saavuttaa uutta asiakaskuntaa erilaisille vaihtoehtoisille lämmitysjärjestelmille, ei ollut itsestään selvää että uusien energialähteiden hyödyntämisestä kiinnostuneet pientalorakentajat kokisivat maalämmön yhtenä varteenotettavana vaihtoehtona. Maalämpö oli Suomessa ennen 1970-luvun puoltaväliä lähes tuntematon lämmitystapa ja markkinoiden synnyttäminen edellytti tiedottamista tekniikasta, sen ominaisuuksista, mahdollisuuksista ja toimivuudesta. Haasteena oli lämpöpumpputekniikan perustietojen välittämisen ohella uskottavasti viestiä potentiaalisille asiakkaille, että lämpöenergiaa on mahdollista tuottaa ilman tulta ja että lämpöä voi saada rakennuksissa hyödynnettäväksi myös Suomen kylmästä maaperästä (A3, N2, N3, N7). Lisäksi mahdolliset ostajat piti vakuuttaa siitä, että lämmön kerääminen maasta ei jäädytä maaperää ikiroutaan tai tapa kasvillisuutta alueelta, johon lämmönkeruuputkisto on upotettu (A4). Yleinen kiinnostus erilaisia uusia energialähteitä kohtaan 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa auttoi asiaa siinä, että tekniikka- ja talousasioita käsittelevissä aikakauslehdissä oli ajankohtana useita maalämmön toimintaperiaatetta ja mahdollisuuksia kiinteistöjen lämmittämisessä esitteleviä artikke-

leita. Aiheesta julkaistiin myös erilaisia yleistajuisia kirjoja ja raportteja (esim. Suominen & Suominen 1980, Sundell et al. 1980, Ursinus et al. 1981). Geoenergiää käsitelleiden julkaisujen määrässä on nähtävissä selvä nousu aivan 1980-luvun ensimmäisiin vuosiin asti, tämän jälkeen kiinnostus aiheeseen laimenee selvästi⁴⁹.

Maalämmön käsittely lehdissä oli 1980-luvun puoleenväliin saakka varsin positiivista. Geoenergia nähtiin erittäin lupaavana ja taloudellisesti edullisena lämmönlähteenä pientaloissa etenkin jos energian ja erityisesti öljyn hinta pysyisi korkeana (A2, A5, A6, A7, A9, A10, A11, A15, A17, A18). Teknologiaa pidettiin yleisesti kypsänä viitaten lämpöpumpputekniikan pitkään historiaan ja maalämpöpumppujen yleistymiseen Ruotsissa (A3). Tärkein myyntiargumentti, jolla maalämpölaitteistojen hankinnan järkevyyttä perusteltiin, oli edullinen lämmitysenergia. Energian hinnan ohella muita usein toistuvia argumentteja olivat käytön helppous, siisteys ja maalämmön hyödyntämisen myötä saavutettava osittainen energiaomavaraisuus. Energiakriisien aikaan pinnalla olleeseen yhteiskunnan energiaomavaraisuuden kasvattamispyrkimyksiin liittyi myös artikkeleissa (A3, A11) esiin tuotu maalämpölaitteistojen valmistuksen korkea kotimaisuusaste. Kotimainen valmistusosaaminen nähtiin etuna myös toiminnallisesta näkökulmasta; suomalainen valmistaja osaa sovittaa lämpöpumput suomalaisessa ilmastossa toimivaksi. Maalämmön ympäristöystävällisyys suhteessa muihin tarjolla olleisiin lämmitysvaihtoehtoihin ei artikkelien perusteella ollut tärkeä valintaargumentti. Tämä peruste nousi esille vain hyvin harvoissa artikkeleissa (A18).

Markkinoiden kehittymistä tuki myös 1980-luvun alkupuolella valtion avustukset sellaisten energiatekniikoiden hyödyntämiselle, jotka tukivat julkilausuttuja energiapolitiikan tavoitteita: öljyriippuvuuden vähentämistä ja energiaomavaraisuuden kasvattamista. KTM myönsi saneerattavien kiinteistöjen em. tavoitteita toteuttaviin energiamuodon muutoksiin energia-avustusta, myös maataloille oli tarjolla oma vastaava ohjelmansa (N7). Verrattuna muihin energiatehokkaiksi määriteltyihin ratkaisuihin, joihin energia-avustusta saattoi saada, oli lämpöpumppujen avustusosuus kuitenkin selvästi muita avustuskelpoisia energiaratkaisuja pienempi. Esimerkiksi vuonna 1981 lämpöpumppujärjestelmien hankintaa tuettiin 1500 markalla, joka edusti hieman maalämpöpumpusta riippuen noin 5-10 % osuutta hankintahinnasta. Muutoin avustusten linjauksena oli tukea energiatehokkaisiin ratkaisuihin siirtymistä 20 % osuudella kokonaiskustannuksista

⁴⁹ Heiskanen, Lovio & Louhija (2014) Ovat tarkastelleet maalämmön näkymistä Helsingin Sanomien artikkeleissa ajanjaksolla 1980–2012. Artikkelista ilmenee maalämmöstä kirjoitetun melko HS:ssa vilkkaasti 1980-luvun alussa (huippuvuonna 1980 30 artikkelia) ja kirjoittelun olleen luonteeltaan positiivista. 1980-luvun edetessä artikkelien määrä laskee selvästi ja kirjoitusten sävy muuttuu kriittisemmäksi.

(A19, Juva 1982). Toinen merkittävä tukimuoto oli valtion asuntorakentamiseen myöntämän lainamäärän korottaminen lämpöpumppujärjestelmän hankintakustannuksen verran kohteissa, joihin lämpöpumppu asennettiin (A19). Tuon ajan rahoitusmarkkinoilla lainarahan saaminen oli hankalaa, joten tällaisella avustuksella – tai sen puuttumisella – saattoi olla ratkaiseva osuus siihen mikä energiaratkaisu tuli asuntoon valituksi.

Eräänlaisena valtion tai valtiota lähellä olevan tahon kädenojennuksena lämpöpumppualalle voidaan pitää Suomen itsenäisyyden juhlarahaston (Sitra) toimesta vuonna 1980 laadittuja pientalolämpöpumppujen testausmenetelmiä, joiden avulla pyrittiin edistämään eri valmistajien laitteiden vertailukelpoisuutta. Valmistajat pystyivät testaattamaan laitteistojaan VTT:llä ja näin saada omista laitteistoistaan luotettavaa vertailutietoa, jota voisi halutessaan hyödyntää markkinoinnissa tai antaa julkisesti tiedoksi, jolloin kuluttajilla olisi mahdollisuus vertailla markkinoilla olevia tuotteita ja niiden ominaisuuksia. Läheskään kaikki valmistajat eivät kuitenkaan näitä testejä teettäneet (Juva 1982).

Huolimatta maalämpöpumppujen valmistajien saamasta vetoavusta uusien markkinoiden luomisessa myös alan yritysten omalle myyntityölle jäi paljon tehtävää. Messut ja erilaiset alueelliset markkinointitapahtumat olivat keskeisiä tiedonvälityksen ja markkinoiden luomisen keinoja 1980-luvulla. Jotkin toimijat kohdistivat myös suoraa myyntityötä erityisesti maataloille. Suurelle yleisölle suunnattua lehtimainontaa tv-mainonnasta puhumattakaan ei ollut, vaan vähä toteutettu mainonta keskittyi rakennusalan ammattilaisille suunnattuihin julkaisuihin (N1, N7). Parhaat muskelit mainostamiseen oli alan harvoilla suurilla toimijoilla, esim. IVO pystyi tekemään Tekitermon myymää lämpölaitoskonseptia tunnetuksi. Parhaita markkinointikeinoja olivat kuitenkin esimerkit toimivista laitteistoista ja erityisesti jos nämä kokemukset olivat maalämpölaitteistoa harkitsevan välittömästä lähipiiristä (N1, N2, N3, N7).

Maalämpöpumppuja ja -järjestelmiä 1970- ja 1980-luvuilla valmistaneilla yrityksillä oli kumppaneinaan lvi-liikkeitä tai rautakauppoja, jotka vastasivat tavallisesti myynnistä, asennuksista ja huollosta sekä joissain tapauksissa myös laitteistojen mitoituksesta (Juva 1982). Maalämpöpumppujen valmistajien valtuuttamien asennus- tai huoltoliikkeiden määrästä 1980-luvun alussa on lähdeaineiston perusteella vaikeaa antaa täsmällistä arviota, mutta asennusliikkeitä oli tuoloin vähintään joitain satoja ja huoltoliikkeitäkin kymmeniä. Suurin osa valmistajista ilmoitti panostaneensa kumppaniyrittystensä koulutukseen siten, että kumppaneilla oli riittävä osaaminen laitteistojen suunniteluun, mitoitukseen ja asennustöihin. Myös huoltopalveluja oli valmistajien ilmoituksen mukaan saatavilla kaikkialla Suomessa (A14).

Vain harvat alalla toimivista yrityksistä tarjosivat valmista maalämmön kokonaispakettia, joka oli asiakkaalle vaivaton ostaa ja asentajalle yksinkertainen koota. Parhaissakin järjestelmissä asiakkaan tuli maalämpölaitteiston ohella itse hankkia lämmönkeruujärjestelmä sekä siihen liittyvät kojeet ja lämmönsiirtoaineet. Useissa tapauksissa asiakas joutui vielä haalimaan maalämpöjärjestelmän talotekniikkaan sovittamisen kannalta välttämättömät osat kuten lämminvesivaraajan ja osajat yhdessä myyjän kanssa tai omatoimisesti. Asiakkaan kohtaama maalämmön hyödyntämisen tietynlainen vaikeus oli kenties kaikkein merkittävin rajoite potentiaalisessa asiakaskunnassa piilevän kiinnostuksen muuttumisessa kaupoiksi 1980-luvun alussa. Tee-se-itse-miehille edellytys omatoimisuudesta ei ollut rajoite mutta vaihtelevalla osaamisella tehdyt asennukset saattoivat olla osasyynä myöhemmin koetuille laatuongelmille.

4.3.4 Geoenergian hyödyntämiseen liittyviä ongelmia

Yllä todettiin maalämpömarkkinoiden 1980-luvun puoliväliin tullessa tapahtuneen hiipumisen johtuneen suurelta osin tavanomaisten lämmitysenergian muotojen kuten öljyn ja sähkön hintojen palautumisella energiakriisejä edeltäneelle tasolle tai jopa sen alle. Muitakin syitä maalämpöön kohdistuneen kiinnostuksen vähenemiseen ja seuraavan vuosikymmenen hiljaiseloon on kuitenkin löydettävissä. Asennetuissa laitteissa ja laitteistoihin liittyvässä palveluketjussa on tunnistettavissa koko joukko erilaisia ongelmia, jotka pitkäksi aikaa pilasivat lähes koko lämpöpumppualan maineen ns. suuren yleisön silmissä.

Suuri osa asennetuista maalämpöjärjestelmistä toimi hyvin (A34), mutta monissa kokoonpanoissa oli ongelmia. Osa näistä johtui lämpöpumppujen komponenttien heikosta laadusta (A5), lämmönsiirtimien huonosta toiminnasta (A48) sekä järjestelmäkokonaisuuden huonosta suunnittelusta ja sovittamisesta muuhun talotekniikkaan (N2, N5, N10). Myös laitteistojen käynnin säätöjärjestelmien puutteet aiheuttivat hankaluuksia (esim. kompressorien vikoja) ja olivat perussyitä erilaisten ongelmien taustalla (N7). Suunnittelun kohdalla ongelmana oli tiedon ja kokemuksen puute lämpöpumppujen hyödyntämisestä lämmityskäytössä. Erilaiset lämpöpumput olivat monille lvi-alan toimijoille tuttua tekniikkaa kylmäntuotannossa, mutta lämmityskäytön näkökulmasta osaamista ei paljoakaan ollut (N7). Myös käyttäjien omassa ylläpito-osaamisessa oli toivomisen varaa.

Suunnittelupuutteet olivat osin seurausta siitä, että maalämpöalan toimijat eivät tarjonneet asiakkaille ns. ”avaimet käteen” -maalämpöpaketteja, vaan käyttäjien piti usein kerätä laitteistot kokoon itse tai löytämisensä suunnittelijoiden ja asentajien avustamana. Jotkin valmistajat suhtautuivat suojeasti maalämpöjärjestelmien tee-se-itse-asennuksiin, kunhan valmistajan ohjeita noudatetaan (A14).

Vaikka taloa rakentavien valmius tehdä asioita itse oli 1970- ja 1980-luvuilla melko hyvä, ei osaamista lämmitykseen soveltuvien lämpöpumppulaitteistojen toteutukseen aina ollut. Näin omakotitalon rakentajien itse kokoon haalimissa kokonaisuuksissa lopputulos oli usein huono (N2, N3). Kaupпамiehen lupaama lämmöntuotto, huoltovapaus ja helppokäyttöisyys eivät läheskään aina toteutuneet. Kun laitteistojen huolto oli sekalaisista komponenttikokoonpanoista johtuen vikatapauksissa vaikeaa, huolto- ja takuupalvelut olivat yleisesti kehittymättömiä ja kun 1980-luvun puolivälin lähestyessä huoltoja tekevien yritysten määrä konkurssien myötä edelleen väheni (R10, N1), kasvoi maalämpöön tyytymättömien asiakkaiden joukko. Myös muita kokonaisuuden kannalta harvinaisempia ja vähäisempiä ongelmia ilmeni. Joissain kohteissa syrjäseutujen sähköverkko ei kestänyt lämpöpumpun käynnistymisestä aiheutunutta virtapiikkiä. Toisinaan taas lämpöpumpun melu ja värinä häiritsi (A17).

Kehnojen järjestelmäkokoonpanojen, -asennusten ja osaamattoman käytön ohella ongelmana oli lämmönlähteenä olevan maan tai vesistön energiantuotantominaisuuksien heikko tuntemus. Etenkin pintamaahan asennetuissa lämmönkeruujärjestelmissä energiantuotto oli aika ajoin sattumankauppaa. Lämmönlähteesseen laitettiin usein liian vähän lämmönkeruuputkea ja alimitoitus tuotti liian kylmää nestettä lämmitysjärjestelmän käyttöön. Näin järjestelmien tehokkuus ja toiminta heikkenivät. Pahimmillaan lämmönkeruujärjestelmät jäätyivät mitoitusta asennustyön piittaamattomuuden tai osaamattomuuden vuoksi (R4, N7, N10).

Jotkin maalämpöjärjestelmiä kohdanneet ongelmat olivat lähes koomisia. Erään IVO:n rahoittaman tutkimushankkeen koekohteena olleen opiston viereiseen vesistöön upotettu lämmönkeruuputkisto meni rikki kun kohteessa vierailleet moottoriveneilijät ankkuroivat kielloista piittaamatta aluksiaan alueelle, jossa putkisto oli. Ankkurit irrottivat ja rikkoivat kohteen lämmönkeruuputket. Laitteiston korjaus olisi maksanut niin paljon, että se päätettiin jättää tekemättä. Eräässä Espoolaisessa kohteessa taas ihmeteltiin miten sinänsä hyvin toimivan vesistölämpöjärjestelmän lämmöntuotanto on paljon oletettua pienempää. Asiaa tarkemmin selvitellessä kävi ilmi, että kohteen lämmönkeruuputkistoa ei oltu levitetty meren pohjaan lainkaan vaan keruuputkistokieppi oli vain upotettu sellaisenaan vesistöön. Tämä putkokieppi oli sitten talvella jäähtyessään kerännyt jäätä ympärilleen. Jäätyminen oli ongelmana myös Hankkijan innovaation, vesistöön upotettavien lämmönkeruuhäkkien, kohdalla. Osa lämmönkeruuputkistopinta-alaltaan melko pienistä laitteista asennettiin puroihin tai muihin pieniin vesistöihin, joissa laitteet jäätyivät talvella (N7). Lämmöntuotto jäi näin luonnollisesti melko huonoksi. Lisäksi ongelmana pienissä joissa ja puroissa olivat kevätjääät, jotka saattoivat viedä lämmönkeruuputket mennessään. Useampikin haastateltu (N1, N2, N3, N7) kertoi kuinka Pohjanmaan jokiin asennettuja lämmönkeruuputkia keräiltiin keväisin Pohjanlahdelta.

Aiemmin luvussa 4.3.2 mainittiin muutamista vesistöjen energiaa hyödyntäneistä suurista lämpöpumppulaitoksista. Näistä laitoksista kaikki poistettiin käytöstä joidenkin vuosien käytön jälkeen. Morus Oy:n Forssaan asentama laitteisto ilmeisesti toimi melko hyvin lämmöntuotannon puolesta, mutta muutoin oli ongelmia. Laitteisto pysäytettiin kun sen höyrystin meni rikki ja vuotaneen kylmäaineen mukana pohjaveteen pääsi vuotamaan öljyä. Ongelman uusimisriskin vuoksi laitosta ei käynnistetty enää uudelleen. IVO:n Uuteenkaupunkiin rakentama laitteisto ei toiminut missään vaiheessa odotetusti kun lämmöntuotannon kannalta keskeistä jätevetä tulikin laitoksen käyttöön paljon kaavailtua vähemmän. Merivettä taas ei voitu kohteessa jäätymisen takia talvella lämmönlähteenä käyttää (N7).

IVO:n omistama suurehkoja lämpöpumppulaitoksia tuotteistanut ja niitä joitain kymmeniä myynyt ja operoinut Tekitermo Oy kohtasi myös 1980-luvun edessä ongelmia ja yrityksen toiminta lopetettiin vuonna 1988. Toiminnallisia ongelmia Tekitermon laitteistoilla oli lämmönkeruujärjestelmissä ja laitosten ohjauksjärjestelmissä, jotka olivat jokseenkin alkeellisia (analogisia). Pääsääntöisesti laitokset toimivat kuitenkin teknisesti melko hyvin. Tästä osoituksena voi pitää sitä, että monet näistä laitoksista ovat yhä käytössä. Suurempana haasteena oli liiketoiminnan riittämätön volyyymi ja kannattavuus, etenkin öljyn hinnan painuessa alas 1980-luvun alkuvuosien jälkeen (N7). Toiminnan lopetuspäätöksen myötä IVO myi rakennetut lämpölaitokset niiden pääkäyttäjille tai paikallisille sähköyhtiöille. Jotta laitoksen hankkineet eivät jäisi ylläpidon suhteen tyhjän päälle, IVO myös koulutti huoltoliikkeitä huoltamaan laitoksia (Vuorinen 2015). Muutamat haastateltavat (N1, N7) arvelivat Tekitermon liiketoiminnan epäonnistumisen syinä olleen kokonaisuuden hallinnan puutteen sekä toiminnan kehittämisen haasteet, jotka selittynevät paljolti Tekitermon asemalla osana suurta energiayritystä. Suuren yrityksen kainalossa oleva pieni yksikkö on vahvasti sidoksissa suureen emoonsa jonka strategiset päätökset voivat herkästi muuttaa pienen yrityksen suuntaa ja mahdollisuuksiin vaikuttaa omaan toimintaansa. Tällaisella pieneltä toimijalta puuttuu selkeä yrittäjätoimija, joka ajaisi yrityksen asiaa ja kehittäisi toimintaa eteenpäin saatuihin kokemuksiin perustuen ja markkinoiden vaatimuksia kuunnellen. Tekitermon tarjoamien tuotteiden parempi koti olisi saattanut ollut jossain pienemmässä yrityksessä. Isossa yrityksessä mikä tahansa kokonaisuuden kannalta vähäinen toiminta jää helposti marginaaliin ja toiminnasta luopumisen kynnyksen kohdatessa ongelmia on matala.

4.3.5 Tutkimus-, tuotekehitys- ja koulutustoiminta

Energiakriisien myötä kiinnostus tutkia erilaisia öljylle vaihtoehtoisia energiamuotoja kasvoi. Suomessa tämä näkyi myös lämpöpumppujen ja tätä myötä geo-

energian hyödyntämiseen tähtäävän tutkimustoiminnan kehittymisenä, joskin melko vähäisessä määrin verrattuna monien muiden energiamuotojen tai energiatehokkuuden tutkimukseen. Maalämpöön liittyvä tutkimus alkoi 1970-luvun puolenvälin VTT:llä muutaman aiheesta omatoimisesti kiinnostuneen tutkijan toimesta (N6). Ensimmäiset tutkimukset koskivat maaperän lämmönsiirtymiä ja maaperän käyttäytymistä alueella, jolla on vaakatasoon asennettu energiankeruuputkisto (N7). Yksi ensimmäisistä käytännöllisistä jotain tiettyä käyttökohdetta koskevista tutkimuksista oli vuonna 1974 maatilahallituksen rahoittama työ, jossa vertailtiin erilaisten lämmönlähteiden käyttöä maaseudun asuinrakennuksissa. Maalämpö oli tutkimuksessa yhtenä tarkasteltuna vaihtoehtona. Se, miksi juuri maatilahallitus rahoitti tutkimusta, oli eräänlainen onnekas sattuma. Tuolloinen maatilahallituksen johtaja oli uusista rakentamiseen liittyvistä asioista ja rakennusten energialähteistä yleisesti innostunut arkkitehti, jolla oli halu ja valmius tukea erilaisten uudenlaisten toimintatapojen käyttöä rakennuksissa (N6). Yleisesti 1970-luvulla lämpöpumppuihin ja maalämpöön liittyvällä tutkimuksella oli useita rahoittajia, mm. Sitra, KTM ja VTT.

Pidempikestoista lämpöpumppuihin liittyvää tutkimustyötä tehtiin 1970- ja 1980-luvuilla Suomessa lähinnä Tampereen Teknillisessä korkeakoulussa Antero Aittomäen johdolla (N1, N6, N7). Merkittävin yksittäinen haastattelussa mainittu panostus lämpöpumppujen tutkimukseen oli KTM:n energiaosaston 1980-luvun alkupuolella Tampereen Teknilliselle korkeakoululle (TTKK) myöntämä miljoonan markan rahoitus. Tällä rahoituksella toteutettiin useita lämpöpumppujen ominaisuuksia ja käyttöä tarkastelevia tutkimushankkeita. Tutkitut aiheet liittyivät laajasti erilaisten lämpöpumppujen, myös maalämpöpumppujen hyödyntämisen eri osa-alueisiin; mm. maaperän tai vesistön lämmönluvutuskykyyn, lämpöpumppuihin ja niiden eri komponentteihin sekä lämmönsiirtoaineiden ominaisuuksiin. Osa työstä oli esimerkiksi lämpöpumppujen hyödyntämispotentiaalia kartoittavaa kirjoituspöytätyötä ja osa lämpöpumppujen ominaisuuksia erilaisissa kohteissa tarkastelevia kokeita. Hankkeiden tuloksena opittiin kuinka erilaisia lämpöpumppuja voi hyödyntää erilaisissa kiinteistökohteissa (A8, N6).

Vaikka valtaosa maalämmön sovelluksista 1970- ja 1980-luvuilla keskittyi pieniin rakennuskohtaisiin lämmitysratkaisuihin, geoenergialla nähtiin olevan tulevaisuudessa potentiaalia myös osana keskitettyä lämmöntuotantoa. Tarkastelun kohteena oli sovellutuksia, joissa maaperää (kalliota, savea tai turvetta) tai kallioon louhittuja luolia olisi käytetty lämpövarastoina, joihin olisi kesällä mahdollista ladata auringon lämpöenergiaa tai teollisten prosessien hukkalämpöä. Talvella tämä energia saataisiin rakennusten lämmitykseen käytettäväksi lämpöpumppuja hyödyntäen (A12). Toteutukseen asti yksikään tällainen suuren mittaluokan lämpövarasto ei tietävästi Suomessa edennyt.

Valtaosa 1980-luvulla tehdystä lämpöpumppuihin liittyvästä tutkimuksesta tehtiin julkisella rahoituksella. Suomalaiset lämpöpumppuja valmistavat yritykset olivat valtaosin niin pieniä, että vaikka kiinnostusta tutkimuksen tekemiseen olisikin ollut, ei siihen ollut varoja. Suurista energiayhtiöistä IVO toteutti joitain maalämmön tutkimus- ja tuotekehityshankkeita. Lämpöpumppuihin keskittyneiden yritysten vähät panostukset käytettiin omaan tuotekehitykseen, jonka tavoitteena oli saada markkinoille oma tunnistettava lämpöpumpputuote. Yksi suomalaisten yritysten oman tuotekehityksen tuloksista pientaloja palvelevien maalämpölaitteistojen markkinoille oli Oy W. Rosenlew Ab:n kehittämä rakennuksen lämmitysjärjestelmä, jossa lämmönkeruuputkisto kiersi maaperässä ja rakennuksen katolla. Muiden lämpöpumppuratkaisujen osalta suomalaisten toimijoiden oman tuotekehityksen tuloksia olivat Asko-Upo Oy:n poistoilmalämpöpumppu Upovari ja Valmetin Kotilämpö, jossa lämpöpumppua hyödynnettiin rakennuksen sisäntuloilman lämmittämiseen. Ilmalämmitys rakennuksissa toteutettiin joko maalämpöpumpulla tai ilma- ja maalämpöpumpun yhdistelmänä.

Koulutustoimintaa, jonka tavoitteena oli tehdä lämpöpumppujen hyödyntämistä tutuksi lvi- alan toimijoille ja näin mahdollistaa lupaavilta vaikuttavien uusien markkinoiden hyödyntäminen, oli 1970- ja 1980-luvuilla tarjolla jonkin verran. Lämpöpumppujen valmistajien omien asennuskoulutusten ohella erilaiset lvi- alan järjestöt vastasivat tiedon levittämisestä. Tietävästi ensimmäisen kerran lämpöpumpuista järjestettiin koulutusta ja tuotettiin materiaaleja suomen kielellä vuonna 1974, jolloin Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus (INSKO ry.) järjesti lämpöpumppuja käsittelevän kurssin. 1980-luvulta alkaen myös muut Lvi- alan järjestöt kuten Suomen LVI-liitto (SuLVI ry.) ja kylmätekniikan järjestöt järjestivät lämpöpumppujen hyödyntämiseen liittyviä koulutuksia (N6, N7). Koulutukset käsitelivät useimmiten maalämpöpumppujen hyödyntämistä pienissä kiinteistökohteissa, joissa lämmönlähteenä oli tyyppillisesti pintamaa tai vesistö. Koulutukset oli suunnattu pääosin suunnittelijoille, mutta asennus- tai käyttäjäpuolelle tietoa lämpöpumppujen hyödyntämisestä käytännössä ei juuri ollut saatavilla. Teknillisen alan oppilaitoksissa ei lämpöpumppuihin liittyvää koulutusta 1970- ja 1980-luvuilla juurikaan ollut. Lämpöpumput käsiteltiin opinnoissa tavallisesti kylmätekniikan kohdalla, mutta pidemmälle menevää osaamista lämpöpumppujen hyödyntämisestä kiinteistöjen lämmityksessä ei oppilaitoksista tavallisesti saanut.

Energian hintojen laskiessa ja politiikanteon keskeisen huomion siirtyessä energiateemoista muualle KTM:n ja muiden energiatutkimusta rahoittavien tahojen mahdollisuudet tukea lämpöpumppututkimusta heikkenivät. Vielä vuoden 1983 energiapoliittisessa ohjelmassa mainittiin lämpöpumppujen tehokkuuden kehittäminen yhtenä mahdollisesti tuettavana kohteena, mutta lopulta rahoitusta lämpöpumppututkimukseen ei tullut (Majuri 2016, 741). 1980-luvun lopulle tul-

taessa julkisin varoin tehtävä lämpöpumppuihin liittyvä tutkimus oli lähes pysähdyksissä (N6, A28). Se vähä tutkimus, mitä 1980- ja 1990-luvun vaihteen tienoilla Suomessa tehtiin, keskittyi TTKK:lle. Maalämpö pysyi mukana myös IVO:n tutkimushankkeiden joukossa (A25, A27). IVO:n tutkimusten tulokset olivat joissain kohteissa oikeinkin lupaavia maalämmön kannalta, mutta tutkimuksesta ei kuitenkaan saatu vetoapua alalle. Useat haastatellut henkilöt (N1, N2, N3, N6, N7) epäilivät, että IVO ei loppujen lopuksi ollut kovin kiinnostunut edistämään lämpöpumppujen käyttöä Suomessa vaan myi energiaratkaisuna mieluummin tavanomaista sähkölämmitystä. Tämä näkemys vahvistuu joidenkin tarkastellun artikkeliaineiston lähteiden perusteella (A21, A23, A24) sekä tarkasteltaessa erään toteutetun lämpöpumppujen hyödyntämistä pientaloissa käsittelevän hankkeen tuloksia esittelevää kirjasta (Haukioja 1991). Kirjassen mittaustuloksia esittelevistä taulukoista käy ilmi, että maalämpötalot suoriutuvat eri koetalotyypeihin verrattuna oikein hyvin käyttäessään vain vähän ulkopuolista ostoenergiaa. Maalämpötalojen vähäistä ostoenergian tarvetta ei raportin tekstissä kuitenkaan tuoda esiin. Maalämmön osalta todetaan vain, että maalämpöjärjestelmän kovat hankintakustannukset tekevät maalämmön hyödyntämisen kannattamattomaksi Suomessa. Teoksessa noteerataan maalämmön hyödyntämisen suosio Ruotsissa ja mainitaan siellä kokeiltujen kalliolämpöjärjestelmien, jossa lämpö kerätään syvälle mahan poratusta lämpökaivosta, hyvästä tehokkuudesta. Kalliolämpöjärjestelmien mahdollisuuksista Suomessa tai tämän lämmönkeruutavan mahdollisuuksista parantaa maalämmön hyödyntämisedellytyksiä ei raportissa lausuta mitään.

Maalämpöä tukeva kehitystyö alkoi vilkastua jälleen vasta 1990-luvun puolenvälin jälkeen jolloin merkittävimpiä rahoituslähteitä olivat Teknologian kehittämiskeskus Tekesin ohjelmat⁵⁰. Uudelleen virinneestä kiinnostuksesta yhtenä osoitukena voi pitää myös Energiansäästön palvelukeskuksen (Motiva) toimeksiannosta vuosina 1994–1995 tehty projekti koskien lämpöpumppujen historiaa ja tulevaisuutta (N1).

4.3.6 Geoenergia Ruotsissa

Tässä alaluvussa kuvataan lyhyesti geoenergian hyödyntämisen kehitystä ja kehitykseen vaikuttavia tekijöitä Ruotsissa 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa. Tarkastelu pohjaa pääosin sekundäärisiin lähteisiin. Suomen ja Ruotsin kehityskulkujen

⁵⁰ Näistä 2000-luvun kehitystä selittäivistä tekijöistä täsmällisemmin luvussa 5.2.5

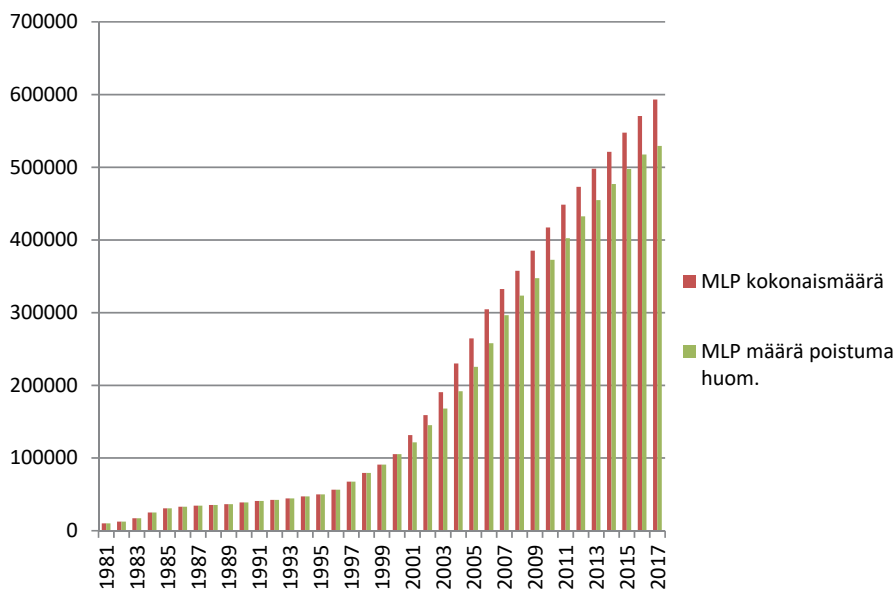
vertaaminen on kiinnostavaa, sillä maalämmön hyödyntämisessä nämä kaksi monissa suhteissa hyvin samankaltaista maata eroavat toisistaan merkittävästi.

Maalämpömarkkinoiden kehityksen alkuvaiheet Ruotsissa olivat samankaltaisia Suomen kanssa. Öljykriisit ja niiden seuraukset kannustivat 1970-luvulla Ruotsissakin energiansäästöön ja kotimaisten energialähteiden hyödyntämisen tehostamiseen. Koska 1970-luvun alussa lähes 80 % Ruotsin primäärienergiasta oli peräisin öljystä, kiinnitettiin maassa erityistä huomiota öljyriippuvuuden vähentämiseen (Dzebo & Nykvist 2015, 2). Keinoina olivat ydinvoiman, hiilen, turpeen ja uusiutuvien energiamuotojen aiempaa laajempi hyödyntäminen. Myös lämpöpumppujen tutkimus alkoi jo tuolloin (Åslund 2012, 10–11) Ydinvoiman voimakas rakentaminen 1970- ja 1980-luvuilla sekä Ruotsin runsaat vesivoimavarannot tekivät sähköstä Ruotsissa suhteellisen runsaan ja edullisen energiaressurin. Tämän kehityksen myötä rakennusten sähkölämmitys yleistyikin selvästi 1970-luvulla ja 1980-luvun alussa. Monissa ympäristöjärjestöissä suhtauduttiin ydinvoimaan kuitenkin epäillen jo 1970-luvulla ja viimein Harrisburgin ydinvoimalaonnettomuus 1979 havahdutti ruotsalaiset laajemminkin ydinvoiman riskeihin. Aiheesta käyty keskustelu johti vuonna 1980 tehtyyn poliittiseen päätökseen ajaa ydinvoima vähittäin alas Ruotsissa vuoteen 2010 mennessä⁵¹. 1980-luvun edetessä ympäristönäkökulmat vahvistuivat entisestään, erityisesti ilman- ja vesisaasteiden vähentäminen oli pinnalla. Kestävän kehityksen teemat ja ilmastonmuutoksen ehkäiseminen alkoivat näkyä Ruotsin energiapolitiikassa 1990-luvulta alkaen (Nilsson et al. 2004, 72–73).

Energiakriiseistä alkaen ruotsalaisen energiapolitiikan tavoitteena on ollut tuottaa entistä suurempi osa sähköstä ja lämmöstä uusiutuvien energialähtein. 1970- ja 1980-luvuilla Ruotsin uusiutuvan energian lisäämiseen tähtäävää energiapolitiikkaa leimasivat panostukset uusiutuvien energialähteiden tutkimukseen, teknologian kehittämiseen ja demonstraatiohankkeisiin. Vaikka nämä toimet tuottivat hyödyllistä tietoa uusiutuvan energiantuotannon teknisistä haasteista ja mahdollisuuksista, ei niillä kuitenkaan ollut suurta vaikutusta siihen, että uusiutuvien energiamuotojen käyttö olisi merkittävästi kasvattanut osuuttaan maan energiankulutuksesta. 1990-luvulta alkaen hyödynnetyt markkinaehtoiset kannusteet uusiutuvien energiamuotojen hyödyntämiseen ovat toimineet tässä suhteessa tuotantolähtöisiä uusiutuvan energian edistämiskeinoja tehokkaammin (ibid.)

⁵¹ Ruotsin 12:sta sähköntuotantoa varten 1970- ja 1980-luvuilla rakennetusta ydinvoimalayksiköstä 8 oli vielä käytössä vuonna 2018.

Maalämmön hyödyntäminen on ollut Ruotsissa jo 1970-luvulta alkaen selvästi Suomea vilkkaampaa. Kuva 20 havainnollistaa maalämpöpumppujen määrää Ruotsissa vuodesta 1982 alkaen⁵². Kuviossa on nähtävillä kaikkien vuoteen 2017 mennessä myytyjen maalämpöpumppujen kokonaismäärä (vasemmat palkit) sekä arvio todellisesta käytössä olevien maalämpöpumppujen määrästä (oikeanpuoleiset palkit). Arvio on laskettu olettamalla maalämpöpumpun keskimääräiseksi pitoajaksi 20 vuotta. Verrattuna kehitykseen Suomessa, kuviosta havaitaan maalämmön uuden suosion alkaneen muutamia vuosia Suomea aiemmin. Maalämmön kysyntä alkaa Ruotsissa vilkastua 1990-luvun puolenvälin jälkeen. 2000-luvun toiselle vuosikymmenelle tullessa asennettujen maalämpölaitteistojen määrä oli Ruotsissa yli seitsenkertainen Suomeen verrattuna, vuonna 2010 kaikkien käytössä olevien maalämpölaitteistojen kokonaismäärä oli Ruotsissa noin 370 000 kun samaan aikaan Suomessa laitteistoja oli käytössä hieman alle 50 000. Samoin kuin Suomessa, myös Ruotsissa valtaosa maalämpölaitteistoista on käytössä pienissä asuinrakennuksissa.



Kuvio 20. Maalämpöpumppujen määrä Ruotsissa vuosina 1981–2017. Tilastolähde: Svenska kyl- och värmepumpföreningen (2018).

⁵² 1982 on ensimmäinen vuosi josta alkaen Ruotsin jäähdytys- ja lämpöpumppuyhdistys, Svenska kyl & värmepumpföreningen, on kerännyt tilastotietoa myytyistä lämpöpumpuista. vuoden 1981 luku tilastossa on arvio Ruotsissa tuohon mennessä myytyjen maalämpöpumppujen kokonaismäärästä.

Osan maalämmön (ja lämpöpumppujen yleisemminkin) varhaisesta yleistymisestä voi liittää Ruotsissa 1970-luvun ensimmäisellä puoliskolla julkisomisteisten energiayhtiöiden (Vattenfall ja Sydkraft) käynnistämään tuotekehitystyöhön. Lisäksi vuosikymmenen puolesta välistä lukien Ruotsin valtio tuki laajasti erilaisten fossiililähteille vaihtoehtoisten energialähteiden ja niiden joukossa myös lämpöpumpputekniikoiden tutkimusta ja kehitystä (Johansson 2016, 9). Teknologiakehitykseen kohdistuneita tutkimusohjelmia täydennettiin myöhemmin vuosina 1978–1984 myös laitteistojen hankintaan kannustaneilla suorilla tuilla, edullisilla lainoilla sekä lämpöpumppujen käyttömahdollisuuksia ja etuja esitteleviä koulutus- ja tiedotuskampanjoilla (ibid.). Vaikka tukien koordinointi oli heikkoa, ne edesauttoivat lämpöpumppujen suosion vahvistumista jouduttamalla tuotekehitystä, tiedon lisääntymistä ja markkinoiden syntymistä (Dzebo & Nykvist 2015, 18). Ruotsissa erityisesti pientaloasujien maalämpöön siirtymistä tuettiin, koska se nähtiin tapana säästää ensin ulkomaista öljyä ja myöhemmin rakennusten lämmittämisen sähköenergiaa (Dzebo & Nykvist 2017, 117). Yhtenä instrumenttina öljylämmityksen vähentämisessä Ruotsissa oli lämmitysöljyn verokohtelu. Toisin kuin Suomessa, Ruotsissa lämmitykseen käytettävällä polttoöljyllä ei ollut omaa, edullisempaa veroluokkaa, vaan vero on ollut sama kuin muihinkin tarkoituksiin suunnatuilla öljytuotteilla (A 41, R12, N1, N2, N3). Verrattuna Suomeen, tämä valinta on tehnyt öljylämmityksestä Ruotsissa selvästi vähemmän houkuttelevan vaihtoehdon.

Toinen energiakriisi herätti ruotsalaisten kuluttajien kiinnostuksen maalämmön hyödyntämistä kohtaan. Houkutteleva uusi markkina ja tarjolla olevat tuet kannustivat uusia yrityksiä alalle ja pian Ruotsissa oli monilukuinen joukko maalämpöön liittyviä tuotteita ja palveluita tarjoavia yrityksiä. Kuten Suomessa, myös Ruotsissa valtaosa yrityksistä oli melko pieniä ja vain paikallisesti toimivia (Kiss, Neij & Jakob 2012, 2-5). Toisin kuin Suomessa, markkinoilla kuitenkin toimi myös suuria lämpöpumppuvalmistajia, näistä merkittävimpana IVT ja Thermia. 1980-luvun edetessä öljytuotteiden hinnat laskivat ja lämpöpumppujen kilpailukyky suhteessa muihin kiinteistöjen lämmitysvaihtoehtoihin heikkeni selvästi. Kuten Suomessa, myös Ruotsissa joidenkin toimittajien laitteiden, lähinnä ilma- lämpöpumppujen, laatupuutteet heikensivät yleistä kiinnostusta kaikenlaisten lämpöpumppujen hyödyntämiseen. Myös geoenergialaitteistojen asennuksissa oli ongelmia. Vuoteen 1985 mennessä maalämpöpumppujen hankintaan kannustaneet tukiohjelmat ja erilaiset demonstraatio- ja informaatiokampanjat lopetettiin. Näiden tapahtumien yhteisvaikutuksesta geoenergiajärjestelmien kysyntä romahti ja valtaosa alalla toimineista yrityksistä lopetti maalämpöliiketoimintansa.

Markkinoiden romahdus ei kuitenkaan aiheuttanut Ruotsissa samanlaista lähes täydellistä tutkimuksen, tuotekehityksen ja osaamisen katoa kuin Suomessa. Suurin osa pienistä lämpöpumppuyrityksistä katosi markkinoilta, mutta suuret yri-

tykset sekä energiayhtiöistä valtiollinen Vattenfall jatkoivat tuotekehitystä ja laitteistojen markkinointia, joskin aiempaa pienemmin resurssein (Johansson 2016, 12). Suurehkon yrityskoon ohella Thermian ja IVT:n osalta selviytymistä 1980-luvun kysyntäkriisistä selittää myös se, että ne olivat ottaneet lämpöpumppujen hyödyntämiseen liittyvät laatutekijät huomioon ajoissa ja edellyttäneet muutamien muiden suurempien yritysten tavoin laitteistojaan asentavilta toimijoilta riittävää, sertifioitua osaamisen tasoa jo 1980-luvun alussa (ibid., 10). Näin niiden maine oli säilynyt vaikka ala kokonaisuudessa oli kokenut kolhuja. Yksityiset ja hieman myöhemmin myös julkiset tutkimusohjelmat takasivat lämpöpumppualan selviytymisen ja alan tuotekehityksen jatkumisen myös 1980-luvun puolenvälin jälkeen. Myös alan institutionaaliset rakenteet Ruotsissa tukivat lämpöpumpputoiminnan säilymistä heikentyneestä markkinatilanteesta huolimatta. Lämpöpumppualan toimijoita ja tutkimusta oli jo varhain koordinoitu Vattenfallin toimesta (ibid., 9). Kansainvälistä lämpöpumppualan tutkimusta ja tiedonvaihtoa koordinoimaan oli jo vuonna 1978 perustettu kansainvälinen lämpöpumppukeskus (The Heat Pump Centre, HPC⁵³), jonka pääpaikka oli Ruotsissa (Dzebo & Nykvist 2015, 17). Myös Ruotsin lämpöpumppuyhdistyksellä (Svenska Kyl & Värmepumpföreningen) on suomalaiseseen vastineeseensa verrattuna pitkä historia. Näiden instituutioiden kautta alan toimijat pystyivät edistämään toimialan kehitystä ja pitämään alaa näkyvillä myös aikana, jolloin markkinatilanne lämpöpumpuille ei ollut edullinen.

Ydinvoimasta luopumisesta tehdyn päätöksen myötä sähkön tulevaan saataavuuteen ja hintakehitykseen liittyi 1980-luvulla aiempaa suurempia epävarmuuksia (Johansson 2016, 11). Osin tästä johtuen suoran sähkölämmityksen hyödyntämistä rajoitettiin kieltämällä suoran sähkölämmityksen asentaminen 1980-luvun puolesta välistä alkaen, ellei rakennus ollut poikkeuksellisen hyvin eristetty, ts. kulutti vähintään 40 % vähemmän energiaa kuin normaali pientalo. Myös erilaiset tavat vähentää sähkön kulutusta olivat kiinnostuksen kohteena. Nämä tekijät selittävät miksi 1990-luvun alussa lämpöpumppuihin suuntautui jälleen aiempaa enemmän tutkimus- ja tuotekehityspanostuksia (N5). Nyt keskityttiin erityisesti laitteistojen käytettävyyteen, laatuun ja markkinoiden luomiseen (Nykvist & Dzebo 2014, 20).

Eräs kiinnostava instrumentti, jolla 1990-luvun alussa Ruotsissa pyrittiin edistämään maalämpöpumppujen kehitystyötä, tuotantoa ja markkinoita oli elinkeinolaisten kehittämislaitoksen⁵⁴ järjestämä tuotekehityskilpailu ja siihen liittynyt

⁵³ <http://www.heatpumpcentre.org/en/>

⁵⁴ Sv.: Verket för näringslivsutveckling (NUTEK), nykyään kasvuvirasto, Tillväxtverket, <http://www.tillvaxtverket.se/>

geoenergiajärjestelmien hankintaohjelma. Kilpailun järjestäjä määritteli spesifikaatiot, jotka kilpailuun ilmoitettujen maalämpöjärjestelmien prototyypin tulisi täyttää. Nämä olivat 30 % toiminnallinen tehokkuusparannus ja 30 % edullisempi hankintahinta markkinoilla tuolloin tarjolla olleisiin järjestelmiin verrattuna sekä hyvä luotettavuus ja lämmönsiirtoaineiden ympäristöystävällisyys. Otonikerrokselle haitallisia CFC/HCFC-yhdisteitä ei saanut lämmönsiirtoaineissa käyttää. Pääpalkintona parhaalle tuotteelle oli suuri, 2000 geoenergiajärjestelmän tilaus. Hankintaohjelmaa tuettiin vielä investointituilla lämpöpumppujen hankintaa harkitseville, tiedotuskampanjoin sekä arviointiohjelmalla, jonka tavoitteena oli selvittää kuinka hyvin maalämpölaitteistojen asennus ja käyttöönotto sujuivat. Näiden toimien seurauksena maalämpöpumppujen markkinat Ruotsissa kaksinkertaistuivat vuosien 1995 ja 1996 välillä ja kasvoivat seuraavan kymmenen vuoden ajan keskimäärin 35 % vuosivauhdilla (Kiss et al. 2012, 4-5).

Kootusti voidaan sanoa Suomen ja Ruotsin geoenergian hyödyntämisen kehityskulkujen 1970- ja 1980-luvuilla olleen erilaisia johtuen maiden erilaisesta energiapolitiikasta ja teollisesta pohjasta lämpöpumpputekniikassa. Nykvist ja Dzebo (2014, 17) selittävät Ruotsin ja Suomen eroja geoenergian hyödyntämisellä erityisesti 1980-luvun alun jälkeen sillä, että Ruotsissa harjoitettiin Suomeen verrattuna runsaasti maalämpöalan tutkimusta ja tuotekehitystä. Ruotsin etumatka on hankittu 1980-luvulta alkaen, sillä vielä 1970-luvulla ruotsalaisilla toimijoilla ei ollut kovin perusteellisia tietoja maaperän käyttäytymisestä maalämpökohteissa. Suomessa tehty tutkimus oli itse asiassa tässä asiassa tuolloin ruotsalaista osaamista edellä. AGAn (tuotemerkinä Thermia lämpöpumput) tuotekehitysväki kävi tuolloin omaksumassa aiheesta tietoja Suomesta (N6). Ruotsissa energia-alan yritykset kiinnostuivat lämpöpumpuista aivan eri tavalla kuin Suomessa ja suurempien tuotekehitysresurssien ansiosta ruotsalaisten toimijoiden tiedot aiheesta olivat pian selvästi suomalaisia toimijoita edellä.

Suurten energiayhtiöiden tekemä lämpöpumppujen tuotekehitys sekä 1970- ja 1980-luvuilla Ruotsissakin vielä niche-tasolla olleen energiantuotantotavan tukipolitiikan voidaan katsoa olleen merkittäviä osatekijöitä siinä että ruotsalaiset yritykset ovat nykyään maailman johtavia toimijoita alalla. Lisäksi lämpöpumppujen kehittelyn aikaisissa vaiheissa suuret energiayhtiöt toivat vakautta lämpöpumppualalle pyrkien toimimaan alan osaamista kehittävänä ja toimijoita yhteen kokoavina tahoina. Lämpöpumppuja kehittävä ja valmistava teollisuus kykeni Ruotsissa järjestäytymään ja tekemään yhteistyötä julkisen vallan kanssa jo aikaisessa vaiheessa. Tämä edesauttoi tuotekehityksen suuntaamista ja harjoittamista ja oli merkityksellistä erityisesti aikana, jolloin laitteistojen markkinat olivat lähes pysähdyksissä. Myöhemmät energian loppukäyttäjien kohtaamien ongelmien ratkaisuun tähänneet geoenergian tukiohjelmat olivat merkittävässä roolissa maalämmön suosion huimalle kasvulla 1990-luvulta alkaen.

4.4 Yhteenvetoa ja reflektiota 1970- ja 1980-lukujen kehityksestä

Tässä alaluvussa käydään tiiviistetyksi läpi kiinteistöjen lämmitysmarkkinoiden ja erityisesti geoenergiatoiminnan kehitystä Suomessa energiakriisien ajoista 1980-luvun puoleen väliin. Tavoitteena on MLP-tarkastelukehikon käsitteistöä hyödyntäen luoda kokonaiskuva ajanjakson muutoksen luonteesta. Käsittely painottuu muutosta tai pysyvyyttä selittävien tekijöiden tarkasteluun kehityksen ominaisuuksien kuvaamisen kannalta keskeisillä regiimi- ja nichetasoilla.

4.4.1 Regiimi

Kiinteistöjen lämmittämisen regiimissä keskeisiksi teemoiksi sisällönanalyyssissä nousivat energiapoliittinen ohjaus, asuntorakentaminen, kiinteistöjen energiaratkaisujen markkinat sekä energia-alan tutkimus ja edunvalvonta. Näiden teemojen käsittämät tapahtumat, toiminnan motiivit ja toimijatahot ovat vahvasti linkittyneitä ja yhdessä vaikuttavat toistensa kehitykseen sekä rakennuksissa suosituimpien energiamuotojen kehitykseen. Regiimitoimijoiden etuna on niiden asema vallitsevaa toimintalogiikkaa, sen ongelmia ja suositeltavia ratkaisuja vahvimmin määrittelevinä tahoina. Niillä on täten tavallisesti mahdollisuus ensimmäiseen siirtoon tilanteessa, joissa jokin ulkopuolinen shokki järjestyttää regiimin aiemman toimintalogiikan perusteita.

Kiinteistöjen lämmitysratkaisujen osalta keskeisten regiimitoimijoiden odotusten, tavoitteiden ja arvojen kanssa yhteensopiva ratkaisu öljyn hintashokkiin oli kaukolämmön hyödyntämisen laajentaminen. Kaukolämmön laajentaminen onnistui, sillä teknologia ja sen hyödyntämiseen liittyvät palvelut olivat 1970-luvun alussa kypsiä ja kaukolämpö oli tuolloin jo hiljalleen tulossa osaksi kiinteistöjen lämmittämisen regiimiä. Vielä vuosikymmentä aiemmin kaukolämpö oli ollut nichetuote, jota oli tarjolla vain harvoissa kaupungeissa Suomessa. Kaukolämmön yleistyminen Suomessa ei ollut itsestään selvää, sillä se aluksi kohtasi samankaltaisia haasteita kuin mikä tahansa uusi toimintatapa: tekniikan toimivuus ja lämpötoimittajan hinnoittelumonopoli arveluttivat potentiaalista asiakaskuntaa (Mäki 2012, 16). Ensimmäiset kaukolämpötoimijat pystyivät kuitenkin perustelemaan tämän uuden lämmitysratkaisun edut ja houkuttelemaan 1960-luvun kuluessa uusia asiakkaita. 1960-luvun voi nähdä eräänlaisena kaukolämmön suojatun kasvun vuosikymmenenä, jonka kuluessa alan toimijat pystyivät hiomaan toimintoja ja palveluja (kuten verkoston hallinta, käytetyn energian mittaus ja laskutus sekä huoltopalvelut) sujuviksi. Näiden transition esi- ja käynnistysvaiheessa karttuneiden kokemusten myötä kaukolämpö oli 1970-luvun alkuun tullessa valmis tuote laajemmin hyödynnettäväksi ja oli jo tuolloin saavuttanut po-

tentiaalisten asiakkaiden piirissä uskottavuutta siten, että se oli osa vakiintuneiden lämmitysvaihtoehtojen joukkoa.

Energiakriisien aiheuttaman kysyntäimpulssin ohella kaukolämmön hyödyntämisen lisääntymisen tärkeä edellytys oli, että muutoksen tarpeen tunnistanee toimijat kuten valtio, kunnalliset tai valtio-omisteiset energia-yhtiöt sekä kunnat ja kaupungit pystyivät sopimaan voimalaitosten ja lämmönsiirtoverkostojen rakentamisen rahoittamisesta ja rakentamisen käytännön järjestelyistä. Näiden kohdalaisen hyvin resurssoitujen toimijoiden yhteisymmärrys ja sitoutuminen kaukolämmön rakentamiseen sekä pitkäaikaiseen kehittämiseen oli välttämätöntä jotta raskaat alkuinvestoinnit pystyttiin toteuttamaan ja kaukolämmön laaja läpimuro oli mahdollinen. Kaukolämmön yleistymistä tuki myös rakennusyhtiöiden ja kerrostaloasukkaiden suojea suhtautuminen. Kaupunkien keskustat ja vastikään rakennetut tai rakenteilla olevat lähiöt olivat hyviä potentiaalisia asiakkaita, sillä muihin energiamuotoihin verrattuna kaukolämpö oli vaivaton, siisti ja edullinen lämmönlähde. Lisäksi kaukolämpö sopi vallalla olleeseen ideaan modernista kaupungista, jossa toiminnot ovat keskitettyjä. Hajautetusta lämmitysjärjestelmästä syntyvä mielleyhtymä saattoi tuottaa mieleen aiempien vuosikymmenten huonon kaupunki-ilman johon olivat paljolti syypää kerrostalojen ja tuotantolaitosten hiilellä tai öljyllä toimineiden rakennuskohtaisten lämmityslaitteiden päästöt.

Energiakriisit jouduttivat suomalaisen kiinteistöjen lämmitysmarkkinan muutosta suuntaamalla kiinteistöjen lämmitysratkaisuihin liittyviä investointeja kaukolämpöön. Koska kaukolämmöllä pystyi ratkaisemaan useampia energiantuotannon ongelmia tai haasteita (tehokkuus, kotimaisten polttoaineiden hyödyntäminen, päästöjen hallinta ym.), menestyi se myös energiakriisien jälkeen. Kaukolämpö oli etenkin suurten rakennusten kohdalla useimmilla suomalaisilla kaupunkialueilla lähes monopoliasemassa vuosituhannen vaihteeseen saakka. Kannusteet tai mahdollisuudet hyödyntää jotain muuta lämmitysvaihtoehtoa alueilla, johon verkosto ulottui, olivat melko vähäisiä. Kaukolämpö vakiintui ensisijaiseksi lämmitysvaihtoehdoksi tiiviisti rakennetuilla alueilla.

Kaikkiin rakennustyyppeihin tai kaikille alueille kaukolämmön ulottaminen ei ollut toimiva vaihtoehto. Muiden energiamuotojen kuin kaukolämmön markkinat rajautuivat energiakriisien jälkeisenä aikana paljolti tällaisiin pieniin tai haja-asutusalueilla sijainneisiin rakennuksiin. Näiltä markkinoilta asiakkaita pyrkivät hankkimaan myös kehittymässä olleen geoenergia-alan toimijat.

4.4.2 *Niche*

Konventionaalisten energialähteiden hintojen nousu lisäsi kiinnostusta öljyä korvaaviin energialähteisiin. Erityisen aktiivisia ja uusien ratkaisujen kokeilemiseen valmiita olivat pientalojen rakentajat ja omistajat. Maalämpö esiteltiin julkaistujen artikkelien sekä alan toimijoiden oman markkinoinnin toimesta yhtenä varteenotettavana uutena vaihtoehtona pientalojen lämmöntuotantoon. Maalämmön suosiesta Ruotsissa oltiin tietoisia ja erilaisten lämpöpumppujen laajaa hyödyntämistä länsinaapurissa pidettiin esillä niin erilaisissa lvi-alan ammattilaisille sekä suurelle yleisölle suunnattujen lehtien artikkeleissa ja mainoksissa, asenteena oli: ”jos kerran siellä, miksei myös meillä”. 1980-luvun alussa maalämpöpumput pääsivät myös valtion energia-avustusten ja tukilainojen piiriin. Nämä maalämmön hyödyntämistä tukevat tekijät vahvistivat potentiaalisten asiakkaiden kiinnostusta ja olivat osoitus myös teknologian saavuttamasta yleisestä hyväksynnästä. Erilaisia öljylle ja sähkölle vaihtoehtoisia pientalojen lämmitystapoja kohtaan osoitettu innostus hiipui kuitenkin fossiilisten polttoaineiden hintojen laskiessa 1980-luvun puoleen väliin tullessa.

Tarkasteltaessa geoenergia-alaa 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa voidaan todeta alalla etenkin pienissä kiinteistökohteissa sovellettavan teknologian oleellisten osien olleen jo kohtalaisen kypsää, mutta sinänsä toimivien osasten yhdistäminen toimiviksi järjestelmäkokonaisuuksiksi oli vielä kehittymätöntä. Kokonaistoimittajia, jotka olisivat koonneet maalämpötuotteen asiakkaalle helposti hankittavaksi ja käytettäväksi yhtenäiseksi palvelukokonaisuudeksi, ei ollut ja tarjottujen ratkaisujen sovittaminen asiakkaan tarpeita, energiankäytön profiilia ja hyödynnettävän energialähteen lämmöntuotokykyä vastaavaksi oli aika ajoin heikkoa. Näiden tekijöiden osalta kysymys ei välttämättä aina ollut osaamattomuudesta vaan puuttuvista kannusteista toimia toisin. Yhdelläkään yksittäisellä toimijalla ollut kannustetta kantaa vastuuta omaa osakokonaisuutta suuremmasta palasesta siten, että olisi varmistettu asiakkaalle toimitettavan tuotteen kaikenpuolinen sopivuus. Tämä johti 1980-luvun alussa joissain kohteissa laatuongelmiin, joita alan toimijoilla ei ollut osaamista tai kykyä korjata. Energianhintojen samanaikaisesti laskiessa maalämpöala joutui eräänlaiseen kurjistumisen kierteseen, jossa uusien laitteiden markkinat eivät enää vetäneet, mutta samanaikaisesti jo asennettujen laitteistojen erilaiset ongelmat tuottivat niitä asentaneille yrityksille jonkin verran työtä ja kustannuksia. Kun alan toimijat eivät saaneet enää uusia kauppvoja, ajautuivat ne taloudellisiin vaikeuksiin ja useat joutuivat lopettamaan toimintansa. Konkurssien seurauksena useiden jo asennettujen maalämpöpumppujen huolto- ja takuuasiat jäivät huonolle hoidolle tai kokonaan hoitamatta. Tämä edelleen vähensi asiakkaiden kiinnostusta hankkia uusia maalämpölaitteistoja ja tämä alaa vähitellen leimaava huono maine vähensi entisestään maalämpölaitteistojen kysyntää.

MLP-kehyksessä oletetaan nichetason olevan eräänlainen suojattu tila, jossa vallalla olevista toimintatavoista merkittävästi eroavat uudet innovaatiot voivat kehittyä. Suojattu tila muodostuu tyypillisesti erilaisilla kyseistä innovaatiota tukevilla järjestelyillä, joidenkin toimijoiden kokeilunhalulla tai uuden innovaation hyödyntämisestä jossain erikoistuneessa käyttökohteessa. Nichet muodostavat jonkin toimintatavan tai teknologian ympärille syntyneen vakiintuneesta toimintatavasta eroavan sosioteknisen järjestyksen, joka ei ole vielä vakiinnuttanut asemaansa laajemmin, mutta omaa mahdollisuudet muuttaa vallitsevan regiimin järjestystä (Fuenfschilling & Truffer 2014, 773). Näin määritellen Suomessa ei voi sanoa 1970- ja 1980 -lukujen vaihteessa ollut geoenergian nicheä kuin korkeintaan regiimistä eroavan toimintatavan ja omanlaisensa järjestyksen (tai alan kehittymättömän yhteistyön myötä paremminkin järjestyksen puutteen) osalta. Suojattua tilaa, jossa teknologiakehitystä tai muualta hankitun teknologian sopeuttamista suomalaisille lämmitysmarkkinoille ei ollut. Maalämpö kilpaili kyseisenä ajankohtana markkinoilla kaikkien muiden kiinteistöjen lämmitysvaihtoehtojen kanssa ilman muista vaihtoehdoista merkittävästi poikkeavia tukijärjestelmiä tai muuta suosituimmuusasemaa.

Energian hinta oli tärkein argumentti, joka vaikutti lämmitysratkaisua pohtivien ratkaisuihin. Kun geoenergian edullisuus tavanomaisten energialähteiden hintojen laskiessa poistui, hävisi myös perussy geoenergian hyödyntämiselle. Maalämpölaitteiden markkinoiden romahdettua 1980-luvun puolessa välissä on esimerkkejä siitä, että jotkin alan toimijat löysivät erikoistuneita käyttökohteita (kuten kalanviljelylaitokset), jotka osaltaan kantoivat yritykset 1980-luvun puolivälistä alkaneen hankalan vaiheen yli (Jussila 2003, 12–13). Nämä erikoistuneet käyttökohteet toivat alan yrityksille eittämättä tietotaitoa, jota ne pystyivät myöhemmin markkinoiden jälleen elpyessä hyödyntämään, mutta ennen muuta kysymys oli näissä tapauksissa selviytymisestä kutistuneilla markkinoilla kuin teknologiakehityksestä suojatussa ympäristössä.

Aiemmin mainittiin SNM-tarkastelutavan piirissä tunnistetun kolme keskeistä nichen aktiviteettia: 1) kehitteillä olevan alan toimijoiden sosiaalisten verkostojen rakentuminen 2) Erilaiset oppimisprosessit, joiden myötä kehitteillä olevien innovaatioiden toiminnallisuuksia parannellaan ja rakennetaan innovaation ympärille sen vaatimia sosioteknisiä rakenteita 3) Omaa alaa tai kehitteillä olevien innovaatioita koskevien odotusten ja visioiden artikulointi ja yhdenmukaistaminen toimijoiden kesken. Näitä aktiviteetteja ei suomalaisten geoenergiatoimijoiden piirissä 1980-luvulla juurikaan yhteisesti edistetty. Alan toimijoilla ei ollut yhteistyötä eikä alalla ollut yhteistä ääntä jolla viestii maalämmön ominaisuuksista. Toiminta oli hajallaan ja koordinoimatonta. Alalla ei ollut tahoja, joka olisi koonnut ajatuksia alan ongelmista ja tavoista ratkaista niitä eikä ”yhtä ääntä”, joka olisi voinut vastata alan toimintaa yleisesti kohdistuvaan kritiikkiin. Alan

suomalaiset toimijat olivat melko pieniä yrityksiä, joilla ei ollut kykyä kovin pitkälle menevään yhteistyöhön, koulutukseen tai tuotekehittelyyn. Lisäksi aihealueen tutkimus oli suhteellisen vähäistä ja aiheeseen kohdistettu tutkimusrahoitus epävakaata ja lyhytkestoista.

Määreistä, joiden perusteella voidaan sanoa niche-tasolla olevan innovaation kypsymässä markkinoilla laajemmin hyödynnettäväksi, geoenergia ei 1980-luvulla täyttänyt kunnolla ja pitkäkestoisesti ainuttakaan. Toimijaverkostot eivät olleet vakaita eivätkä oppimisprosessit tukeneet kunnolla tarjolla olevan tuotteen ja siihen liittyvien palvelujen kehittymistä. Hinta/suorituskyky-suhteen paraneminen oli kyllä odotettavissa, mutta oloissa, joissa kilpailevien energiamuotojen hinnat olivat painineet alas, tämä parannus ei ollut riittävä. Geoenergian hyödyntämisen suosio rajatulla markkina-alueella, tässä uusien pientalojen lämmitysjärjestelmänä, saavutti joinain 1980-luvun alkuvuosina 5 % osuuden, mutta laski pian sen alle. Geoenergia oli ajankohtana yksi uusista pienempien rakennusten lämmitysteknologioista, joka oli pääsemässä mukaan käynnistyvään kiinteistöjen lämmitysmuotojen transitiioon, mutta energian hintojen nopea lasku vei pohjan kehitykseltä. Huolimatta varsin positiivisista energiantuotannon ympäristöasenteista, pientalorakentajilla ei enää 1980-luvun puolen välin jälkeen ollut valmiutta tehdä suhteellisen suurta investointia geoenergiajärjestelmään oloissa, jossa takaisinmaksuaika vaikutti melko pitkältä. Näin kehittymässä ollut niche kutistui ja koko toiminta lähes loppui Suomessa. 1980-luvun puolesta välistä alkaen pientalojen lämmitysmarkkinoilla dominoivat jälleen öljy ja vahvistuvana vaihtoehtona sähkölämmitys.

4.4.3 Toteutuneen kehityksen luonne MLP-kehityksen termein kuvattuna

Kuten aiemmin luvussa 2.4.2 mainittiin, on MLP:tä soveltavassa kirjallisuudessa erilaisia yhdenlaisesta vallitsevasta tilasta toiseen johtavia kehityspolkuja tyypi-telty kolmen keskeisen kriteerin kautta:

- 1) eri tarkastelutasojen välisen vuorovaikutuksen ajoitus
- 2) tarkastelutasojen välisen vuorovaikutuksen luonne ja
- 3) landscape-tason muutoksen tyyppi.

Landscape-tason muutoksen tyypejä taas arvioitiin neljän dimension perusteella, jotka ovat:

- 1) muutoksen taajuus
- 2) aiheutuvan muutoksen voimakkuus

- 3) muutoksen nopeus ja
- 4) vaikutusten laajuus.

Keskeinen landscape-tasoinen vaikutin 1970-luvulla olivat öljykriisit. Nämä voidaan tulkita harvoin toistuviksi ulkoisiksi shokeiksi, jotka vaikuttivat ainakin välillisesti jokseenkin kaikkiin yhteiskunnan osa-alueisiin. Etenkin toisen energiakriisin vaikutus kiinteistöjen lämmittämiseen oli nopea ja laaja. Näin energiakriisejä voi aiemman tyypittelyn termein pitää lumivyörymäisinä shokkeina. 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa kiinteistöjen lämmitysmarkkinoilla aiemmin dominoinut öljy näyttäytyi suurelle osalle kiinteistöjen lämmittämisen regiimin toimijoista mahdottomalta hyödyntää tulevaisuudessa ja näin tarve sitä korvaavalle ratkaisulle oli suuri. Tämä tarve kuitenkin väistyi öljyn hinnan laskiessa 1980-luvun puoleen väliin tultaessa ja vasta vuosituhatosen vaihteen lähestyessä öljyn korvaaminen lämmityksessä nousi uudelleen tärkeäksi huomioitavaksi tekijäksi. Tilastoista havaitaan öljyn korvautuvan kiinteistöjen lämmittämässä ajan myötä rakennustyypeittäin vaihtelevasti kaukolämmöllä, sähköllä, lämpöpumpuilla, biopoltoaineilla ja näiden yhdistelmillä.

Tarkasteltaessa kiinteistöjen energiaratkaisujen markkinoita laajasti, kaukolämmön 1950-luvulta alkaneen laajentumisen voi nähdä eräänlaisen tyypittämisenä siitä mistä transitiossa on kysymys, toisin sanoen siitä kuinka yhteiskunnan jonkin osa-alueen rakenne ja toiminnan logiikka ajan kuluessa muuttuu (Rotmans et al. 2001, 16–17). Kaukolämpö nousi taajamissa vuosikymmenten kuluessa nicheinnovaatiosta standardiratkaisuksi syrjäyttäen laajasti aiemmin käytössä olleet suurten kiinteistöjen lämmitystavat. Transitio tapahtuu kaukolämmön kehityksen esivaiheen (1950-luku), käynnistymisvaiheen (1960-luku), kiihdytysvaiheen (1970- ja 1980-luvut) kautta uuteen tasapainotilaan (1980-luvulta alkaen), jossa kaukolämpö on keskeinen hyödynnettävä lämmitysratkaisu. Tämänkaltainen kehitys muistuttaa tunnistetuista kehityspolkujen tyypeistä korvautumispolkua (*technological substitution pathway*). Tässä suuren landscape-tasolta tulevan shokin vaikutuksesta aiempi vallitseva toimintatapa kriisiytyy ja kypsymässä ollut, siihen asti melko vähän käytetty, ratkaisu korvaa sen. Kaukolämpö oli energiakriisien iskiessä nichessä kehittyneistä ratkaisuista kaikkein kypsän ja sopivan suurten rakennusmassojen lämmön tuottamiseen. Kaukolämmön osalta voi puhua laajasta transitiossa lämmittämisen regiimissä, sillä sen myötä käytettävät polttoaineet, lämmöntuottajat, lämmön tuottamisen tavat ja lämmönjakelu muuttuivat merkittävästi. Lisäksi aiempi lämmittämisen regiimi täydentyi uusilla toimijoilla kuten kaupunkien omistamilla kaukolämpöyhtiöillä ja kaavoitusviranomaisilla. Transitioiden pitkäkestoista luonnetta kiinteistöjen

energiaratkaisujen markkinoilla kuvaa, että kaukolämmön kohdalla ensimmäisistä asennuksista siihen, että tällä ratkaisulla oli keskeinen asema kiinteistöjen lämmitysratkaisuna, kesti noin 30 vuotta⁵⁵.

Korvautumispolku on kaukolämmön eritystapauksen ohella myös kuvaus kiinteistöjen lämmityksen transition yleisestä kehityksestä energiakriisien ajoista vuosituhanen vaihteeseen asti. Oleellista tässä kehityspolussa on selkeä ulkoinen shokki, joka aiheuttaa ongelmia aiemmalle toimintatavalle ja jouduttaa uusien vaihtoehtojen etsintää. Energiakriisit osuvat ajallisesti kaukolämmön kannalta otolliseen hetkeen jolloin tekniikat ja toimintatavat ovat kypsyneet markkinoille sopiviksi ja tuote on asiakkaille tuttu. Ilmankin öljykriisejä kaukolämpö olisi ainakin suurimmissa kaupungeissa todennäköisesti Suomessa yleistynyt, mutta laajeneminen olisi luultavasti ollut hitaampaa. Myös öljyalan mahdollisuudet ja kannusteet parannella tuotteitaan ja palveluitaan olisivat olleet tällöin paremmat. Tilanteessa, jossa öljykriisejä ei olisi ollut, olisi kiinteistöjen lämmittämisen kehitys saattanut seurannut uudelleenasettautumispolun mukaista kehitystä, jossa nichessä kehittynyt toimintatapa, kaukolämpö, vähitellen tulee regiimin hyväksymäksi ja osaksi sitä.

Käsiteltäessä kiinteistöjen lämmitysratkaisujen markkinoita 1970- ja 1980-luvuilla, on geoenergia yksi niistä nichessä kehitellyistä tai kehitteillä olevista ratkaisuista, jotka eivät murtautuneet laajemmin hyödynnettäväksi. Jos rajataan tarkastelunäkökulma koskemaan vain pientalojen lämmitysmarkkinoita, toteutunut tapaus on lähinnä erilaisten kehityspolkujen yhdistelmä (*mixing pathways*). Energiakriisien, erityisesti toisen energiakriisin jälkeisinä muutamina vuosina kehitys muistuttaa jossain määrin uudelleenjärjestäytymispolkua (*de-alignment and re-alignment pathway*), jossa ulkoinen shokki tarjoaa aiemmista poikkeaville ratkaisuille mahdollisuuden, mutta joista yksikään ei ole sellaisenaan itsestään selvä korvaaja aiemmin sovelletulle toimintatavalle. Energian hintojen jyrkkä ja pysyväksi uskottu nousu luo kysyntää erilaisille energiaa säästäville ja öljylle vaihtoehtoisia energialähteitä pientaloissa hyödyntäville ratkaisuille. Julkinen valta ja regiimitoimijat pyrkivät vastaamaan öljyn hinnannousun aiheuttamaan paineeseen panostamalla rakennusten energiankulutuksen pienentämiseen. Myös energiatehokkuutta pyritään parantamaan ja käytettäviä polttoaineita suuntaamaan pois öljystä.

⁵⁵ Transition keston täsmällinen ajoitus edellyttäisi tarkempia määrittelyjä siitä miten transition alku ja loppu määritellään, ks. esim Grübler 2012, Sovacool 2016, Grübler et al. 2016 sekä Sovacool & Geels 2016. Rotmans et al. (2011, 17) katsovat sosioteknisen transition kestävästä tyypillisesti vähintään yhden sulupolven ajan, ts. noin 25 vuotta.

Geoenergia sopi ajankohtana lähinnä vain pientaloihin ja sitä hieman suurempien rakennusten lämmittämiseen. Jotkin regiimitoimijat pyrkivät kehittämään lämpöpumpputeknologioihin perustuvia suuria yksiköitä palvelevia ratkaisuja, mutta näiden merkitys jäi varsin pieneksi ja näiden kehittämisestä luovuttiin tavanomaisten energialähteiden hintojen palautuessa lähelle aiempia tasojaan. Pientalorakentajille suosiotaan kiinteistöjen energiamarkkinoilla laajasti kasvatanut kaukolämpö ei läheskään aina ollut vaihtoehto ja näiden kohdalla muut öljylle vaihtoehtoiset lämmittämisen tavat, kuten geoenergia, olivat kiinnostavia uusia tapoja pienentää lämmittämisen kustannuksia. Pientalojen kohdalla geoenergia saavutti suosiota ja lämmitystapa yleistyi 1980-luvun alkuvuosina. Tavanomaisten energiamuotojen hintojen lasku kuitenkin sulki avautuneen markkinamahdollisuuksien ikkunan (Geels & Schot 2010, 55). Lisäksi huonosti toteutetuista järjestelmäsennuksista aiheutunut keho maine jäädettiin geoenergiatoiminnan Suomessa ja alan nichen kypsymisen yli vuosikymmeneksi.

Sen, että geoenergia ei lopulta vielä 1980-luvulla vakiintunut yhdeksi käytetyimmistä kiinteistöjen lämmitysjärjestelmistä voi lopulta johtaa muutamaan perussyhyyn. Riittävän pitkäkestoista markkinapainetta kehitellä pientaloihin tavanomaisia lämmönlähteitä korvaavia energiantuotantoratkaisuja ei ollut. Geoenergia-alan institutionaalinen rakenne oli 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa vielä melko heikko ja kysynnän laskiessa ei ollut tahoja, joka olisi koonnut alan toimijoita ja valanut uskoa geoenergian mahdollisuuksiin myös muuttuneissa oloissa. Havaittu kiinnostus geoenergiaa kohtaan selittyi tällä ajanjaksolla paljolti konventionaalisten energialähteiden korkeilla hinnoilla, näissä oloissa mikä tahansa vaihtoehto öljylle rakennusten lämmityksessä oli houkutteleva.

Kun tavanomaisten energialähteiden hinnat laskivat ja motivaatio etsiä näille vaihtoehtoisia ratkaisuja poistui, hiipui myös kaikkien toimijoiden, niin ostajien kuin myyjienkin, kiinnostus geoenergialaitteistojen kauppaan. Voidaan todeta kyseessä olleen suhteellisen lyhytaikaisen hintasuhteiden muutoksiin pohjaavan kysyntävetoisen tilanteen. Tällainen motiiviin pohjaava jonkin ympäristöystävällisen energiateknologian yleistyminen on havaittu olevan tehoton tapa tuottaa kestävä kehitystä toteuttavia transiitioita (Raven 2015). Minkäänlaista merkittävää tukimuotoa, joka olisi kannustanut ympäristöystävälliseen energiantuotantoon ja näin vaikuttanut kuluttajien halukkuuteen hyödyntää geoenergiaa, ei 1980-luvun puolesta välistä alkaen enää ollut. Kestävän kehityksen transiitiotutkimuksen kehityspolkuja tarkastelevassa terminologiassa öljyn hinnan laskiessa paine landscape- tasolta heikkenee huomattavasti ja pientalojen lämmitysratkaisujen markkinoilla kehitys palaa uudelleenjärjestäytymispolulta ns. normaalin kehityksen uralle (uudistumisprosessi, *reproduction process*). Tällöin regiimi säilyy vakaana ja mahdolliset sovellettavia käytänteitä ja teknologioita koskevat

usein vähittäiset muutokset tapahtuvat regiimin oman sisäisen logiikan mukaan siten, että muutokset palvelevat paljolti vakiintuneiden toimijoiden tavoitteita.

Ruotsissa tilanne oli markkinakehityksen suhteen jokseenkin Suomea muistuttava siinä, että tavanomaisten energiamuotojen hintojen laskettua myös siellä kiinnostus maalämmön hyödyntämiseen laski selvästi. Ruotsissa kuitenkin voidaan sanoa alan nichen olleen olemassa 1970-luvulta alkaen ja toimialan selviytyneen myös 1980-luvun puoltaväliä seuranneesta vaikeasta ajanjaksosta. Ruotsissa maalämpöalalla oli yllä kuvatun nichen määritelmän kaltainen suojattu tila, jossa lämmitysmarkkinoiden ja niillä erityisesti lämmitysenergian hinnoissa tapahtuneet muutokset eivät radikaalisti vaikuttaneet alan kehittämisen olosuhteisiin. Myöhemmin suomalainen maalämpöala on pystynyt hyötymään Ruotsissa (ja muualla) tehdystä tutkimus- ja kehitystyöstä, joskin omaakin tuotekehitystä on muutamissa suomalaisyrityksissä tehty.

Verrattuna moniin aiemmin toteutettuihin MLP-kehikon sovelluksiin, tässä geoenergian yleistymisen varhaisvaiheita Suomessa käsittelevässä tapauksessa korostui toimijoiden rooli. Erilaiset tietoiset ja aktiiviset toimet muutoksen aikaansaamiseksi sekä kehityspolkuun vaikuttaneet toimijoiden virheet tai osaa mispuutteet jäävät MLP-kirjallisuudessa esitetyissä tapaustutkimuksissa usein varsin vähälle huomiolle, keskeisen kiinnostuksen kohdistuessa paremminkin rakenteisiin. Tässä tutkimuksessa tarkastellussa tapauksessa sisällönanalyysi tuotti toimijoihin, näiden aktiivisiin toimiin ja toiminnan ongelmiin liittyviä kategorioita kuten ”alan toimijat”, ”markkinoiden rakentuminen” tai ”hyödyntämiseen liittyvät ongelmat”. Selityksenä tälle hieman tavanomaisesta poikkeavalle painotukselle saattaa olla primääritiedonhankinnan suuntautuminen paljolti alan toimijoihin. Usein MLP-tarkasteluissa tarkastelun kohteet ovat usein niin etäällä menneisyydessä tai niin laajoja kokonaisuuksia, ettei tässä työssä sovelletun kaltaista alan toimintaa käynnistäneiden haastattelukierrosta ole mahdollista tehdä. Tällöin hyödynnettävät lähteet ovat usein kirjallisia sekundäärlähteitä, jotka kuvaavat tarkasteltavan ajankohdan olosuhteita yleisesti.

5 GEOENERGIA 2000-LUVUN ENSIMMÄISELLÄ VUOSIKYMMENELLÄ

Tässä luvussa käsitellään geoenergian suosion ja siihen vaikuttaneiden tekijöiden kehitystä 2000-luvulla keskittyen erityisesti sen ensimmäisen vuosikymmenen tapahtumiin. 2000-luvun alku on kiinnostava tarkasteltava ajankohta, sillä tuolloin 1980-luvun puolivälistä alkaneen hiljaiselon jälkeen etenkin pientaloissa maalämpöpumppujen kysyntä vilkastui ja lähti yli vuosikymmenen kestäväan erittäin nopeaan kasvuun. Joidenkin pitkävaikutteisten teemojen osalta tässä luvussa käsiteltävä ajanjakso kattaa myös tapahtumia ennen vuosituhannen vaihdetta sekä myös ensimmäisen vuosikymmenen jälkeen. Käsiteltävien teemojen sijoittaminen lukuihin on pyritty tekemään niin, että tekijät, jotka keskeisesti selittävät 2000-luvun uutta nousua geoenergian hyödyntämisessä tulevat käsiteltyksi tämän luvun yhteydessä. Lisäksi kaikkien teemojen osalta pyrkimyksenä on ollut nivoa tämä ja edellinen luku yhdeksi kokonaisuudeksi siten, että kehityksen pitkä kaari tulee geoenergian yleistymisen taustalla vaikuttaneiden tekijöiden osalta riittävällä tarkkuudella kuvatuksi.

Tämän luvun rakenne muistuttaa paljolti edellistä lukua. Ensin esitetään rakennusten energiavalintoihin valittuna ajanjaksona vaikuttaneet olosuhdetekijät (landscape -tason asiat), tämän jälkeen tarkastellaan kiinteistöjen lämmittämisen regiimin koostumusta sekä ominaisuuksia ja viimeiseksi käsitellään miten geoenergia on käsiteltyinä ajankohtina pyrkinyt haastamaan regiimitoimijoita (niche-taso MLP-kehikossa). Kuten edellisessäkin luvussa, myös tässä MLP-kehikon eri tasoille valikoituneet asiat on koottu sisällönanalyysiä hyödyntämällä. Luku päättyy reflektioon keskeisimmistä kehitykseen vaikuttavista tekijöistä.

5.1 Olosuhdetekijät (landscape)

Tässä alaluvussa käsiteltävät kolme teemaa ovat samoja kuin 1970- ja 1980-lukujen kehitystä kuvanneessa luvussa 4.1 Kuten edellä, myös tässä teemat on tuotettu työn keskeiseen lähdeaineistoon pohjaavaan sisällönanalyysiin nojautuen.

5.1.1 *Energiamarkkinat yleisesti*

2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen energiemarkkinoita leimasi jokseenkin kaikkien energiantuotannossa käytettävien raaka-aineiden hintojen nousu. Tätä nousua selittivät niin yleinen vuonna 2008 alkaneeseen kansainväliseen finanssi-kriisiin asti jatkunut suhteellisen vahva talouskasvu sekä voimakkaasti kehittyvien talouksien, erityisesti Kiinan, raaka-ainetarve. Nousevien talouksien kasva-va ja korkealla tasolla pitkään pysyväksi uskottu raaka-aineiden tarve elvytti kes-kustelua uusiutumattomien energiaraaka-aineiden riittävydestä tulevaisuudessa. Odotettavissa oleva uusiutumattomien raaka-aineiden niukkuus vahvisti kannus-teita etsiä erilaisia tapoja säästää ja soveltuvasti korvata näiden käyttöä uusiutu-villa raaka-aineilla. Öljyn hinta nousi jyrkästi vuosituhannen vaihteessa ja pysyi korkealla tasolla aina vuoden 2008 talouskriisiin asti. Kriisi aiheutti lyhyen hin-nanlaskun, jonka jälkeen raakaöljyn hinta lähti vuoden 2014 loppupuolelle asti jatkuneeseen nousuun.

Sähkömarkkinoiden osalta vahvasti säädelty ja paikallinen rakenne alkoi 1990-luvun edetessä muuttua kun markkinoiden toimintaa alettiin Pohjoismaissa vapauttaa. Suomessa markkinoiden toiminnan avautumisessa merkittävä etappi oli 1.6.1995 voimaan tullut sähkömarkkinalaki, joka vaiheittain mahdollisti kai-kille sähkön kuluttajille sähkön hankkimisen myös muulta kuin oman alueen sähköntuottajalta. Vapauttamisen tavoitteina oli lisätä sähköntuottajien välistä kilpailua, näin parantaa sähköntuotantojärjestelmän tehokkuutta ja lopulta tuottaa edullisempia hintoja sähköasiakkaille. Ensi vaiheessa vapautettiin suurasiakkai-den (yli 500kW) markkinat, vuonna 1998 myös pienempien asiakkaiden sähkö-markkinat avautuivat kilpailulle. Kilpailun myötä myös aiempi, suurten sähkön kuluttajien ja tuottajien välisiin pitkäkestoisiin toimitussopimuksiin perustuva sähkökauppa korvautui sähköpörssillä, jossa sähkön tai erilaisten sähkötuotteiden (esim. määräaikainen kiinteähintainen sopimus tai markkinasähkö) hinta muodostui kysynnän ja tarjonnan perusteella. Vuonna 1998 Suomi liittyi osaksi Pohjoismaista sähköpörssiä, joka käsitti ensin Suomen lisäksi muut Pohjoismaat (poislukien Islanti) ja myöhemmin Baltian maat (Energiateollisuus 2014b). Ny-kysisellään nämä maat muodostavat yhtenäisen sähkön markkina-alueen, joskin siirtokapasiteetin rajoitukset luovat tämän markkinan sisälle erilaisia hinta-alueita.

Aiempiin, suljettuihin sähkömarkkinoihin verrattuna kilpailullisten markki-noiden ominaisuus oli markkinasähkön hinnan aiempaa suurempi heilunta ja hankalampi ennustettavuus (R13, R14). Asiakkaat pystyivät jossain määrin vai-mentamaan tätä vaikutusta tekemällä pisimmillään kahden vuoden kiinteähintai-sia sähkösopimuksia (Energivirasto 2015). Paljolti lisääntyneen kilpailun vaiku-tuksesta sähkön hinta laski välittömästi kilpailun vapauttamista seuranneina vuo-

sina, mutta lähti 2000-luvun alussa jälleen nousuun. Syynä hinnannousulle voidaan pitää Kioton v. 1997 järjestetyn ilmastokokouksen päätöksien seurauksia, niistä merkittävimpänä vuosina 2005–2007 toteutettu EU:n kasvihuonekaasujen päästökaupan ensimmäinen kausi. Suomalaista energiantuotannon toimijakenttää toteutettu sähkömarkkinoiden vapauttaminen muutti siten, että markkinoilla toimivien yritysten määrä väheni ajan myötä. Useat pienet paikalliset energiaa tuottavat ja jakelevat yhtiöt – tai paremminkin näiden omistajat – joko epäilivät kykyjään menestyä avoimilla markkinoilla tai halusivat muutoin irtautua energialiiketoiminnan harjoittamisesta ja tulivat suurempien energia-alan yritysten ostamaksi.

5.1.2 Kansainvälinen energia- ja ympäristöpolitiikka

2000-luvulle tullessa energia- ja ilmastopolitiikka oli jo keskeinen osa kansainvälistä politiikantekoa. Keskeinen uuden vuosituhatosen toimintaa useilla eri toimialoilla raamittava asiakirja oli vuonna 1997 laadittu, vuoden 1992 Rion ilmastokokouksessa solmittua YK:n ilmastosopimusta täsmentävä Kioton pöytäkirja. Tämä oli aiemmin laadittuihin ilmasto- ja energiasopimuksiin nähden erityinen, sillä se sisälsi sopijaosapuolia sitovan päästötavoitteen. Sopimuksen tavoitteen mukaan teollisuusmaiden tuli vähentää kasvihuonekaasupäästöjään niin, että vuosina 2008–2012 päästöjen yhteenlaskettu kokonaismäärä olisi 5 % alle vuoden 1990 päästötason. Suomen osalta sopimus merkitsi sen solmimishetken tilanteeseen nähden 8 % päästövähennystä. Pöytäkirja astui voimaan vuonna 2005 kun 55 % teollisuusmaiden päästöistä edustavista maista oli allekirjoittanut sen (Kioton pöytäkirja 2013). Kioton sopimuksen toinen velvoitekausi kattaa vuodet 2012–2020. Tälle velvoitekaudelle EU:lle on asetettu yhteinen 20 % päästöjen vähennystavoite laskettuna vuoden 1990 tasosta. EU:n sisällä tämä tavoite on jaettu jäsenvaltioille huomioiden maiden teollisuuden rakenne, ilmasto-olot ja mahdollisuudet tehokkaisiin päästöjen vähennyksiin.

Kansainvälisten ilmasto- ja energiasopimusten sovittamista osaksi Suomen energia- ja ilmastopolitiikkaa on tehty 1990-luvun puolivälistä lukien osana EU-yhteistyötä. Kansainvälisen sopimusjärjestelmän sitoumusten ohella EU:lla on myös omia energia- ja ilmastopoliittisia tavoitteita ja ohjelmia. 2000-luvun alun toimintaa viitoittivat vuosina 1996 julkaistu uusiutuvien energialähteiden hyödyntämisen lisäämistä käsittelevä vihreä kirja ja tätä seuraavana vuonna seurannut tarvittavia toimenpiteitä tämän tavoitteen saavuttamiseksi määrittelevä valkoinen kirja. 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä merkittäviä energiamarkkinoiden toimintaympäristöön vaikuttavia toimia olivat vuonna 2003 voimaan tullut päästökauppadirektiivi, 2005 käynnistynyt päästökauppajärjestelmä sekä energian tuotantoa ja loppukulutusta raamittaneet CHP-direktiivi ja energia-

palveludirektiivi, jotka tulivat voimaan vuosina 2004 ja 2006 (Motiva 2016). Tulevaa sääntely-ympäristöä linjasi myös vuonna 2008 julkistettu EU:n ilmasto- ja energiapaketti, jossa hahmoteltiin päästövähennyksiä ja uusiutuvan energian osuuden sekä energiatehokkuuden kasvattamista vuoteen 2020 tullessa. Päästökauppadirektiivin tavoitteena oli taata hiilidioksidin päästövähennystavoitteiden saavuttaminen mahdollisimman kustannustehokkaasti. Direktiivi velvoitti suurten, yli 20MW sähkön- ja lämmöntuotantolaitosten sekä energiantensiivisen teollisuuden hankkimaan tuottamaansa hiilidioksidipäästöjä vastaavan määrän päästöoikeuksia⁵⁶ (Energiavirasto 2015b). Muut rakennusten lämmitysmuodot, ts. rakennuskohtaiset lämmittämisen tavat, kuuluvat päästökaupan ulkopuolisiin aloihin⁵⁷. Koska energian tuottajat saivat suuren osan päästöoikeuksista ilmaiseksi, ei päästölupien hankkimisen vaikutus näkynyt täysimääräisesti energiantuottajille ensimmäisillä päästökauppauskaavilla 2005–2007 ja 2008–2012. Yhdistetyssä sähkön- ja lämmöntuotannossa kenties merkittävin muutos oli käytettävien polttoaineiden hintasuhteissa. Erityisesti turpeen hyödyntämisedellytykset heikkenivät kun siitä tuli hinnaltaan kivihiiltä kalliimpaa. Turpeen hyödyntämisen kannalta merkittävä päätös oli myös vuonna EU:n parlamentin teollisuusvaliokunnan syyskuussa 2008 tekemä määritelmä, jonka mukaan turve on uusiutumaton energiasurssi (Euroopan parlamentin teollisuus-, tutkimus- ja energiavaliokunta 2008).

Ennen vuoden 2008 talouskriisiä energia- ja ilmastopolitiikka oli etenkin Eurooppalaisten maiden kohdalla näkyvä osa kansainvälisen politiikanteon arkea. Ilmastonmuutos nähtiin merkittävänä uhkana, sen nähtiin olevan mahdollisesti jopa suurin ihmiskuntaa koskaan kohdannut markkinahäiriö (Stern 2006, 1). Vaikka ilmastonmuutoskeskustelu ei kansainvälisen politiikan foorumeilla ollut yksituumaista, oli EU:n kanta selkeä. Ilmastonmuutoksen ehkäiseminen otettiin vakavasti ja tavoitteet sen ehkäisemiseksi olivat kunnianhimoisia. Esimerkkinä tästä vaikkapa Iso-Britannian vuonna 2008 voimaan astunut ilmastolaki⁵⁸, joka määrittäi Iso-Britannialle sitovan velvoitteen vähentää hiilidioksidipäästöjään tulevina vuosina. Ilmastolain tavoitteena oli leikata nettohiilitasetta 60 % vuoden 1990 perustason verrattuna (Valtioneuvoston kanslia 2008). Myös muissa mais- kaavailtiin vastaavia lakeja. Vuonna 2008 alkaneen finanssikriisin seurauksena

⁵⁶ EU:n päästökaupparjestelmän piiriin kuuluvat alat: sähkön- ja kaukolämmöntuotanto, metallien jalostusteollisuus, sellu- ja paperiteollisuus, kemianteollisuus, lentoliikenne sekä rakennustuoteollisuus. (European Commission 2015)

⁵⁷ Muita päästökaupan ulkopuolisia aloja ovat rakentaminen, asuminen, maatalous, liikenne, jätehuolto, ja teollisuudessa käytettävät F-kaasut

⁵⁸ Eng. Climate Change Bill

yritysten, pankkijärjestelmän sekä joidenkin valtioiden massiivisten talousongelmien hallinta nousi politiikanteon pääosaan. Kansainvälisen politiikanteon ja useiden maiden energia- ja ilmastopolitiikan kunnianhimon aste laski selvästi tai se jäi ainakin teemana taka-alalle. 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä vilkkaasti käydyn ilmastomuutoskeskustelun ja sen vuosikymmenen lopulla tapahtuneen poistumisen politiikanteon keskiöstä voisi nähdä samankaltaisena hetkellisesti tulevaisuudennäkymiä merkittävästi muovaavana tekijänä kuin energiakriisejä edellisessä pääluvussa. Näin ei ilmastomuutoskeskustelulle ole kuitenkaan näillä näkymin käymässä. Vähentyneestä julkisuudesta huolimatta etenkin EU:n ilmastopolitiikka on edennyt johdonmukaisesti myös finanssikriisin ajan ja muodostaa uskottavat raamit, jotka eri alojen toimijoiden on otettava huomioon tulevaisuutta arvioidessaan.

5.1.3 *Energia-asenteet*

Energia-assennekyselyjä toteutettiin vertailukelpoisena sarjana vuodesta 1983 vuoteen 2011 asti. Tämän jälkeenkin energia-asenteita on tiedusteltu, mutta aiemmasta eroavalla kysymysjoukolla (Kansallinen tietoarkisto, sarjakuvaukset). Kuten aiemmin todettiin, lämpöpumppuja ei huomioitu millään lailla aiemman vuosituhaten energia-assennekyselyissä. Suoranaisesti lämpöpumppuihin liittyvä kysymyksiä ei ole uudessakaan kysymyssarjassa. Lämpöpumput mainitaan uuden kysymysjoukon käsittävässä 2012 kyselyssä yhdessä kysymyksessä, jossa niihin viitataan sähköautojen ohella tulevaisuudessa sähkökulutuksen kasvuun mahdollisesti vaikuttavana tekijänä (Energia-asenteet 2012). Tässä luvussa tarkastellaan vuoteen 2011 asti ulottuvien energia-assennekyselyjen aineistoa.

Koskien erilaisia energian tuotantomuotoja energia-assennekyselyihin tuli vuodesta 2000 alkaen mukaan aiempaa useampia energialähteitä, joiden suhteen asennoitumista tiedusteltiin. Uudet vaihtoehdot olivat öljy, puu/muu bioenergia ja tuulivoima. Näistä vastaajat suhtautuivat tuulivoiman ja puun/muun bioenergian lisäämiseen erittäin positiivisesti, enemmän tuulisähköä toivoi koko 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen noin 90 % ja bioenergiaa vastaavasti noin 80 % vastaajista. Öljyn osalta asenteet olivat aivan päinvastaiset. Öljyn hyödyntämisen lisäämistä kannatti 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen aikana 1-5 % vastaajista ja 59 – 78 % toivoi kulutusta vähennettävän⁵⁹. Kyselyissä aiemmin tiedusteltujen energiamuotojen kohdalla asenteet vaihtelivat jonkin verran aikai-

⁵⁹ On huomioitava, että kyselyssä tiedustellaan aiempien kyselyjen kanssa johdonmukaisesti, mutta öljyn todellisten käyttökohteiden kannalta hieman erikoisesti, öljyn käytön lisäämistä sähköntuotannossa.

semmin tunnistettuihin trendeihin nähden. Maakaasun hyödyntämisen lisääminen muuttui 2000-luvun edetessä yhä vähemmän suosituksi. Vuosikymmenen lopussa enää kolmannes vastaajista toivoi maakaasun hyödyntämistä kasvatettavan (osuus oli 70 % vielä 1997). Syynä tähän oli Venäjän arvaamaton kaasuvientipoliittikka ja se, ettei ilmastokeskustelun voimistuessa maakaasua enää pidettykään sellaisena puhtaan energiantuotannon vaihtoehtona jona se aiemmin kivihiilen korvaajana nähtiin (Energia-asenteet 2011).

Vesivoiman suosio kasvoi lähes koko 2000-luvun alun, vuonna 2011 71 % vastaajista halusi vesivoiman tuotantoa lisäävän. Ydinvoiman lisäämistä kannatettiin kasvavasti vuoteen 2010 asti, jolloin vastaajista 44 % halusi enemmän ydinvoimaa ja 26 % vähemmän. Fukushima ydinvoimalaonnettomuus muutti lukuja siten, että vuonna 2011 ydinvoiman lisäämistä kannatti 29 % ja vähentämistä 42 %. Kivihiilen suosio jatkoi aiemman vuosikymmenen vähentyvää trendiä. Hyödyntämisen lisäämistä kannatti 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen lopulla vain muutaman prosentin osuus ja vähentämistä kolme neljästä vastaajasta. Turpeen kohdalla asenneilmaston kehitys heilahtelee ollen kuitenkin pääosin turpeen hyödyntämiselle kriittinen. Turpeen käytön kasvattamista halua-vien määrä pieneni lähes koko tarkastelujakson jokseenkin tasaisesti vähentämistä toivovien määrän kasvaessa. Turpeen hyödyntämisen vastustus ylitti sen lisäämisen kannatuksen ensimmäisen kerran vuosina 2008 ja 2009 (v. 2009 27 % toivoi enemmän, 36 % vähemmän). Vuonna 2011 turpeen hyödyntämisen lisäämiseen positiivisesti suhtautuvien osuus kasvoi 38 %:iin ja vähentämistä suosivien määrä väheni 29 %:iin.

Suomalaisten valmius tinkiä omasta elintasostaan energiantuotannosta aiheutuvien ympäristöhaittojen ja riskien vähentämiseksi pysyi 2000-luvulla aiempaan verrattuna varsin vakaana. Vähintään 50 % vastaajista koki jokaisena vuonna olevansa täysin tai jokseenkin tätä mieltä. Korkein lukema oli vuoden 2006 61 % ja matalin vuoden 2003 50 %. Kootusti voidaan sanoa asennekyselyjen aineiston osoittavan vähäpäästöisten energialähteiden suosion lisääntyvän ajan kuluessa. Niistä energialähteistä, joiden osalta kantoja kyselyissä tiedustellaan, uusiutuvat energialähteet näyttäytyvät erityisen suosittuina. Tuulivoima, bioenergia ja vesivoima erottuvat aineistosta kirkkaasti muita energiamuotoja suosituimpina. Energia-asennekyselyt osoittavat kuinka suomalaiset haluavat pitkällä aikavälillä enenevästi nojautua ympäristöystävällisten energiaratkaisujen hyödyntämiseen. Haastattelujen myötä välittynyt näkemys ympäristöasenteiden muutoksesta saa siis tukea energia-asennekyselyistä. Näiden asenteiden voitaneen ajatella vaikuttavan myönteisesti myös siihen miten houkuttelevana geoenergia nähdään suhteessa muihin, vähemmän ympäristöystävällisiin kiinteistöjen lämmitysratkaisuihin.

5.2 Kiinteistöjen lämmityksen regiimi

Kuten edellisessä, energiakriisien ajoista seuraavaa noin vuosikymmentä käsitellessä luvussa 4.2, myös tässä erilaisia rakennusten energiavalintojen regiimitason asioita käsitellään melko yleisellä otteella. Täsmällisemmin regiimin ja niche-tason vuorovaikutusta geoenergian hyödyntämiseen käydään läpi alaluvun 5.3 yhteydessä.

Aiemmasta poiketen tässä luvussa pientalojen ja suurkohteiden energiaratkaisuihin liittyviä seikkoja käsitellään omista alaluvuissaan. Siinä missä aiemmin käsitellyllä ajanjaksolla geoenergian hyödyntäminen keskittyi lähes yksinomaan pieniin rakennuksiin, muuttuu tilanne 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen puolivälissä kun joidenkin suurten kiinteistökohteiden omistajat kiinnostuvat geoenergian hyödyntämisestä. Pieniin ja suuriin kohteisiin liittyvien tekijöiden käsittelylle erikseen on syynä sisällönanalyysin yhteydessä esiin tullut havainto siitä kuinka pienissä ja suurissa kiinteistökohteissa tehtäviin energiaa koskeviin valintoihin vaikuttavat tekijät, valintoja tekevien arvostukset ja näin myös tehdyt valintapäätökset eroavat tietyiltä osin toisistaan. Tarkastelu olisi ollut mahdollista toteuttaa myös moniregiimitarkasteluna (Konrad et al. 2008, Sutherland, Peter & Zagata 2015), jossa molemmat osamarkkinat olisi käsitelty kokonaan omina tapauksinaan ja määrittelemällä niille omanlaisensa regiimi- ja nichekokoont. Kuitenkin, koska hyvin suuri osa pienten ja suurten kiinteistökohteiden markkinoihin vaikuttavista tekijöistä eri tasoilla on molemmille samoja, olisi tämä valinta väistämättä tuottanut toistoa ja kasvattanut työn sivumäärää tarpeettomasti. Toimintatapaa, jossa pienten ja suurten kiinteistökohteiden geoenergiatoimintaan vaikuttavia tekijöitä käsitellään omista osioissaan, tullaan noudattamaan myös geoenergian nichen kehittymistä kuvaavassa luvussa 5.3.

5.2.1 Energiapoliittinen ohjaus Suomessa

2000-luvulla suomalaista energiapolitiikkaa leimasi 1990-luvulta alkaen voimistunut kansainvälisyys. EU-jäsenyys vuonna 1995 toi suomalaisen energiapolitiikan osaksi yhteiseurooppalaista energiapolitiikkaa. Ennen EU-jäsenyyttä energiapolitiikka muotoutui kansainvälisten sopimusten ja kansallisten tavoitteiden yhdistelmänä. Keskeisenä pyrkimyksenä oli muuttaa Suomen energiarakennetta vähäpäästöisemmäksi. Ensimmäisiä keinoja tämän tavoitteen saavuttamiseksi oli vuonna 1990 käyttöön otettu hiilivero. Hiiliveroa korotettiin 1990-luvulla useasti siten, että hiilellä Suomessa tuotettu sähkö alkoi menettää aiempaa kilpailukykyään (Vehmas 2002, 164–166).

Kansallisesti merkittävin energiapolitiikan tulevaisuutta ohjaava asiakirja on säännöllisesti päivitettävä energiastrategia⁶⁰. 2000-luvun alun kehityksen taustoitamisen kannalta merkittävimpiä ovat vuosina 1997, 2001, 2005 ja 2008 julkaistut strategiat. Strategioissa linjataan laajasti politiikkatoimia, joilla saavutetaan niin kansainvälisiä energia- ja ilmastotavoitteita kuin myös erilaisia kansallisissa politiikkaohjelmissa asetettuja muita tavoitteita. Vuoden 1997 energiastrategiassa tärkeimpänä huomion kohteena oli aiempaa vähäpäästöisempien energialähteiden hyödyntäminen. Keskeisinä keinoina hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen olivat ydinvoiman ja maakaasun käytön lisääminen, tämä siitä huolimatta, että vuonna 1993 eduskunnassa oli tehty kielteinen päätös uuden ydinvoiman rakentamisesta. Uusiutuvan energian hyödyntämisen lisääminen ei ollut vuoden 1997 strategiassa suuressa roolissa. Vähäisen uusiutuvien energialähteiden hyödyntämisen lisäyksen nähtiin tulevina vuosina tapahtuvan teollisuuden bioenergian käytön kasvulla (KTM 1999).

Vuoden 2001 energia- ja ilmastostrategiassa päämääränä oli hahmotella toimia, joilla pystyttäisiin täyttämään Kioton sopimuksen velvoittamat päästövähennystavoitteet. Strategiassa todettiin tavoitteen saavuttamisen edellyttävän merkittäviä toimenpiteitä. Keskeisiä keinoja olivat kivihiilen käytön rajoittaminen energiantuotannossa ja sen korvaaminen maakaasulla tai ydinvoimaa lisäämällä sekä kannustamalla energiansäästöön ja uusiutuvien energiamuotojen hyödyntämiseen (Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 2001, 7). Uusiutuvien energialähteiden käytön edistämistä koskevassa osiossa vuoden 2001 strategiassa tämän tutkimuksen kannalta kiinnostava huomio on, että maalämpöpumppujen käyttöä kaavailtiin tuettavan (ibid., 69). Päästövähennystavoitteet olivat keskeisenä perusteena kun eduskunta vuonna 2002 hyväksyi TVO:n hakemuksen uuden ydinvoimalaitoksen rakentamisesta Olkiluotoon.

Seuraava, vuoden 2005 strategia oli käytännössä aiemman strategian päivitys huomioiden erityisesti päästökaupan vaikutukset energia-alan toimintaympäristöön. Aiemmasta strategista poikkeavia painotuksia olivat maakaasun hyödyntämisen lisäämistavoitetta varjostava huoli pääosin Venäjältä tuotavan kaasun toimitusvarmuudesta sekä pyrkimys panostaa enenevästi uusiutuvien energiamuotojen hyödyntämiseen (Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 2005, 4, 14). Lämpöpumppujen ja täten myös geoenergian osalta todetaan, että lämpöpumppujen käytön edistämistoiminta on aiemmassa strategiassa painottunut lähinnä informaatiotoiminnan tukemiseen. Vuoden 2005 strategiassa kaavailtiin tuen ohjaamista teknologiakehitykseen, jotta laitteiden tehokkuus ja luotettavuus voi-

⁶⁰ Vuodesta 2001 energia- ja ilmastostrategia

daan turvata. Lisäksi yleisesti pidettiin tärkeänä vauhdittaa päästöttömien ja vähäpäästöisten lämmitystapojen käyttöönottoa pientaloissa (ibid., 22).

Vuoden 2008 energia- ja ilmastostrategia käsitteli toimia, joilla Suomi toteuttaa EU:n aiemmin samana vuonna julkistaman ilmasto- ja energiapaketin tavoitteita. Aiemmat teemat energiatehokkuuden, energiansäästön sekä uusiutuvien energialähteiden tuotannon ja käytön lisäämisestä toistuvat tässäkin asiakirjassa. Strategiassa painotettiin mineraaliöljyä rakennusten lämmityksessä korvaavien vaihtoehtojen edistämistä. Yhtenä öljyn korvaajista mainittiin myös lämpöpumput (Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 2008, 37). Lämpöpumpuilla tuotetun energian määrän uskottiin tulevina vuosina kasvavan nopeasti (ibid., 115). Lämpöpumppujen kuvattiin olevan tehokas, yleistyyäkseen vain vähäisiä tukitoimia vaativa tapa toteuttaa vaadittuja päästövähennyksiä ja uusiutuvan energian lisäystavoitteita (ibid., 41).

Rakennusten energiatarkeksujen näkökulmasta kotimaisen energiapolitiikan näkyvimmit toimet painoutuivat rakennuskohtaisiin lämmitysjärjestelmiin, joiden päästösääntely ei toteutunut EU:n päästökauppamekanismin kautta. Lämmitystapavalintoja pohtiville 2000-luvulla näkyvimpiä toimenpiteitä olivat erilaiset tuet sekä Motivan ja alueellisten energiatoimistojen kautta välitetty energia-asioita koskeva informaatio (N10, N12). Korjausrakentajille oli 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä tarjolla energia-avustuksia, joita saattoi anoa asuinrakennusten energiataloutta tai uusiutuvan energian hyödyntämistä edistäviin saneerauksiin. Tyypillistä tällä vuosikymmenellä toteutetuille tukiohjelmille oli niiden väliaikaisuus, suhteellisen lyhyt kesto, tuettujen kohteiden vaihtuminen aika ajoin sekä tukiin varattujen määrärahojen rajallisuus. Vuosina 2003–2006 asuinrakennusten energia-avustukset olivat valtion asuntorahaston (ARA) maksamia. Avustukset kohdistuivat valtaosin kerros- ja rivitaloissa tehtäviin energiakorjauksiin. Tukea sai energiatehokkuutta ja ympäristöystävällisyyttä parantaviin energiatapamuutoksiin, esimerkiksi siirtymiseen öljylämmöstä kaukolämpöön, puupellettilämmitykseen tai geoenergiaan. Vuosina 2006–2008 energia-avustukset maksettiin ympäristöministeriön määrärahoista ja tällöin pääpaino oli kannustaa pientaloja energiaremontteihin, joissa uusiutuvaa energiaa tehokkaasti hyödyntävien lämmitystapamuutosten hyödyntämistä lisättäisiin aiemmin öljy- ja sähkölämmitteissä rakennuksissa. Vuonna 2010 painopiste oli asuinrakennusten ja rivitalojen lämmitystapamuutoksien tukemisessa ja vuosina 2011–2012 tuet kohdistuivat taas pieniin kiinteistöihin. Tuen suuruus vaihteli ollen tyypillisesti 15–20 % tehtävän energiaremontin laite- ja materiaalikustannuksista (NEEAP-2, liite 2, NEEAP-3, liite 2). Vuodesta 2013 alkaen lämmitystapamuutoksiin ei ole enää ollut saatavissa yleistä tukea (Kansallisen energia- ja ilmastostrategian taustareportti 2013, 62), ainoastaan pienituloisille hakijoille on voitu myöntää tarvehar-

kinnan perusteella tukea kalliin tai huonosti toimivan lämmitysjärjestelmän vaihtoon (ARA 2016).

Kohteiden ohella myös avustusten saannin ehdot ovat vaihdelleet. Joinain vuosina tukiin on liitetty tuloarvoja, joiden ylittäneet eivät ole voineet energiaturkia saada. Lisäksi tukiin varatun määrän loppuessa tukikelpoiset hankkeet ovat saattaneet saada vain pienen määrän anotusta avustuksesta tai jäädä kokonaan ilman tukea. Valtakunnallisten avustusten ohella joillakin kunnilla on ollut omia uusiutuvien energialähteiden hyödyntämiseen kannustaneita energiaturkia. Maalämpöalan yrityksissä tukien saatavuus on näkynyt selvästi siinä miten laitteistojen kysyntä ajoittuu eri vuosille. Saatavilla olevat tuet ovat vilkastuttaneet lämpöpumppukauppaa kauppaan niissä kiinteistötyypeissä, jotka kulloinkin ovat olleet tuen piirissä (N2, N3, N4). Tästä huolimatta on vaikeaa arvioida ovatko tuet vaikuttaneet vain tehtyjen energiaremonttien ajoitukseen, vai onko niillä ollut merkitystä myös kokonaisuuden kannalta laajemmin siinä, mikä energiaratkaisu on tullut valituksi. Muutamat haastatellut näkivät tukien tärkeimmän merkityksen olleen huomion suuntaamisessa geoenergian ja muiden tavanomaisia energiaratkaisuja vähäpäästöisempien vaihtoehtojen puoleen (R4, N1, N2, N3). Suurten kiinteistöjen kohdalla tuilla ei uskottu olleen juurikaan vaikutuksia tehtyihin päätöksiin, vaan päätökset on tehty käyttötaloudellisin ja toiminnallisin perustein (R4, R7, R8, R10, R11). Tukien suhteellisen vähäisestä merkityksestä geoenergian yleistymisessä kertoo se, että suurin osa maalämpöjärjestelmistä on asennettu uusiin omakotitaloihin (N1, N2, N3), joiden rakentajille tukia ei ole ollut tarjolla (HS28).

Yksi harvoista pidempikestoista tukimuodoista 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä on ollut vuodesta 2001 alkaen voimassa ollut kotitalousvähennys. Kotitaloudet ovat voineet hyödyntää tätä vähennystä mm. erilaisten kotona tai muussa omistamassaan kiinteistössä tehtävien remonttien työ kustannusten kattamiseen. Vaikka tämä ei olekaan ollut suoraan energiaremontteihin liittyvä tuki, on sillä suhteellisen pysyvänä ja laajasti tunnettuna ollut merkitystä pientalojen energiaremontteihin kannustavana tekijänä (R4, N1, N5, N9). Kotitalousvähennys on ollut saatavilla ainoastaan vanhoihin pientaloihin, ts. uusien omakotitalojen rakentajat eivät ole voineet hyödyntää tätä tukimuotoa. 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen ajan (vuodesta 2003 alkaen) kunnossapito- tai korjauskustannuksista tehtävä vähennys kohdistui 60 % yrityksen tai yrittäjän laskuttamista työ kustannuksista. Erilaisten töiden teettämisestä saatavan veronpalautuksen yläraja nousi vuosien 2003 ja 2009 välillä 1150 eurosta 3000 euroon henkilöä kohden vuodessa. Vuodesta 2007 alkaen vanhojen pientalokiinteistöjen energiaremontit tulivat erityisen houkutteleviksi kun kotitalousvähennystä saattoi saada myös sellaisiin lämmitysjärjestelmien perusparannuksiin, joihin oli myönnetty myös energia-avustusta (Verohallinto 2012). Aivan viime vuosina kotita-

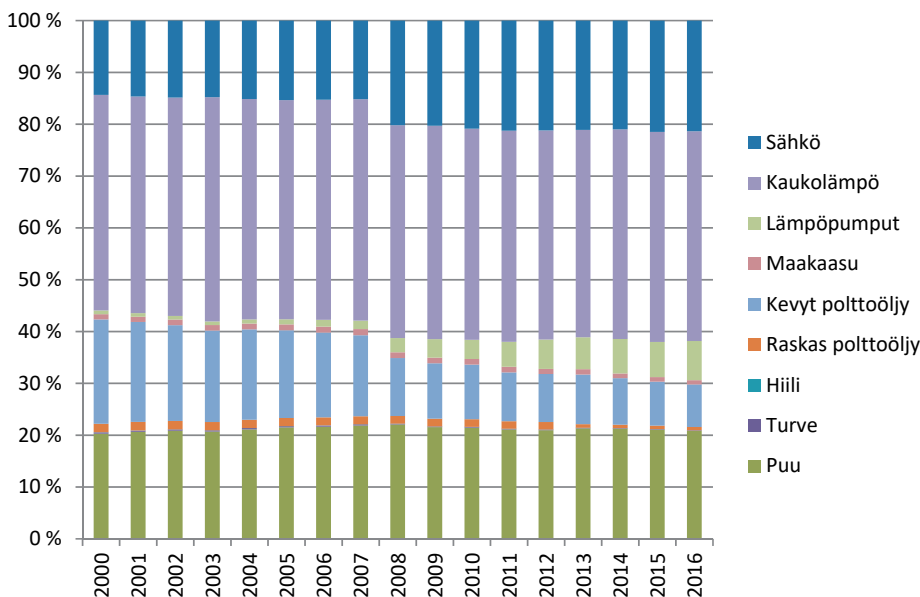
lousvähennyksen ehdot ovat kiristyneet. Vuoden 2017 alusta yrityksen tai yrittäjän tekemästä työstä vähennettävä osuus oli 50 % työkustannuksista ja vähennyksen enimmäismäärä 2400 euroa henkilöä kohti.

Muihin kuin asuinrakennuksiin ei pysyviä tukimuotoja geoenergialle suurissa kohteissa ole ollut tarjolla. Lyhytkestoisia avustusohjelmia tai investointitukia toimitilojen lämmöntuotannon energiamuotojen muutoksiin öljystä ympäristöystävällisempiin energiamuotoihin on sen sijaan ollut. ELY-keskusten ja TEM:n myöntämien tukien suuruus on vaihdellut 15 % ja 30 % välillä tehdyn energia-investoinnin suuruudesta. Lisäksi yksittäisiin kokeiluluontoisiin suurten kiinteistökohteiden lämmitysratkaisuihin on voinut saada TEM:n myöntämiä tukia, mutta nämä ovat olleet luonteeltaan uuden testaamista ja käyttöönottoa tukevia instrumentteja. Tuilla, joita on ollut mahdollista saada myös uudiskohteisiin, on voitu suunnitella ja rakentaa esimerkiksi erilaisia hybridilämpölaitteistojen kokoonpanoja.

Yksi merkittävä viime vuosina rakentamisen energiavalintoihin vaikuttanut tekijä on ollut rakennusten energiatehokkuutta kuvaavan e-luvun käyttöönotto. Uudisrakentamisen ympäristöystävällisyyttä on vuoden 2012 heinäkuusta alkaen ohjattu ottamalla huomioon eristyksen ohella myös rakennuksen lämmöntuotantotapa, tämä huomioidaan rakennuksen energialukua laskettaessa energiamuodon kertoimilla. E-luvun tulee olla tietyissä rajoissa, jotta rakennukselle voidaan myöntää rakennuslupa. Pientaloissa rakennuksen energiatehokkuuden uusi laskentatapa on suosinut geoenergiaa erityisesti suoran sähkölämmityksen kustannuksella (N4).

5.2.2 Kiinteistöjen lämmitysratkaisujen markkinat yleisesti

Kuva 21 havainnollistaa mitä lämmönlähteitä hyödyntäen Suomen asuin- ja palvelurakennukset lämmitettiin 2000-luvun ensimmäisen noin puolentoista vuosikymmenen aikana. Kuvio osoittaa eri lämmönlähteiden osuudet rakennusten lämmitykseen kuluneesta kokonaisenergiasta. Kaukolämpöverkosto laajeni edelleen 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä ja tämä ylläpiti kaukolämmön vahvaa suhteellista asemaa. Lämpöpumppujen ja sähkön hyödyntämisen osuus kasvoi öljyn menettäessä selvimmin osuuttaan. Puun aseman vähäistä vahvistumista kuviossa selittänee pellettilämmitys, joka näkyi 2000-luvun alussa pientalojen ympäristöystävällistä lämmittämistä käsittelevissä artikkeleissa tavallisesti yhtenä varteenotettavana vaihtoehtona (HS12, HS20, HS25, HS31, HS38, HS46).

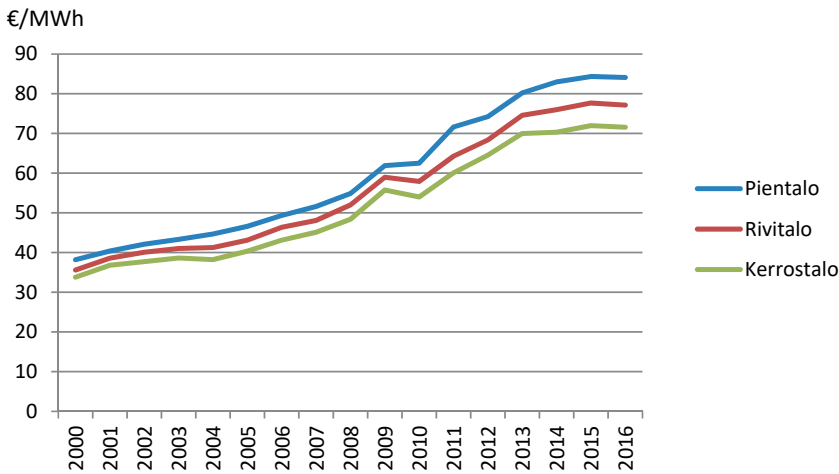


Kuvio 21. Rakennusten lämmitysmuotojen suhteelliset osuudet vuosina 2000–2016. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017b).

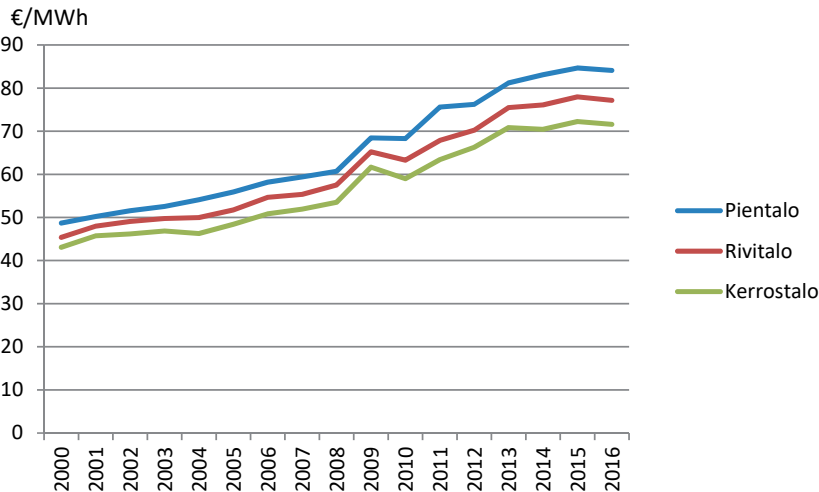
Käytetyimmän kiinteistöjen lämmitysmuodon, kaukolämmön hinta nousi 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen puolivälistä lukien melko voimakkaasti. Tärkeimpinä syinä kehitykselle olivat kaukolämmön tuotannossa käytettävien polttoaineiden hintojen ja verojen nousu (Sarvaranta, Jääskeläinen, Puolakka & Kouri 2012, 14). Vaikuttavana tekijänä hintakehityksessä ovat voineet joissain tapauksissa olla myös lämpölaitoksia ja -verkkoja operoivien kuntaomisteisten energiayhtiöiden paineet tuottaa tasaisen hyvää osinkoa kuntien kassaan. Kuviot 22 ja 23 havainnollistavat kaukolämmön nimellisen ja reaalisen keskihinnan kehitystä pientaloissa ja kerrostaloissa vuosina 2000–2016. Graafin osoittama arvo kuvaa kaukolämmön hintaa eri kiinteistötyypeille kunkin vuoden ensimmäisenä päivänä. Kaukolämmön hinnan osalta on huomioitava, että hinnat vaihtelevat suuresti eri kaukolämpöyhtiöiden alueilla. Hintaerot johtuvat monista tekijöistä käytettyjen polttoaineiden hinnan ollessa tärkein selittäjä⁶¹. Verrattuna aiempien vuosikymmenten hintakuvaajiin (kuviot 15 ja 16) on 2000-luvun kehityksen kuvaaja selvästi erilainen. Siinä missä aiemmilla vuosikymmenillä reaali-

⁶¹ Kaukolämmön paikallisia hintatietoja nähtävillä Energiategollisuus ry:n verkkosivuilla: http://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/kaukolammon_hintatilasto.html#material-view

hinta oli laskeva tai vakaa, on 2000-luvulla kaukolämmön reaali­hinnan trensi ollut nouseva.



Kuvio 22. Kaukolämmön hinta muutamissa kiinteistötyypeissä 2000–2016. Tiedot kuvaavat nimellistä kokonaishintaa, joka sisältää energia-, perus- ja muut mahdolliset maksut. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017e).



Kuvio 23. Kaukolämmön hinta muutamissa kiinteistötyypeissä 2000–2016. Tiedot kuvaavat reaaliaikaisesta kokonaishintaa, joka sisältää energia-, perus- ja muut mahdolliset maksut. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017e).

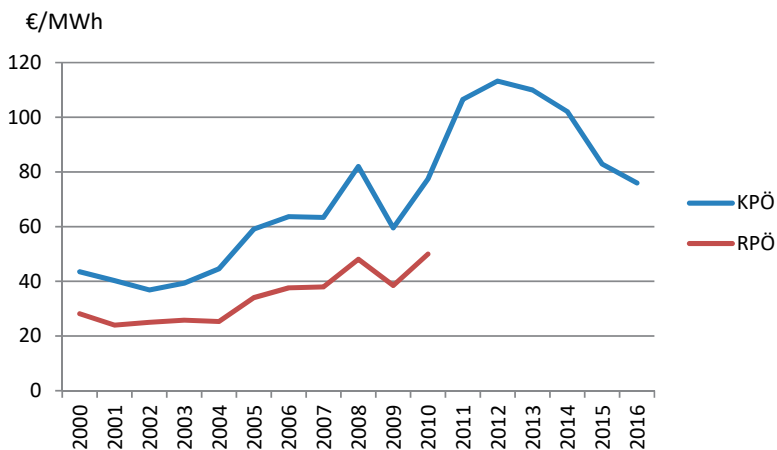
Vaikka kaukolämpöverkoston pituus, asiakasmäärä ja toimitetun energian määrä kaikki kasvoivat läpi 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen, oli ilmasa vuosikymmenen loppupuolella merkkejä siitä, että kaukolämmön asema saataisi tulevaisuudessa heikentyä. Erityisesti vuodesta 2005 käynnissä ollut päästökauppa nähtiin suurena epävarmuustekijänä kaukolämmön kohdalla. Alan toimijoiden piirissä koettiin, että päästökauppa saattaisi hankaloittaa perinteisen kaukolämmön kilpailuetua suhteessa pienempiin lämpöverkkotoimijoihin tai rakennuskohtaisiin lämmitysjärjestelmiin. Tämä siksi, että suuret kaukolämpölaitokset joutuvat hankkimaan päästöoikeuksia tuotantonsa päästöjä vastaavan määrän kun taas pienemmillä toimijoilla ei tällaista velvoitetta ole. Lisäksi rakennusten kiristyvien energianormien kautta aiheutuva ja ilmastonmuutoksesta johtuvan lämpenemisen mahdollisesti aiheuttama kiinteistöjen lämmöntarpeen väheneminen, siitä aiheutuvat uhat kaukolämpöjärjestelmien käyttökelpoisuudelle uusissa kohteissa sekä energiayhtiöiden tuottojen mahdollinen lasku nähtiin kaukolämpötoimintaa tulevaisuudessa hankaloittavina tekijöinä. Kaukolämmön hyödyntämistä tulevaisuudessa varjosti myös tietynlainen imago-ongelma. Useat haastatelluista asiantuntijoista (R1, R2, R3, R4, R5, R10, R12) kokivat, että ostava yleisö näkee kaukolämmön ”hiilenmustana”, ympäristön kannalta haitallisena energiantuotantotapana ja pyrkii tästä syystä valinnoissaan suosimaan ensisijaisesti jotain muuta lämmittämismuotoa. Kaukolämmön keskeistä ympäristöargumenttia, sähkön ja lämmön yhteistuotannon tehokkuutta, on vaikeaa viestiä energiaratkaisua pohtiville.

2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen lopulla julkisuudessa käytiin jonkin verran keskustelua geoenergian ja kaukolämmön kilpailutilanteesta. Keskustelu käynnistyi muutamien julkisuutta saaneiden tapausten kirvoittamana, joissa suuret rakennukset olivat vaihtaneet kaukolämmöstä maalämpöön (A69, A70, HS24, HS44, HS45) ja sai vauhtia kun uutisoitiin (HS47, HS48, HS49), että kaupungit olisivat omistamiensa kaukolämpöyriyten markkinoita suojellakseen pyrkimässä kieltämään geoenergian hyödyntämisen kaukolämpöalueilla. Käsitys pohjasi Helsingin kiinteistöviraston maa- ja vesilämpötyöryhmän koostamaan raporttiin, jossa käsiteltiin lämpökaivojen rakentamista kaukolämpöalueella (Maa- ja vesilämpötyöryhmä 2010). Raportissa ehdotettavat toimenpiteet olivat melko jyrkkiä ehdottaessaan mm. täyskieltoa maalämmölle alueilla, joissa on kaukolämpöverkko. Varsinaisesti geoenergian hyödyntämisen täyskielto ei ollut missään vaiheessa realistinen uhka eikä tällainen kielto ollut tiettävästi yhdenkään kuntaomistaisen energiayhtiön tavoitteena (R1). Raportin ehdotusten toteuttaminen olisi merkittävästi rajoittanut kaukolämpöalueilla asuvien valinnanvapautta energiaratkaisujen osalta ja olisi toteutuakseen edellyttänyt raskasta voimassa olleen lainsäädännön muuttamista. Kunta voi asemakaavassaan tai tontinluovutusehdoissaan määrittellä, että tietyillä alueilla uuden rakennuksen pitää liittyä kaukolämpöverkoon, mutta Ympäristöministeriön tulkinnan mukaan tätä määräystä ei tarvitse

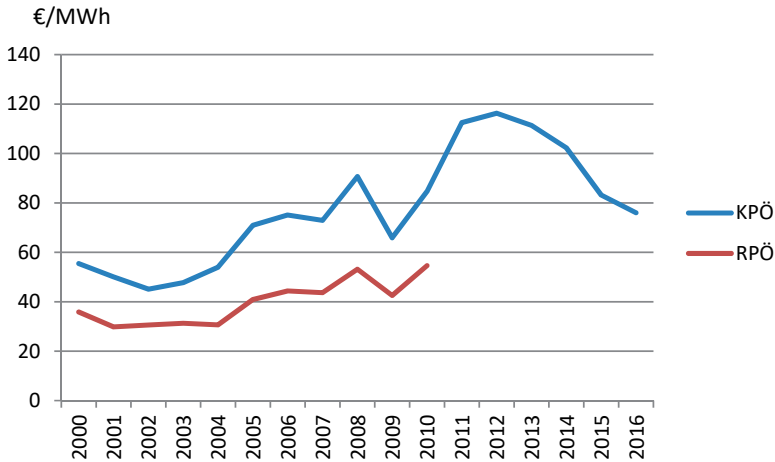
soveltaa, jos uusi rakennus on hyvin eristetty ja lämpiää uusiutuvilla energialähteillä (HS40).

Ennen vuotta 2011 geoenergian hyödyntämiseen liittyvät lupakäytännöt vaihtelivat kunnissa. Jotkut kunnat edellyttivät ilmoitusta tai toimenpideluvan hakemista lämpökaivon poraamiselle, mutta suurimmassa osassa kuntia poraaminen oli täysin vapaata. Toukokuusta 2011 alkaen lämpökaivot ovat kaikkialla Suomessa edellyttäneet toimenpideluvan saamista kunnan rakennusvalvonnasta. Kunnan tulee pääsääntöisesti myöntää haettu toimenpidelupa, ainoastaan alla olevat tunnelit, alueelle suunnitteilla oleva maanalainen rakentaminen, sijainti pohjavesialueella tai lähistöllä olevat muut lämpökaivot voivat olla luvan epäämisen syitä (Juvonen & Lapinlampi 2013, 13–14, HS65). Joillain ahtailla kaupunkikeskustojen tonteilla geoenergian hyödyntämisen edellyttämä lämpökaivon poraaminen voikin olla käytännössä lähes mahdotonta (HS50).

Polttoöljyn kohdalla aiemmilta vuosikymmeniltä tuttu hintojen heilahtelu jatkui 2000-luvulla, joskin trendi oli suurimman osana tarkastelujaksoa noususuuntainen. Nimellisiä ja reaalisia hinnanmuutoksia kuvaavista kuvioista 24 ja 25 havaitaan, että yleisimmin pientalojen lämmittämisessä hyödynnetyn öljyalaadun, kevyen polttoöljyn reaalin hinta lähes kolminkertaistui noin kymmenessä vuodessa vuosikymmenen alusta lukien. Vuonna 2013 hinta lähti voimakkaaseen laskuun. Raskaan polttoöljyn noudattelevat tyypillisesti kevyen polttoöljyn hintakehitystä. Hyödynnetyistä tilastoaineistosta raskaan polttoöljyn hintatilastot puuttuvat vuodesta 2011 alkaen.

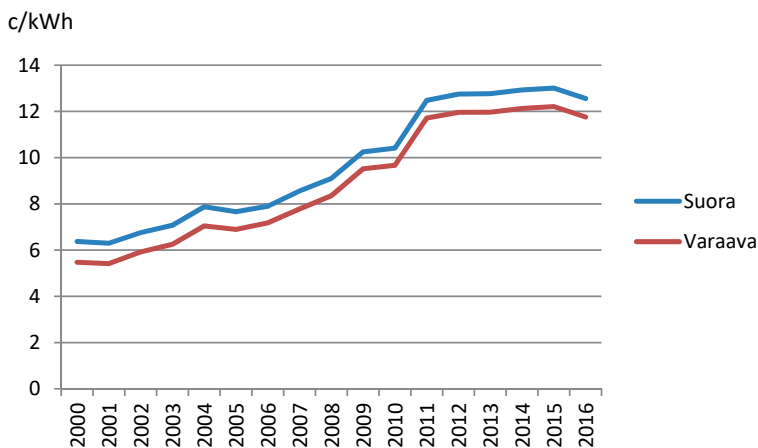


Kuvio 24. Rakennusten lämmityksessä käytettävien polttonesteiden hintoja vuosina 2000–2016. Kuva havainnollistaa nimellisiä kuluttajahintoja. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017e).

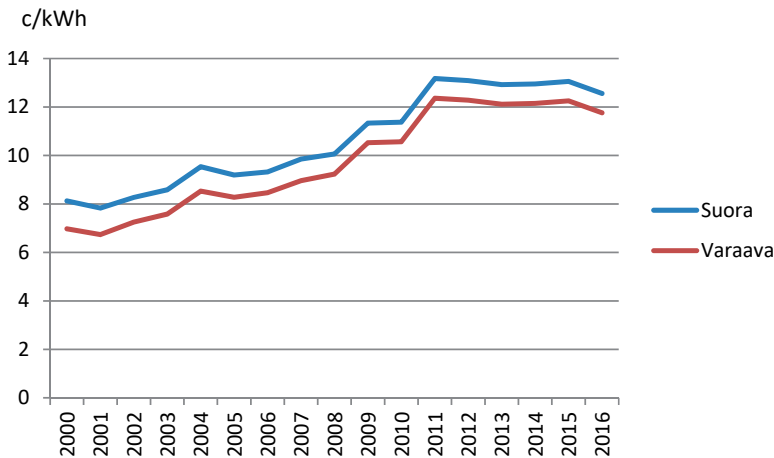


Kuvio 25. Rakennusten lämmityksessä käytettävien polttonesteiden hintoja vuosina 2000–2016. Kuva havainnollistaa reaalisia kuluttajahintoja. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017e).

Myös lämmityssähkön kohdalla lämmittämisen kulut noudattavat samaa trendiä muiden keskeisten lämmitysvaihtoehtojen kanssa. Hinnat ovat noususuunnassa vuosituhannen edetessä. Verrattuna muihin yleisimmin hyödynnettyihin lämmitysmuotoihin, sähkölämmityksen hinta nousi vuosituhannen ensimmäisellä vuosikymmenellä kuitenkin suhteellisesti maltillisimmin. Hintakehitystä havainnollistavat kuvat 26 ja 27. Kuvioista käy ilmi, että lämmityssähkön hinnan, niin nimellisen kuin reaalisenkin, nousu on 2000-luvulla jatkuvaa. Reaalihinta enemmän kuin kaksinkertaistui vuosikymmenessä.



Kuvio 26. Lämmityssähkön kokonaishinta pientaloihin vuosina 2000–2016. Hinnat nimellishintoja. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017e).



Kuvio 27. Lämmityssähkön kokonaishinta pientaloihin vuosina 2000–2016. Hinnat reaalihintoja. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017e).

5.2.3 Pienet kiinteistökohteet

Aiemmin luvussa 4.2.2 esitetystä kuvasta 13 esitettiin asuinrakentamisen määrän kehitystä Suomessa vuosien 1970 ja 2014 välillä. Kuvasta voidaan havaita, että 1990-luvun loppupuolelta alkaen pientalorakentamisen määrä kasvoi lähes vuosikymmenen ajan kansainvälisen finanssikriisin aiheuttamaan lamaan asti. Samoin kuin 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa, myös 2000-luvun alussa kasvavat rakentamisen markkinat tarjosivat mahdollisuuden myös uusille kiinteistöjen lämmittämisen ratkaisujen yleistymiselle. Uudisrakentamisen ohella myös korjausrakentamisen markkinat ovat merkittävät. Lämmityskorjauksia tehtiin 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä pientalokannassa vuosittain noin 50 000 kappaletta (Vihola & Heljo 2012, 42).

Tarkasteltaessa pientaloissa hyödynnettyjen lämmönlähteiden suhteellisia osuuksia aikavälillä 2000–2015 (kuviokuva 28), havaitaan lämpöpumppujen kasvattaneen osuuttaan vuoden 2005 tienoilta alkaen varsin nopeasti. On huomioitava, että lämpöpumppujen osalta tilasto, josta kuviossa esitetyt pylväät on koostettu, käsittää kaikki lämpöpumpputyypit. Tarkastelujakson alkupuolella valtaosa lämpöpumppujen tuottamasta energiasta on maalämpöpumpuilla tuotettua, mutta ajan kuluessa ilmalämpöpumppujen suosio kasvaa siten, että vuosikymmen loppupuolella niillä tuotetaan jo maalämpöpumppuja suurempi energiamäärä. Ilma-

lämpöpumpuilla tuotetun energian määrä ohitti maalämpöpumpuilla tuotetun vuonna 2005 (Tilastokeskus 2018). Kaukolämmön vähäistä osuutta pientalojen lämmityksessä selittää se, että kaukolämpöä ei ole tarjolla kuin osalle pientalokantaa. Puun osuus pientalojen lämmityksessä on ehkä yllättävänkin suuri, tämä selittyy puulämmittämisen perinteellä, puun hyvällä saatavuudella ja sillä, että uusiinkin taloihin rakennetaan yleensä takka jotain muuta energiamuotoa täydentäväksi lämmönlähteeksi. Puusta saatavalla lämmöllä tasataan usein kiinteistön ostoenergian tarvetta kylminä vuodenaikoina.



Kuvio 28. Pientalojen lämmönlähteet kulutetun energian mukaan vuosien 2000 ja 2015 välisenä aikana. Tilastolähde: Tilastokeskus (2017b).

Johtuen yleisimpien lämmönlähteiden hintojen noususta ja ilmastonmuutoksen ehkäistytoimista, joiden uskottiin laajasti pitävän näiden hinnat korkeina jatkosakin, kasvoi pientalojen omistajien kiinnostus rakennusten energia-asioita kohtaan. Julkisesti saatavilla olevat tilastot antavat hieman erilaisia lukuja eri lämmitysmuotojen suosion kehittymisestä uudisrakennuksissa, mutta trendi on selvä. Aiemmin dominoineiden öljyn ja sähkön osuus alkaa 2000-luvulle tultaessa vähetä erilaisten lämpöpumppujen osuuden kasvaessa. Sähkö oli pientalorakentajien keskuudessa suosituin lämmitysvaihtoehto aina vuosikymmenen loppupuolelle, jolloin maalämpö nousee suosituimmaksi uusien talojen lämmönlähteeksi. Öljylämmityksen asensi vuosikymmenen puolesta välistä lukien vain noin 1 % uudisrakentajista eli noin 120–130 rakentajaa vuosittain. Uusia sähkölämmitystaloja rakennettiin 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä noin 2000–3000 kappaletta vuodessa (Vihola & Heljo 2012, 45, Motiva 2015).

Uudisrakentamisen ohella lämpöpumppujen ja erityisesti geoenergian suosio kasvoi 2000-luvun edetessä myös korjausrakentamisessa. Tavanomaisten lämmönlähteiden hintojen nousun ohella vanhoissa omakotitaloissa energiamuodon muutoksiin kannustivat myös harkitseville tarjolla olleet tuet sekä investointeihin kannustanut matala korkotaso (N10). Vuosikymmenen jälkimmäisellä puoliskolla erityisesti öljylämmittäjät vaihtoivat lämmitysjärjestelmiään, aikavälillä 2006–2009 lähes 30 000 öljylämmitysjärjestelmää vaihdettiin johonkin muuhun ratkaisuun. Öljylämmityksestä oli tavallisesti melko helppoa siirtyä maalämpöön, sillä öljyllä lämpiävissä taloissa vesikiertoinen lämmönjakojärjestelmä, johon geoenergialaitteisto oli yleensä suhteellisen yksinkertaista integroida, oli tavallisin. Myös sähkölämmitysjärjestelmistä luovuttiin melko yleisesti, samana ajankohtana lähes 20 000 sähkölämmitystaloa vaihtoi pääasiallista lämmitysjärjestelmäänsä. Vanhoissa öljy- tai sähkölämmitteisissä, vesikiertoisella lämmönjakojärjestelmällä varustetuissa taloissa geoenergiaan siirtyminen oli hyvin houkuttelevaa. Saneerauksen takaisinmaksuajaksi saattoi tällaisissa kohteissa laskea energiankulutuksesta riippuen 5-10 vuotta (Motiva 2016). Energiaremontojien suosituin uusi energiamuoto oli puu maalämmön ollessa toiseksi suosituin. Jos tarkastellaan kaikkien energiatarkeutuksien osalta uuden lämmitystavan käyttöönottojen ja vanhasta luopuneiden summia, on geoenergia 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä korjausrakentajien keskuudessa suosituin energialähde. Tämä selittyy sillä, että vuosittain puun käytöstä luopuu verrattain suuri joukko lämmittäjiä, mutta maalämmöstä ei juuri muihin ratkaisuihin vaihdeta (Vihola & Heljo 2012, 42–43).

2000-luvun alkuvuosina suurin osa maalämmön hankkineista on uudisrakentajia (N1, N2, N3, N10). Vuosikymmenen edetessä saneeraajien suhteellinen osuus maalämmön hankkineista kasvaa. Finanssikriisin vaikutusten vähentäessä uudisrakentamisen kokonaismäärää vuodesta 2009 alkaen, nousee saneeraajien suhteellinen osuus maalämmön hankkineista. Saneerauskohteiden määrän kasvua vuosikymmenen loppua kohden selittää uusien pientalojen rakentamisen vähenemisen ohella myös 1970- ja 1980-luvuilla rakennettujen pientalojen öljylämmitysjärjestelmien tulo korjausikään (N9, HS59). SULPUn (2018) ja Vihola & Heljon (2012) raportissaan esittämiä tilastotietoja yhdistelemällä saadaan korjausrakentajien osuudeksi koko maalämpömarkkinasta 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen lopulla noin puolet. Saneerausrakentajien osuus kaikkien maalämpöjärjestelmien hankkijoista pysyy korkealla vuoteen 2012 asti, jonka jälkeen tukien loppuminen ja kireänä pysynyt yleinen taloudellinen tilanne laskevat saneeraajien kiinnostusta investointeihin ja vähentävät osuutta kaikista maalämpöasennuksista.

Yhtenä rakentamiseen ja asumiseen liittyvänä innovaationa voidaan pitää lattia- ja seinälämmitystä, joka alkoi yleistyä pienkiinteistöjen lämmönjakotapana 1990-

luvulta alkaen. Lattialämmityksen yleistyminen pientaloissa avasi mahdollisuuksia maalämmölle, sillä lattian alla kiertävän lämmönsiirtonesteen suhteellisen matala lämpötila mahdollisti tavanomaiseen vesikiertoiseen patterijärjestelmään verrattuna maalämmön taloudellisemman hyödyntämisen (N1, N10). Lattialämmityksen lämmönsiirtoneste tulee lämmittää noin 30–40 asteeseen kun patterilämmitys vaatii lämmöntarpeesta riippuen tätä useita kymmeniä asteita korkeamman lämpötilan. Ensimmäinen Suomessa toteutettu nestekiertoinen lattialämmitys, jossa hyödynnettiin maalämpöä, lienee ollut Suomen Lämpöpumpputekniikka Oy:n Mäntsälän asuntomessuille vuonna 1992 toteuttama järjestelmä (N2, N3, Jussila 2003, 15). 2000-luvulle tultaessa nestekiertoinen lattialämmitys tunnettiin rakentaja- ja rakennuttajapiireissä jokseenkin tavanomaisena ratkaisuna ja asunnonhankkijoille se oli tuttu miellyttävänä lämmönjakotapana.

5.2.4 Suuret kiinteistökohteet

Suurten rakennusten kohdalla eri lämmönlähteiden suosion kehitys oli varsin vakaata koko 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen. Eri rakennustyypeistä kaukolämpö dominoi asuinkerrostaloissa ja palvelurakennuksissa 2000-luvun alussa. Uuden vuosituhannen ensimmäisen vuosikymmenen lopulla asuinkerrostaloista noin 90 % ja palvelurakennuksista noin 70 % hyödynsi kaukolämpöä (Tilastokeskus 2014). Muista suurista rakennuksista teollisuusrakennukset lämpenivät vuonna 2010 pääosin öljyllä (n. 40 %) kaukolämmön (n. 30 %) ja sähkön (n. 25 %) ollen osuksiltaan seuraavia. Erilaisilla lämpöpumpuilla tuotettu lämpöenergia on kaikissa suurissa kiinteistötyypeissä 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä hyvin vähäisesti hyödynnetty vaihtoehto. Suurimpana syynä perinteisten lämmitysratkaisujen suosioon oli niiden helppo sovellettavuus ja kaukolämmön osalta ainakin useimmissa kaupungeissa myös taloudellisuus.

Vielä 2000-luvun alkupuolella suurissa kiinteistöissä periaatteena oli, että jos kaukolämpöä oli kiinteistöön tarjolla, niin se valittiin (R15). Tämän vaihtoehdon puuttuessa valintana oli öljy, puu tai puuhake sekä vähitellen 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen puolesta välistä alkaen myös geoenergia (HS42, HS43). Kaukolämmön ja öljyn hintojen noustessa ja näköpiirissä olevien hintasuhteiden ennustaessa hintojen nousun jatkuvan myös tulevaisuudessa, alkoivat suurten kiinteistöjen omistajat vuosikymmenen edetessä kiinnittää aiempaa enemmän huomiota kiinteistöjen energiakuluihin ja tavanomaisille ratkaisuille tarjolla oleviin vaihtoehtoihin (R7, R10, N2, N3). Joidenkin toimijoiden kohdalla myös lämmitysratkaisun ympäristöystävällisyyden merkitys valintapäätökseen vaikuttavana tekijänä kasvoi (R9, R11). Uusi vaihtoehto kaukolämmölle oli maalämpö, jonka suosio ja luotettavuus pientaloissa oli tehnyt siitä uskottavan vaihtoehdon otettavaksi mukaan myös suurempien kohteiden lämmitysvalintoja pohdittaessa

(A49, A55, A56, A58). Geoenergia oli kiinnostava vaihtoehto etenkin kohteissa, joissa oli tarvetta myös viilennykselle. Viilennystä vaativissa kohteissa vähäistä huomiota saivat myös maalämpöä passiivisesti hyödyntävät järjestelmät (A44). Viilennyksen tullessa enenevästi vakioratkaisuksi uusissa toimitiloissa, suurimpien kaupunkien energiayritykset kiinnostuivat kasvavasta markkinasta. Tuotteena oli toimintaperiaatteeltaan kaukolämmön kaltainen kaukojäähdytys (tai kaukokylmä), jossa jäähdytysenergia tuotetaan kiinteistöön jakeluverkostoa pitkin. Ensimmäisinä liikkeellä olivat Helsingin Energia (nyk. Helen Oy), joka aloitti kaukojäähdytysliiketoiminnan vuonna 1998 (Mäki 2012, 33) ja Turku Energia, joka käynnisti toiminnan vuonna 2000 (R12). Kaukojäähdytys yleistyi 2000-luvun edetessä melko hitaasti, Helsingissä ja Turussa verkostoja laajennettiin muutamilla kilometreillä vuosittain. Vuonna 2015 kaukokylmää oli Suomessa tarjolla kahdeksalla paikkakunnalla ja Suomen eri kaukojäähdytysverkostojen yhteispituus oli noin 110 km (Energiateollisuus 2016). Kaukokylmäverkosto on hyvin suppea verrattuna kaukolämmön jakeluverkostoon. Suomen kaikkien kaukolämpöverkostojen kokonaispituus vuonna 2015 oli noin 14 600 km (Energiateollisuus 2016b).

Suurissa kiinteistökohteissa uusien, aiemmin vähän hyödynnettyjen, lämmitysratkaisujen ongelmana on niiden hyödyntämiseen sisältyvä epävarmuus. Kerrostalojen ja erilaisten toimitilojen käyttäjät edellyttävät tasaisia olosuhteita ja rakentajan on helpoin taata nämä tukeutumalla johonkin tuttuun tekniikkaan ja toimintatapaan. Etenkin erilaisten toimitilojen osalta tilannetta mutkistaa se, että ne ovat tyypillisesti yksilöitä joissa energiantarve ja kulutus rakenne vaihtelevat kiinteistöstä toiseen (R10, R11, N7). Kaukolämmöllä tai öljyllä energiaratkaisun tekeminen kaikenlaisiin rakennuksiin on suhteellisen helppoa, näistä kun riittää lämmitystehoa olosuhteiden muuttuessa. Geoenergian tai erilaisten useita lämmitysratkaisuja yhdessä hyödyntävien hybridiratkaisujen osalta tilanne on hankalampi, kun kiinteistön energiantarve ja muut ominaisuudet pitää tuntea hyvin tarkkaan ennen kuin oikeanlaisen ratkaisun kykenee suunnittelemaan. 2000-luvun alussa muiden kuin kaukolämpöön tai öljyyn nojaavien ratkaisujen hyödyntäminen oli tietynlainen riski. Suurien kohteiden kohdalla vähäininkin epävarmuus jonkin tekniikan toimivuudesta voi vaikuttaa uuden toimintatavan omaksumiseen (R6).

Siinä missä pienessä rakennushankkeessa päätöksenteko erilaisista rakentamisen valinnoista tehdään yhden tai kahden henkilön toimesta, suurissa rakentamishankkeissa ja rakennusyhtiöissä päätöksentekijöitä on useita ja päätöksiä tehdään ketjumaisesti useassa vaiheessa. Jokaisella peräkkäin olevassa vaiheessa arvioidaan aiemmin esitetyt ideat ja uusia päätöksiä voidaan tehdä (N8). Tällöin radikaalit, hankalat, vieraat tai kovin työläiltä tuntuvat ideat voivat jäädä toteutumatta. Kun uusi tekniikka ei sellaisenaan solahda osaksi rakennusprojektin to-

teuttamisen tavanomaista kokonaisuutta, voidaan se tulkita sujuvaa rakentamista hankaloittavana tekijänä ja jättää näin toteuttamatta. Esimerkiksi asuntoja rakentavalla rakennusyhtiöllä on hyvin korkea kynnys kokeilla myytävissä asunnoissa mitään huonosti tunnettua ratkaisua, koska tekninen epäonnistuminen tai rakennushankkeen myöhästyminen sovitusta voisi saattaa yrityksen tulevatkin projektit epäilyttävään valoon asiakkaiden mielikuvissa (R4, R6). Pioneerina oleminen sisältää riskejä, jotka voivat osoittautua yritykselle kohtalokkaaksi (Olleros 1986). Myös totutut toimitusketjut rakennusprosesseissa ja tietynlainen lukkiutuminen niihin selittää miksi uutta ei kaikissa tapauksissa haluttu tai pystytty kokeilemaan.

Suurten rakennus- tai kiinteistöyhtiöiden ollessa kyseessä keskeinen valinta-argumentti on usein rakennusaikainen taloudellisuus. Rakennus on syytä saada tuottavaan käyttöön tai valmiiksi ja myytyä mahdollisimman edullisesti ja nopeasti (R4, R6, N9). Ammattimaisilla kiinteistösijoittajilla investoinnin tuottojen ja kulujen tarkastelu-aika voi myös olla lyhyempi kuin omaan käyttöön rakentaneilla tai pitkäaikaisilla omistajilla. Aika, jonka yli kiinteistöinvestoinnin tuottavuutta tyypillisesti tarkastellaan, on harvoin edes kymmentä vuotta (R9). Näin lyhyellä aikajänteellä geoenergiaan, tai mihin tahansa totutusta poikkeavaan energiaratkaisuun tehdyt investoinnit eivät välttämättä näyttäytyä tuottavina (R15, N10). Tällöin rakentamisessa kalliimmat tai suunnittelultaan vaativammat ja enemmän aikaa vievät energiaratkaisut voivat jäädä valitsematta, vaikka niiden hyödyntäminen voisi tuoda pidemmällä aikavälillä säästöjä rakennuksen energiakuluissa.

Viimeksi mainittuun tekijään voi liittyä myös kiinteistöjen omistajien huono ymmärrys energiainvestointien tuottavuudesta yleisesti. Muutamat tämän tutkimuksen tiedonkeruun yhteydessä haastatellut asiantuntijat (R4, R7, R10, R11, N9) arvelivat, että kaikki kiinteistöalan toimijat eivät välttämättä täysin tiedosta, että rakennusten energiakulujen laskeminen on usein paljon helpompaa kuin vuokrien nostaminen. Tehokkaat energiatehokkuusinvestoinnit (esim. lisäeristäminen ja energiaratkaisun vaihto) voivat suotuisimmissa kohteissa maksaa itsensä takaisin parissa vuodessa ja tuottaa sen jälkeen puhdasta voittoa. Joidenkin toimijoiden kohdalla 2010-luvun vaihteen vaikea taloudellinen tilanne ja kiristynyt budjetointi saattoi ehkäistä erilaisia energiatehokkuusinvestointeja. Etenkin julkisissa kohteissa taloudellisesti kireinä aikoina investointibudjettien kokoaminen voi olla hyvinkin hankalaa, kun taas kulubudjetin välttämättöminä pidettyihin menoihin rahaa yleensä löytyy. Näin käyttökuluiltaan kallis energiaratkaisu voi säilyä rakennuksen energiaratkaisuna kun sen vaihtamiseen vaadittavaan investointiin ei saada varoja järjestymään.

Suurten kiinteistösijoittajien energiavalinnoissa ympäristöystävällisyys on tullut enenevästi näkyviin erilaisten ympäristösertifikaattien kautta. Yhä tavallisemmin kiinteistöjä hankkivat tai niistä tiloja vuokraavat yritykset – etenkin kan-

sainvälisesti toimivat yritykset – edellyttävät rakennuksen täyttävän jonkin yleisesti hyödynnetyn ympäristösertifikaatin ehdot. Sertifikaatti voi olla myös edellytys rakennettavan rakennuksen rahoituksen saamiselle kansainvälisiltä rahoitusmarkkinoilta (R8). Sertifikaateista laajimmin hyödynnetty on LEED⁶². Sertifiointissa tarkastellaan useita erilaisia rakennuksen ympäristöystävällisyyden mittareita ja hyödynnetty energiamuoto on niistä yksi. Kiinteistöjen erilaisista energiavaihtoehdoista LEED -sertifiointin näkökulmasta hyviä ovat erilaiset uusiutuvia energiamuotoja hyödyntävät ratkaisut sekä kaukolämpö.

5.2.5 Energia-alan tutkimus, edunvalvonta ja tiedottaminen

Päästövähennys- ja uusiutuvien energiamuotojen lisäystavoitteet vilkastuttivat puhdasta energiantuotantoa tarkastelevaa tutkimustoimintaa 1990-luvun loppupuolelta alkaen. Keskeisiä tehtyä tutkimusta rahoittaneita tahoja olivat Tekes ja KTM. Tehdyissä haastatteluissa merkittävimpana yksittäisenä hankkeena lämpöpumppujen kehityksen näkökulmasta mainittiin useasti pääosin KTM:n rahoittama, 1990-luvun loppupuolella toteutettu RAKET-ohjelma (N2, N3, N6, N7). Ohjelman puitteissa toteutetuissa hankkeissa tarkasteltiin rakennusten energiankulutusta ja mahdollisuuksia vaikuttaa energiatehokkuuden parantamiseen. Hankkeissa oli mukana myös lämpöpumppuaiheista tutkimusta. Toteutetuissa lämpöpumppuja käsitelleissä tutkimuksissa hahmoteltiin asennuskonsepteja erilaisissa kiinteistötyypeissä, tarkasteltiin energiakentän mitoitukseen liittyviä teemoja eri laatuissa lämmönlähteissä (vesistö, maa ja kallio) sekä kehitettiin uusia maa-lämpöpumppumalleja.

2000-luvulle tultaessa energia-aiheita käsittelevä tutkimus vilkastui entisestään, joskaan lämpöpumppujen tutkimuksen rahoituksessa tämä ei merkittävästi näkynyt. Tutkimusrahoitus seurasi energiapolitiikan päälinjoja ja keskeinen huomio oli tavoissa vähentää energiantuotannosta aiheutuvia päästöjä olemassa olevan energiantuotantorakenteen puitteissa. Hajautettujen energiaratkaisujen ja niiden joukossa lämpöpumppututkimus oli yksittäisten hankkeiden varassa kuten aiemminkin. Näissä hankkeissa tarkasteltiin tavallisimmin lämpöpumppujen hyödyntämisen mahdollisuuksia ja edellytyksiä suurissa kiinteistökohteissa. Keskeisiä tutkimustahoja olivat TTKK, VTT ja vuodesta 2007 alkaen myös Geologian tutkimuskeskus GTK, joka otti tuolloin geoenergian hyödyntämiseen liittyvän toiminnan ohjelmaansa. 2000-luvun toisen vuosikymmenen alussa GTK toteutti Suomen geoenergiapotentiaalin tarkastelun. Laaditussa valtakunnallisessa geo-

⁶² Leadership in Energy and Environmental Design, <http://www.usgbc.org/leed>

energian potentiaalikärtässä kuvataan Suomen kallioperää geoenergian hyödyntämisosuhteiden näkökulmasta. Laaditut potentiaalikärtat auttavat tunnistamaan alueita, joilla geoenergian hyödyntäminen on erityisen edullista. Tieto on suunnattu erityisesti maanomistajille ja kaavoitusviranomaisille, jotka voivat hyödyntää tietoja pohdittaessa tulevaa rakentamista ja mahdollisten geoenergiakenttien paikkoja (N5, A90). Potentiaalikärttoja on laadittu eri mittakaavoissa, valtakunnallinen kartta on mittakaavassa 1:1 000 000⁶³, pienin laadittu taso on korttelikohtainen, 1:10 000 kartoitus. Ensimmäinen korttelikohtainen arvio on tehty vuonna 2015 Espoon Otaniemen alueesta (Jalovaara 2016, 9). Vastaavia kartoituksia on sittemmin tehty myös Turussa, Oulussa sekä Tampereen ja Kymenlaakson seuduilla (Saarikko 2017, 8).

Lämpöpumppuihin liittyvä opetus erilaisissa julkisissa oppilaitoksissa oli 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä edelleen vähäistä. TTKK:n ohella opetusta toteutettiin jonkin verran myös muualla, teknillisissä yliopistoissa ja ammattikorkeakouluissa aihetta tuli usein käsiteltyä osana kylmäteknikkaa (N4, N6). Ammattikorkeakouluista aktiivisimpia aiheessa oltiin Rovaniemellä, jossa oppilaitoksen yhteyteen perustettiin kylmäteknikan ja lämpöpumppujen testauslaitos vuonna 1997 (N7, A45). Tyypillistä oli, että toteutetut tutkimushankkeet poikivat pienellä viiveellä uusien tutkimusaiheiden ohella myös lämpöpumppujen näkymistä opetuksessa. Varsinaista ”kvanttihyppyä” ei alan opetuksessa kuitenkaan tapahtunut ja valtaosin lämpöpumppuuala koulutti ja kouluttaa yhä asentajansa omatoimisesti (N1, N6). Lämpöpumppujen asennus- ja huoltohenkilöt ovat tyypillisesti lvi-alan peruskoulutuksen saaneita henkilöitä, jotka ovat työtä tehdessään suuntautuneet lämpöpumppuihin. Erikoistunutta koulutusta tarvittaisiin, koska käytössä oleva lämpöpumppukanta on jo varsin suuri (N10).

Lämpöpumppualan edunvalvontaa ja yhteistoimintaa edistämään perustettiin vuonna 1998 Suomen lämpöpumppuyhdistys (SULPU ry). Varsinaisesti yhdistyksen toiminta alkoi tästä seuraavana vuonna (N1, N2, N3). Yhdistyksen jäseniksi tuli lämpöpumppujen valmistajia, maahantuojia, asentajia ja porakaivoyrittäjiä. SULPUn perustamisen myötä lämpöpumppuuala sai aiempaa paremmin äänensä kuuluviin ja kykeni yhdellä äänellä vastaamaan energia-alan vakiintuneiden etujärjestöjen argumentteihin, joskin näihin verrattuna melko vaatimattomin lihaksin. Ohuesta organisaatiosta huolimatta järjestö on onnistunut vaikuttamaan rakentamisen ja korjaamisen säädöstyöhön. Ilman lobbaamistyötä voimaan olisi saattanut astua säädöksiä, jotka olisivat estäneet lämpöpumppujen käytön joissain kiinteistökohteissa (N1). Lämpöpumppualan yhteistyötä ja kehittymistä tukevana

⁶³ Geoenergian potentiaalikärttä verkossa: <http://gtkdata.gtk.fi/maankamara>

rakenteena SULPUn olemassaolo on myös mahdollistanut aiempaa laajemman osallistumisen erilaisiin tutkimushankkeisiin partnerina sekä kanavan, jolla alan ulkomainen tietotaito saadaan aiempaa paremmin siirrettyä suomalaisten toimijoiden tietoon. Tärkeä on ollut myös SULPUn asiantuntijarooli erilaisissa lämpöpumppuja koskevissa uutisraporteissa ja julkisessa keskustelussa (N7). Alan koottua näkemystä edustava tietyllä lailla neutraali yhdistyksen edustaja on mediassa uskottavampi ja saa paremmin viestinsä läpi kuin jonkin yksittäisen lämpöpumppualan yrityksen edustaja. Potentiaalisten geoenergian hyödyntäjien kannalta arvokasta tietoa on ollut myös lista yhdistykseen kuuluvista toimijoista. SULPUn jäsenyys toimii eräänlaisena takuuna toimijan luotettavuudesta.

Yksi energiatehokkuuden parantamisen ja uusituvan energian laajemman hyödyntämisen edistämisen kannalta merkittävä toimija Suomessa on 1990-luvulta alkaen ollut Energiansäästön palvelukeskus (myöh. Motiva). Motiva perustettiin vuonna 1993 välittämään tietoa ja kannustamaan yhteiskunnan eri toimijoita energiansäästöön. Muutamaa vuotta myöhemmin mukaan tuli myös uusiutuvan energian hyödyntämisestä tiedottaminen ja siihen kannustaminen. Erilaisten Motivan yhdessä SULPUn kanssa tuottamien tiedotusaineistojen ja kampanjojen vaikutus lämpöpumppumarkkinoiden kasvuun on etenkin vuosituhannen vaihteen tienoilla, jolloin lämpöpumput olivat rakentajille tuntemattomia, ollut merkittävä. Positiivinen vaikutus on ollut myös Motivan sivulta löytyvän sertifioitujen asentajien listauksella (N10). Oma, voittopuolisesti positiivinen merkityksensä geoenergiasta tietämisen kasvuun lienee ollut myös Internetin yleistymisellä. Verrattuna edellisen vuosikymmenen tilanteeseen oli tiedon saanti erilaisista tarjolla olevista kiinteistöjen energiaratkaisujen vaihtoehdoista ja niiden hyödyntämisestä helpottunut. Internet mahdollisti erilaisista energiaratkaisuista kiinnostuneille aiempaa laajemmat mahdollisuudet etsiä itse tietoa, saada vertaistietoa ja vaihtaa näkemyksiä tarjolla olevien energiaratkaisujen ominaisuuksista. Aivan uusia kanavia olivat 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen loppupuoliskolla suosituksi nousseet lämpöpumppuihin keskittyvät keskustelufoorumit⁶⁴ (Hyysalo et al. 2013b, 26; Hyysalo et al. 2018), joilla erilaisista lämmitysratkaisuista pystyi saamaan monipuolista vertaistietoa ja vaihtamaan käyttökokemuksia. Parantuneilla tiedonsaantimahdollisuuksilla ja vertaistiedolla oli merkitystä erityisesti pientalorakentajille (N7, N10, N11, N12).

⁶⁴ www.lampopumput.info, www.maalampofoorumi.fi

5.3 Geoenergia niche-innovaationa

Tässä alaluvussa käsitellään geoenergian hyödyntämiseen välittömästi liittyviä tekijöitä 2000-luvun alusta lähes tämän tutkimuksen valmistumishetkeen, ts. vuoteen 2018 asti. Pientalojen osalta tässä luvussa havainnollistuu kuinka geoenergian niche kypsyy ja murtautuu uudisrakentamisessa osaksi vakiintuneiden vaihtoehtojen joukkoa. Suurten kohteiden osalta taas näkyy kuinka ymmärrys geoenergiasta sekä alan toimijoiden osaaminen näillä markkinoilla alkaa vähitellen kehittyä ja geonenergia alkaa vähitellen näyttäytyä yhtenä mahdollisena vaihtoehtona kiinteistöjen lämmitysratkaisujen markkinoilla.

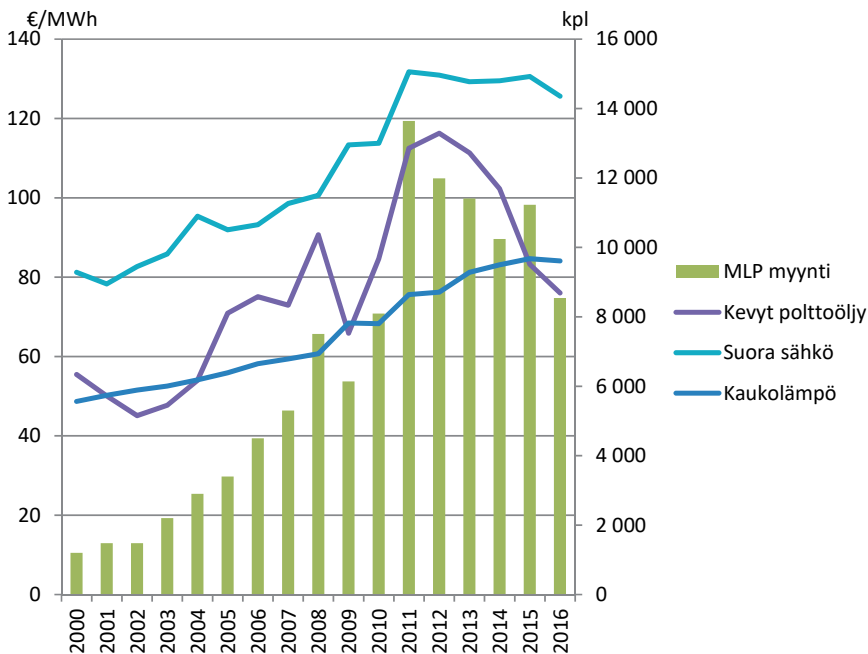
5.3.1 Geoenergian hyödyntäminen Suomessa

Laskevat fossiilisten polttoaineiden hinnat ja kaukolämpöverkostojen voimakas laajeneminen leimasivat kiinteistöjen energiamarkkinoita 1980-luvun loppupuolella ja 1990-luvun alussa. Maalämpö oli 1980-luvun puolesta välistä ollut lähes unohdettu, huonosti tunnettu (HS1, HS2, HS4) energiantuotantojärjestelmä ja se vähä maine mikä sillä kuluttajien keskuudessa oli, oli usein huono (A29, N1, N2, N3, HS5). 1990-luvun alkupuolella maalämpöä pidettiin monien lämmitysasioita tuntevien keskuudessa lähinnä energiakriisien ajan yritelmänä, jonka kehitys oli jäänyt 1980-luvulle (A34). 1980-luvun puolivälistä lukien seuraavaan noin vuosikymmenen ajan uusia maalämpöjärjestelmiä myytiin Suomessa vuosittain vain joitain kymmeniä (A42). Maalämpölaitteistojen kauppa alkoi vähitellen vilkastua 1990-luvun jälkimmäisellä puoliskolla, joskin maalämpöalan pienuus ja yrittäjien vähäinen määrä aluksi hidastivat potentiaalisten asiakkaiden keskuudessa virinneen kiinnostuksen muuttumista kaupoiksi (N2, N3). Vaikka tekniikka ja sen tarjoamat mahdollisuudet kiinnostivat, maalämpö ei monille rakentajille vaikuttanut uskottavalta, koska sitä hyödynnettiin niin vähäisesti.

Ensimmäisenä tulevaa menestystä ennakoivana vuotena voi pitää vuotta 1996, jolloin maalämpöjärjestelmien myyntiluvut pitkän hiljaiselon jälkeen nousevat. Vuosituhannen vaihteessa laitteistojen vuotuinen myynti oli jo noin 1500 kappaletta. Suhteellisesti tämä tarkoitti että tuolloin noin joka kymmenes uuden omakotitalon rakentaja valitsi maalämmön pääasialliseksi lämmönlähteeksi (A43, HS6). Geoenergiaa hyödynsivät 2000-luvun alussa erityisesti suuret, pinta-alaltaan yli 200 neliömetrin uudet omakotitalotalot (N10), tällaisista taloista jo noin neljännes valitsi maalämmön vuonna 2003 (HS18). Vuoteen 2000 tullessa asennettujen järjestelmien kokonaismäärä oli Suomessa kaikkiaan noin 14 000 kappaletta. Näistä valtaosassa (n. 70 %) lämmönkeruupiiri oli maanpinnassa, noin 20 % hyödynsi vesistöjen lämpöenergiaa ja noin 10 % asennetuista järjestelmistä hyödynsi maahan porattuja lämpökaivoja (Kukkonen 2002, 277–278).

Kallioon poratut energiakaivot olivat 2000-luvulle tullessa yleistymässä ja pian ne olivat ylivoimaisesti tavallisin energiankeruutapa uusissa maalämpöjärjestelmissä. Vuonna 2017 yli 90 % uusista geoenergiakohteista lämmönkeruutapana oli lämpökaivo (N10).

Maalämpöjärjestelmien myynti lähti uuden vuosituhannen alkuvuosina voimakkaaseen nousuun. Kuva 29 osoittaa kuinka maalämpöjärjestelmien vuosittaiset myyntimäärät kehittyivät 2000-luvun alusta lukien. Kuvassa on näkyvillä myös tärkeimpien kiinteistöjen lämmitysmuotojen hintakehitys. Vasen pystyakseli kuvaa energianhintaa (€/MWh) ja oikea vuosittain myytyjen maalämpöpumppujen määrää. Kuvasta havaitaan kuinka geoenergiajärjestelmien suosio ja geoenergialle vaihtoehtoisten energialähteiden hintojen nousu ovat suhteessa toisiinsa. Kuten aiemmankin tarkastelujakson kohdalla, myös 2000-luvulla lämmitysöljyn hintakehityksellä ja geoenergian suosiolla vaikuttaisi olevan tiivis yhteys.



Kuvio 29. Maalämpöpumppujen vuotuiset myyntimäärät suhteutettuna tärkeimpien lämmitysmuotojen reaalihintoihin 2000–2016. Tilastolähde Tilastokeskus (2018).

Maalämpöpumppujen vuotuiset myyntimäärät kasvoivat voimakkaasti vuodesta 2003 aina vuoteen 2011 asti. Huippuvuonna 2011 suomalaisiin kiinteistöihin asennettiin yli 13 000 maalämpöpumppua. Tätä seuraavina vuosina myynti alkoi

vähitellen laskea, kahtena seuraavana vuonna uusien laitteiden myyntimäärät olivat noin 12 000 ja 11 000 kappaletta (Tilastokeskus 2018). Syitä maalämpöpumppujen markkinan vähittäiselle jäähtymiselle ovat olleet pientalorakentamisen määrän vähentyminen, talouskriisin kaikkkeen kuluttamiseen heijastuvat vaikutukset sekä lämmitystapamuutoksiin saatavilla olevien tukien päättyminen (N2, N3, A83). Aivan viime vuosina maalämpöpumppujen myyntimäärien laskuun huippuvuosista on vaikuttanut myös ilma-vesilämpöpumpuissa ja poistoilmalämpöpumpuissa tapahtunut voimakas kehitys, jonka myötä nämä lämpöpumput ovat tulleet varteenotettavaksi vaihtoehdoksi ensisijaiseksi lämmitysjärjestelmäksi pienimmissä kiinteistöissä (N9, N10).

Kuten aiemmin on jo mainittu, tehtiin valtaosa geoenergiajärjestelmien asennuksista 2000-luvun alussa pientaloihin. Maalämmön suosio kasvaa vuosikymmenen edetessä sikäli vauhdilla, että uusien pientalojen kohdalla geoenergia murtautuu muutamassa vuodessa vähäisesti hyödynnetystä nichetuotteesta vakiintuneeksi energiaratkaisuksi. Näin voidaan sanoa tapahtuneen viimeistään vuoden 2011 tienoilla, jolloin noin puolet uusien pientalojen rakentajista valitsi talonsa pääasialliseksi lämmitysmuodoksi geoenergian (Motiva 2012, 2). Geoenergian suosio on uusissa pientaloissa säilynyt yli 50 % tasolla tämän tutkimuksen valmistumisajankohtaan asti (N10).

Keskeisenä syynä geoenergian 2000-luvun alusta käynnistyneeseen menestykseen oli vuosikymmenten kuluessa tapahtunut laitteistojen kehitystyö jonka myötä ne olivat tulleet aiempaa tehokkaammiksi ja luotettavammiksi (N1, N2, N3, N9, N10). Verrattuna 1970- ja 1980-luvun vaihteen laitteisiin parannuksia oli tapahtunut myös käytettävyydessä, ohjausautomaatiikassa ja lämpimän käyttöveden valmistuksessa (A35, A40). Lisäksi uusien laitteistojen koko oli selvästi aiempia laitteita pienempi. Siinä missä 1970- ja 1980-lukujen vaihteen laitteistot vaativat erillisen huoneen, saattoi 2000-luvun maalämpöpumpun sovittaa pieneen komeroon (N12). Erittäin tärkeä eroavaisuus uusien ja vanhojen geoenergiakoonpanojen välillä oli energiankeruutavan muuttuminen maan pintaan sijoitettuihin energiankeruupiireistä kallioon porattuihin energiakaivoihin. Energiakaivojen myötä geoenergiajärjestelmien energiantuotanto oli aiempaa helpompi taata eikä energiankeruu tuottanut enää samalla lailla ongelma kuin aiempien vuosikymmenten pinta-asennuksissa. 2000-luvun edetessä uusina ominaisuuksina geoenergiajärjestelmiin tulivat järjestelmien etäseuranta- ja etäkäyttömahdollisuudet. Etäseurannan myötä on tullut mahdolliseksi kerätä täsmällistä tietoa järjestelmän ja siihen liittyvän energiakentän toiminnasta ja saada järjestelmän seuranta, hallinta ja huolto aiempaa laadukkaammaksi ja kustannustehokkaammaksi (R7, N9, N10).

5.3.2 *Markkinoiden rakentuminen ja geoenergian tunnettuus*

Lämpöpumppujen ja sen myötä myös maalämpöpumppujen hyödyntäminen kiinteistöjen lämmönsäätelyssä alkoi pitkän hiljaiselon jälkeen kiinnostaa 1990-luvun puolivälissä. Pientalojen rakentajien kiinnostus lämpöpumppuihin käynnistyi ilmalämpöpumpuista, joiden yleistymisessä merkittävänä tekijänä oli laitteiden pääsy suuren valtakunnallisen kauppaliikkeen tuotevalikoimaan. IVT-merkkisten laitteiden maahantuoja sai 1990-luvun puolen välin tienoilla neuvoteltua edustamansa ilmalämpöpumput myytäväksi Keskon jakelukanaviin. Kiinteistön omistajien kiinnostus heräsi melko nopeasti ja kymmenessä vuodessa ilmalämpöpumppujen vuotuiset myyntimäärät nousivat muutamasta sadasta 50 000:een (SULPU 2018). Ilmalämpöpumppujen menestys teki lämpöpumpputekniikkaa tunnetuksi ja lisäsi kiinnostusta myös maalämpöpumppuja kohtaan (N1, N2, N3).

Ostava yleisö tunsikin ennen vuosituhaten vaihdetta ja uuden vuosituhaten alkuvuosina maalämpöä varsin huonosti. Harvat 1990-luvun puolivälin tienoilla julkaistut geoenergiaa käsitelleet artikkelit (A29–A39, HS2) olivat suhtautumisessaan kuitenkin varsin positiivisia. Teksteissä kuvattiin kuinka laitteistot olivat kehittyneet vuosikymmenen takaisesta ja miten maalämpöpumppu on hyvä tapa tuottaa ympäristöystävällistä energiaa. Vuosituhannen vaihteen tienoilla geoenergia sai näkyvyyttä Keskon julkaisemissa laajalevikkisissä Pirkka ja Asu Hyvin -lehdissä. 2000-luvun edetessä uudet lämmittämisen tavat ja niiden kasvava suosio poikivat erilaisille lämpöpumpuille näkyvyyttä myös muissa aikakaus- ja sanomalehdissä. Maalämpöä koskeva kirjoittelu aikakaus- ja sanomalehdissä vilkastui toden teolla 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen loppupuolella. Tältä ajalta eri hakupalveluista ja HS:n arkistoista löytyy vuosittain yhteensä joitain kymmeniä maalämpöä käsitteleviä artikkeleita. Huippuvuosia molempien artikkelityyppien osalta ovat vuodet 2008 ja 2009. 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä julkaistuista aikakauslehtiartikkeleista jokseenkin kaikissa suhtautuminen geoenergiaan on positiivinen (A41-43, A45-50, A53-A60), sanomalehtiartikkeleissakin selvä enemmistö artikkeleista viestii maalämmöstä hyväksyvään sävyyn (HS1-50, Heiskanen et al. 2014, 287). Vähäinen HS:ssa esiintyvä kritiikki nousee muutamista yleisönosastokirjoituksista (HS9, HS15, HS22), joissa maalämpö nähdään lähinnä sähkölämmityksen muotona jota ei olisi syytä suosia. Kriittisiin kirjoituksiin vastattiin tavallisesti samalla palstalla pyrkimällä kumoamaan esitetyt argumentit vetoamalla maalämmön pitkällä aikavälillä tuottamiin kustannussäästöihin ja päästövähennyksiin (HS10, HS11, HS16, HS17).

Positiiviseen suhtautumiseen saattoi vaikuttaa se, että lämpöpumput tulivat 2000-luvun alussa suuren yleisön tietoisuuteen jossain määrin uutena asiana. Monet pientalorakentajat eivät olleet tietoisia maalämpöpumppuja 1970- ja 1980-lukujen vaihteen jälkeen leimanneesta huonosta maineesta vaan pystyivät arvi-

oimaan tekniikkaa ilman tätä menneisyyden painolastia. Laitteistojen markkinoinnissa menneisyyteen viitattiin vain korostamalla laitteistojen suorituskykyä ja luotettavuutta verrattuna aiempaan, mutta muutoin markkinoinnissa tai maalämpöä käsittelevissä artikkeleissa ei alan menneisyyteen tavallisesti viitattu. Markkinoinnissa keskeisinä käytetyt argumentit painottivat ajankohtana pinnalla olleita teemoja: energiansäästöä, ympäristöystävällisyyttä, energiakulujen ennustettavuutta ja omavaraisuutta (N1, N2, N3, N4, N9, HS18).

Käyttökulujen edullisuus korostui, sillä maalämpö oli koko uuden tulemisensa ajan hankintahinnaltaan kallein tarjolla olleista tavanomaisista lämmitysratkaisuista (HS7, HS12). Hankintahinnaltaan selvästi edullisin lämmitysvaihtoehtopientalorakentajalle oli suora sähkölämmitys. Keskenään jokseenkin samanhintaisia olivat vesikiertoinen varaava sähkölämmitys, kaukolämpö (jos sitä oli tarjolla) ja öljylämmitys. Vuonna 2000 näiden energiamuotojen hankintahinnat omakotitaloon olivat seuraavat: suora sähkölämmitys 25 000 markkaa, vesikiertoinen sähkölämmitys 66 000 mk, kaukolämmitys (Helsingissä) noin 50 000 mk, öljylämmitys 76 000 mk ja maalämpöpumppu lämmönkeruutavasta riippuen 94 000 – 124 000 mk (HS7). Kallioon porattava lämpökaivo oli tuolloin selvästi lähelle maanpintaa asennettavaa lämmönkeruuputkistoa kalliimpi.

Informatiivisten lämpöpumppuja uutena lämmittämisen ja viilentämisen teknologiana esittelevien juttujen ohella näkyvyyttä lämpöpumpuille tuli 2000-luvun alussa kun lehtien palstoilta pystyi seuraamaan muutamien maalämpöalan toimijoiden ja energia-alan vakiintuneiden tahojen välistä kiistelyä maalämmön markkinoinnissa käytettyjen myyntiargumenttien kelvollisuudesta. Eniten huomiota saaneessa tapauksessa vastakkain olivat IVT-lämpöpumppujen maahantuoja ja öljyala. Maahantuoja mainosti edustamiaan tuotteita taloa remontoiville sloganilla: ”kanna öljykattilasi pihalle ja IVT sisälle - tee samalla ympäristöteko”. Toisessa julkisuudessa olleessa tapauksessa muutamien maalämpöalan toimijoiden markkinoinnissaan käyttämä termi ”ilmaisenergia”, jolla viitattiin maalämpöjärjestelmän tuottavan 3-4-kertaisen määrän energiaa rakennuksen lämmitykseen kuin mitä laitteiston käyttö kuluttaa, ja epäedulliseksi koettu vertailu suhteessa muihin lämmitysjärjestelmiin ärsyttivät vakiintuneita energia-alan toimijoita. Tapaukset päättyivät lämpöpumppualan toimijoiden tappioksi markkinaoikeuden ja kuluttajaviraston käsittelyissä, mutta tuomioista huolimatta prosessien nähtiin tuottaneen alalle hyötyjä. Maalämpöpumput saivat julkisuutta ja tuomioiden henki ymmärrettiin suuren yleisön keskuudessa voittopuolisesti siten, että vaikka alan toimijat olivatkin markkinoinnissaan tulleet käyttäneeksi epäasiallisia sanamuotoja, on maalämpö edullinen ja ympäristöystävällinen tapa lämmittää (N1, N2, N3, N4).

Markkinoiden rakentumista tukeva tekijä verrattuna paria vuosikymmentä aiempaan yritykseen oli maalämpötoimijoiden parantunut asiakaslähtöisyys. Sii-

nä missä aiempina vuosikymmeninä maalämpöä hankkinut pientalorakentaja joutui näkemään paljon vaivaa järjestelmän hankkimisessa, yleistyivät 2000-luvulla avaimet käteen -tyyppiset paketit. Muutamat valmistajat ja maahantuojat ryhtyivät rakentamaan konseptia, jossa erikoistuneet jälleenmyyjät pystyivät kokoamaan potentiaaliselle maalämpöasiakkaalle kaikki tai lähes kaikki geoenergian hyödyntämiseen tarvittavat laitteet ja palvelut yhdestä paikasta. Tällainen toimintatapa madalsi geoenergialaitteistojen hankkimiskynnystä ja toisaalta kannusti jälleenmyyjä myymään laitteita. Verrattuna perinteiseen, lvi-tukkukaupan kautta tapahtuvaan laitemyyntiin, suoran jakelutien strategia, jossa jälleenmyyjä asioi suoraan valmistajan tai maahantuojan kanssa mahdollisesti jälleenmyyjälle aiempaa suuremman osuuden syntyvästä myynnistä (N1, N10).

Maalämmöllä varustettuja taloja oli harvojen kotimaisten lämpöpumppualan yrittäjien toimesta esitelty asuntomessuilla säännöllisesti jo 1990-luvun puolen välin tienoilta alkaen ja nämä messutalot olivat energiaratkaisujensa ansiosta saaneet suhteellisen paljon huomiota. Vielä vuosituhannen vaihteessa ongelmana vain oli aika ajoin se, että messuyleisössä olleet potentiaaliset maalämpöjärjestelmien hankkijat saattoivat ihmetellä miten niin hyvänä markkinoitu tekniikka ei ole laajemmin hyödynnetty ja miksi alalla Suomessa toimii niin harvoja yrityksiä (N2, N3, N10). Tiedon vähittäinen lisääntyminen muutti näitä epäileviä asenteita selvästi suotuisemmaksi ja yleisön kiinnostuksen kasvu näkyi vuosituhannen vaihdetta seuraavina vuosina lämpöpumppualan toimijoille vilkastuneina kyselyinä messuilla ja kutsuina tulla esittelemään tuotteita ja niiden ominaisuuksia erilaisiin tapahtumiin. Yleisön kovaa tiedonhalua ja toisaalta helposti saatavilla olevan tiedon puutetta 2000-luvun alkuvuosina kuvaa, se, että lämpöpumppujen valmistajien ja maahantuojien järjestämät tapahtumat saattoivat kerätä muutaman tunnin tapahtumaan parhaimmillaan satoja henkilöitä (N4). Kiinnostus näkyi myös kuntien energianeuvontaan ja Motivan tietoon 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen kuluessa tulleissa tiedusteluissa. Yhteydenotoista ylivoimaisesti suurin osa koski maalämpöasioita, erityisesti kiinnosti öljylämmityksen vaihtaminen maalämpöön (N10). Yleisön suurin tiedonjano aiheesta tuli kuitenkin tyydytetyksi muutamassa vuodessa ja pian lämpöpumput arkipäiväistyivät tuotteena. Maalämpölaitteistojen yleistyessä ymmärrys energiamuodosta ja tieto tekniikan toimivuudesta kasvoivat ja markkinat alkoivat vetää ilman erityisiä markkinointitoimenpiteitä (N9).

Kiinnostava piirre geoenergiamarkkinoiden rakentumisessa ovat Internetin lämpöpumppuaiheiset keskustelufoorumit ja niiden merkitys. Kaksi suosituinta foorumia ovat www.maalampofoorumi.fi ja www.lampopumput.info. Näistä ensimmäinen, yksinomaan geoenergiaa käsittelevä keskustelupalsta käynnistyi vuonna 2004 ja jälkimmäinen, laajasti erilaisiin lämpöpumpputyyppeihin liittyvää keskustelua kokoava sivusto avautui vuonna 2006. Foorumeille syntyi niiden

perustamisen jälkeen varsin nopeasti aktiivinen kirjoittaja- ja lukijakuntansa ja ne vakiintuivat tärkeiksi tietolähteiksi lämpöpumpuista kiinnostuneille ja niiden hankintaa suunnitteleville (N11, N12). Foorumit tarjosivat tietoa lämpöpumpuhankinnan tueksi, vinkkejä eri valmistajien laitteiden käyttöön ja aktiivisemmille käyttäjille kohtaamispaikan, jossa oli mahdollista vaihtaa kokemuksia lämpöpumpuista, ideoita parannuksia tarjolla oleviin laitteistokokoonpanoihin ja jopa kehittää kokonaan uudenlaisia lämpöpumppuratkaisuja (Jalas et al. 2017, Heiskanen et al. 2014, Hyysalo et al. 2013, 2013b, Hyysalo et al. 2018). Keskustelupalstojen keskeisiä toimijoita olivat aktiiviset ja asiantuntevat vertaisasiantuntijat, joille käyttäjien oli esimerkiksi mahdollista antaa oma suunnitteilla oleva geoenergiaprojektinsa arvioitavaksi. Palstojen suhteellisen tiukka moderointi edesauttoi myös suosion kehittymistä (N11). Keskustelufoorumit olivat arvokkaita kaikille avoimia tietolähteitä etenkin geoenergian suosion kasvun alkuvuosina, jolloin tämä lämmitysmuoto oli monien siitä kiinnostuneiden parissa vielä verrattain huonosti tunnettu ja luotettava tiedonsaanti hankintapäätöksen tueksi tai laitteiston käyttöön liittyen oli muutoin hankalaa (N10, N11, N12). Foorumien suosioista kertovat niille kirjoitettujen viestien ja kirjoitusten lukukertojen määrät: vuoden 2018 alkuun mennessä yli 500 000 viestiä ja yli 200 miljoonaa lukukertaa⁶⁵. Vaikka vertaiskokemukset ja mahdollisuudet saada tietoa erilaisista lämpöpumpuista ovat ajan myötä parantuneet ja vaikka keskustelu on hajautunut aiempaa useampiin kanaviin kuten Facebookiin (N11), ovat foorumit säilyttäneet suosionsa.

Tietämyksen paranemiseen lämpöpumppujen hyödyntämismahdollisuuksista vaikutti myös edellisellä vuosikymmenellä tehty kotimainen tutkimus- ja kehitystyö. Merkittäviä olivat 1990-luvulla toteutetut Tekesin rahoittamat käytännönläheiset tutkimus- ja tuotekehitysohjelmat, joista muutamien osana tutkittiin lämpöpumppujen, ml. maalämpöpumppujen, hyödyntämismahdollisuuksia rakennusten energiahuollossa. Useissa lähteissä (N2, N3, N6, N7) ohjelmista tärkeimpänä geoenergian hyödyntämisedellytysten paranemisen kannalta pidettiin vuosina 1993–1998 käynnissä ollutta RAKET (Rakennusten energiakäyttö) -ohjelmaa. RAKET -ohjelman puitteissa useat keskeiset kotimaiset geoenergiaan liittyvää tutkimusta ja tuotekehitystä harjoittavat toimijat (mm. VTT, TTKK, IVO, Danfoss Oy ja Suomen Lämpöpumpputekniikka Oy) pyrkivät yhdessä kehittämään aiempaa parempia maalämpöjärjestelmiä ja maalämpöpumppuja. Laajojen oh-

⁶⁵ Foorumien käyttötilastoja: <http://lampopumput.info/foorumi/index.php?action=stats> ja <http://www.maalampofoorumi.fi/index.php?action=stats> (jälkimmäisestä tilastoja saatavilla vuodesta 2012 alkaen)

jelmien ohella Tekes on myös ollut osarahoittamassa geoenergia-alalla toimivien kotimaisten yritysten tuotekehittelyä.

5.3.3 *Geoenergia-alan toimijat ja toimijaverkostot*

1990-luvun puoliväliin tullessa Suomen maalämpömarkkinoilla toimi muutamia kotimaisia valmistajia. Markkinoilla tuolloin olleista yrityksistä suurimpia olivat Ekopak-tuotemerkin perinnettä jatkanut Ekowell Oy sekä Suomen Lämpöpump-putekniikka Oy, jonka tuotemerkinä oli Lämpöässä. Markkinoiden hiljaiselon aikana toimijat olivat vähä vähältä kehittäneet tuotteitaan ja markkinoiden kiinnostuksen jälleen kasvaessa vuosituhannen vaihteen lähestyessä yritykset pystyivät tarjoamaan asiakkaille aiempaan verrattuna toiminnallisesti ja taloudellisesti parempia laitteita. Pientalorakentajien kiinnostuessa maalämmöstä myös useat uudet toimijat havaitsivat mahdollisuuksia kasvavilla markkinoilla. Ennen vuosituhannen vaihdetta Suomen maalämpöpumppujen markkina oli pääosin kotimaisten valmistajien hallussa, mutta pian myös ulkomaalaisten valmistajien tuotteita alkoi tulla Suomen markkinoille, näistä suurimpina merkkeinä ruotsalaiset IVT ja markkinoilla jo 1970-luvulta alkaen ollut Thermia (N2, N9). Ulkomaalaisten valmistajien tulo Suomen markkinoille tapahtui tavallisimmin itsenäisten suomalaisten agenttien aktiivisuuden ansiosta. Joissain tapauksissa maahantuonti käynnistyi lämpökaivoja poraavien yritysten kautta, esimerkiksi Thermia kasvatti osuuttaan Suomen markkinoilla näin. Uuden vuosituhannen alkuvuosina syntyi myös uusia suomalaisia maalämpöpumppujen valmistajayrityksiä. Näistä merkittävimpiä olivat Gebwell Oy, Pohjolan Maalämpö Oy⁶⁶ ja Oilon Oy:n omistama Geopro Systems Oy. Uusien toimijoiden myötä tarjolla olleiden laitteiden ja tarjolla olevien palvelujen kirjo kasvoi. Asiakkaan kannalta etuna tässä oli aidon hintakilpailun syntyminen sekä erilaisiin käyttökohteisiin ja käytön profiileihin sopivien laitteiden tarjonnan kasvu (N1, N11, N12).

Verrattuna parin vuosikymmenen takaiseen tilanteeseen uusia keskeisiä toimijoita geoenergia-alalla olivat energiakaivojen poraajat ja etenkin suurten kohteiden kohdalla oleelliset insinööri- ja suunnittelutoimistot. Lukumäärältään vähäisiä, mutta kiinnostavia uusia toimijoita olivat erilaiset teolliset, pääasiallisesti muilla kuin energia-alalla toimivat yritykset. Esimerkkeinä tällaisesta Rautaruukki, jonka geoenergiaan liittyvänä tuotteena ovat rakennusten perustuspaalut, joiden sisään voi sijoittaa energiankeruuputkistot (N8, HS42). Perinteisistä energia-alan toimijoista IVO:n seuraaja Fortum otti geoenergian 2000-luvun ensim-

⁶⁶ Yritys ajautui konkurssiin vuonna 2009

mäisellä vuosikymmenellä jälleen valikoimiinsa. Fortum suunnitteli hyödyntävänsä geoenergiaa alueellisten lämpöverkkojen lämmönlähteenä alueilla joihin perinteistä kaukolämpöverkkoa ei kannattanut ulottaa (R15, A63, A64). Ensimmäinen toteutettu kohde oli Espoon Nupurinkartanon alue (A59). Suurista energiayhtiöistä myös vahvasti 2000-luvulla kasvanut St1 otti geoenergiaratkaisut osaksi tuote- ja palveluvalikoimaansa tytäryhtiönsä St1 Lähienergia Oy:n kautta vuosikymmenen loppupuolella. 2000-luvun toisella vuosikymmenellä St1 Lähienergia Oy on laajentanut palveluvalikoimaansa kattamaan myös geoenergiajärjestelmien operointipalvelut, jotka mahdollistavat suurille kiinteistökohteille kuten taloyhtiöille geoenergian hyödyntämisen ilman omaa investointia (N9).

Tärkeä osa toimijaverkoston muotoutumista ja lämpöpumppualan kypsymistä oli oman toimialajärjestön perustaminen. Muissa Pohjoismaissa oli lämpöpumppualaa edustavia järjestöjä ollut toiminnassa jo pitkään, mutta 1990-luvun loppupuoliskolla Suomesta puuttui tällainen taho. Lämpöpumppuihin liittyviä asioita ja osaamista oli Suomessa edistetty osana vakiintuneita lvi-alan rakenteita (N6), mutta näissä lämpöpumppuihin liittyvät teemat jäivät kuitenkin melko vähäiselle huomiolle. Muutamien alan keskeisten toimijoiden ja Motivan aloitteesta lämpöpumppualalle perustettiin vuonna 1998 oma toimialajärjestö, Suomen lämpöpumppuyhdistys (SULPU ry). Aiemmin luvussa 5.2.5 kuvattiin lyhyesti SULPUn merkitystä siinä miten lämpöpumppuala on pystynyt vaikuttamaan tekeillä olevaan lainsäädäntöön, tehtävään tutkimukseen ja käsityksiin lämpöpumpuista. Geoenergian loppukäyttäjille, rakennusten omistajille, yhdistyksen toiminta ei paljoakaan näy (R5, R7, R10, N4), mutta alan eri toimijoiden yhteistyötä, kehittämistyötä, oppimista ja tiedonvälittämistä palvelevana toimijana sillä on ollut tärkeä rooli alan kypsymisessä (N6). SULPU on välittänyt jäsenkunnalleen tietoa alaa koskevasta sääntelystä, jonka määrä on aiemmasta lisääntynyt selvästi 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen loppupuolella. Alan kannalta merkittäviä uusia säädöksiä ovat olleet mm. energiankeruujärjestelmissä kiertävän kylmäaineen käsittelyyn liittyvät ammattitaitovaatimukset sekä 1.5.2011 alkaen maalämpölaitteiston asentamiselta kiinteistöön edellytetty toimenpidelupa. Näiden toimien ohella SULPUlla on ollut merkitystä etenkin pientalorakentajien kokeman laadun takaamisessa. SULPUn toiminnassa on alusta asti panostettu koulutustoimintaan, erityisesti lämpöpumppuasentajien koulutukseen ja tuotu suomalaisille markkinoille sovellettavaksi erilaisia pumppujen ja asentajien sertifiointijärjestelmiä Keski-Euroopasta (N1). SULPUn ja lämpöpumppualan yritysten omat panostukset koulutustoimintaan ovat näkyneet laadukkaana asennustyön saataavuuden parantumisenä 2000-luvun edetessä. Lämpöpumppualan kypsymisestä kertoo se, että 2010-luvun edetessä lämpöpumppuja valmistavien tai maahan-tuovien yritysten ei ole enää tarvinnut huolehtia asennustyötä tekevien ammattilaisten saatavuudesta, vaan eri puolelta maata on löydetävissä asiansa osaavia asentajia (N4). Maalämmön kannalta tärkeä toimijajärjestö on ollut vuonna 1995

perustettu Suomen kaivonporausurakoitsijat ry (Poratek). Poratek oli mukana perustamassa SULPUa ja on ollut luomassa hyviä käytänteitä energiakaivojen poraukseen sekä tuottanut alaan liittyvää koulutusta.

5.3.4 Geoenergian hyödyntämiseen liittyviä ongelmia pienissä kiinteistökohteissa

Geoenergian suosion huima kasvu Suomessa 2000-luvun alkuvuosina ei tapahtunut täysin kitkatta. Geoenergian hyödyntämistä vaivasivat etenkin sen uuden tulemisen alkuvuosina useat samankaltaiset ongelmat kuin paria vuosikymmentä aiemmin.

Geoenergilaitteistojen markkinoille ilmaantui 2000-luvun alussa useita uusia yrittäjiä. Kuten aiemman, energiakriisien jälkeen tapahtuneen kasvun aikana, myös nyt vaarana oli että markkinoille olisi tullut toimijoita, joiden tarjoamat tuotteet, suunnittelu-, asennus- tai porausosaaminen taikka kyky tarjota vaadittavia neuvonta- ja tukipalveluja eivät olisi riittävällä tasolla. Ilmalämpöpumppujen kohdalla nämä riskit jossain määrin toteutuivatkin kun markkinoille tuli heikko-laatuisia laitteita joihin asiakkaat olivat tyytymättömiä (A61, A73, N4, N11). Ilmalämpöpumppujen laatupuutteista käyty keskustelu leimasikin jossain määrin kaikkien lämpöpumppujen imagoa 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä (N4).

Maalämpöpumppujenkin kohdalla nopeasti kasvavilla markkinoilla oli kasvu-kipuja. Laitteistokokoonpanojen mitoituksessa, asennustyössä ja huollossa oli jonkin verran ongelmia. Puutteet mainituissa toimissa tulivat näkyviin kun laitteistot eivät tuottaneet lämpöä luvattua määrää tai luvattulla tehokkuudella. Joissain tapauksissa syynä oli kehittymätön ohjausautomaatiikka (N10, N11). Huonosti toimiva tai osaamattomasti säädetty automaattinen ohjaus saattoi vaikuttaa siten, että laitteisto teki suuren osan lämmöstä sähkövastuksia hyödyntäen. Ohjausautomaatiikan puutteet saattoivat myös tehdä maalämpöpumpun kompressorin käyntiajoista hyvin lyhyitä altisten näin laitteen suunniteltua suuremmalle kulumiselle ja ennenaikaiselle rikkoutumiselle (N7). Yleisimmin ongelmat koskivat kuitenkin energiakenttien ja -kaivojen mitoitusta ja toteutusta. Maan pintaan asennetuissa energiakentissä oli jäätymisongelmia ja kallioon porattavien energiakaivojen porauksessa osaaminen oli kirjavaa. Energiakaivot olivat monille aiemmin vesilähteitä poranneille toimijoille uusi asia eikä kaivoja aina pystytty tai osattu tehdä energiantuotannon kannalta riittäviksi. Vuosituhannen alkuvuosina ei ollut aivan tavatonta, että energiakaivot jäivät alle 100m syvyisiksi kun perinteisillä kaivonporauslaitteilla ei päässyt syvemmälle. Tällä syvyydellä energiantuotanto ei aina ollut riittävä suuren omakotitalon tarpeisiin (N11, N12). Li-

säksi alan tietty kypsymättömyys näkyi asiakkaalle tarjousvaiheeseen edenneiden hankkeiden kohdalla siinä, että kilpailevien tarjousten näkemykset parhaasta laitteistokokoonpanosta olivat kovin erilaisia. Vaikka asiakkaiden käytettävissä oli-kin Internetin myötä saatavilla runsaasti tietoa hankintapäätöksen taustaksi, asiakkaan saattoi olla vaikeaa tunnistaa erilaisten Internetin sivustojen joukosta luotettavaa tietolähdettä. Geoenergian kysynnän huima kasvu aiheutti myös pulan osaavista suunnittelijoista, asentajista ja huoltomiehistä.

Koetut kasvukivut eivät kuitenkaan romahduttaneet geoenergiälaitteiden markkinoita. Tärkein markkinointivaltti oli se, että suurin osa laitteistoista toimi hyvin ja valtaosa geoenergiajärjestelmän hankkineista oli valintaansa tyytyväisiä. Toteutettujen kohteiden määrän lisääntymisen myötä alan toimijoiden osaaminen karttui ja geoenergiälaitteistojen ja tukipalvelujen laatu parani. Porausosaaminen kehittyi nopeasti ja pian 120–150 m syvyisistä enregiakaivoista tuli minimisyvyys. Huonot käytänteet ja osaamiseltaan vaatimattomat toimijat karsiutuivat alalta muutamassa vuodessa ja luottamus alan toimijoita kohtaan kasvoi entisestään. Tässä prosessissa SULPUn ja Poratekin toiminnalla sekä yleisesti jaetuilla mitoitus- ja asennuskonsepteilla oli tärkeä rooli (N10). Internet-foorumeilla jaetuilla käyttökokemuksilla ja foorumien keskustelujen kautta välittyneillä tiedoilla eri valmistajien laitteiden ja alalla toimivien yritysten palvelujen laadusta oli myös suuri merkitys (N11, N12) (Hyysalo et al. 2018).

5.3.5 Geoenergian hyödyntäminen suurissa kiinteistökohteissa

Tämän luvun edellisissä alaluvuissa kuvatut kehitykseen vaikuttaneet tekijät ovat perustelleet pääosin pientaloissa tapahtunutta geoenergian yleistymistä. Tässä ja tätä seuraavassa alaluvussa keskitytään suurten kiinteistökohteiden markkinoihin ja tekijöihin, jotka näillä markkinoilla 2000-luvun alusta alkaen vaikuttivat siihen kuinka laajasti geoenergiaa näissä kohteissa hyödynnettiin. Suurissa kiinteistöissä geoenergian hyödyntäminen oli 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä vielä vähäistä, mutta aivan täydellinen kummajainen ei geoenergia enää näilläkään markkinoilla vuosikymmenen lopulla ollut.

Vuosituhanneen vaihteen tienoilta käynnistynyt maalämpöpumppujen suosion kasvu keskittyi aluksi lähes yksinomaan pientaloihin. Tätä selittää paljolti se, että maalämmön markkinointi oli pitkään hyvin pientalovaltaista eikä geoenergia-alan toimijoiden taholta suurien kiinteistöjen suuntaan edes pyritty kovin aktiivisesti luomaan uusia markkinoita. Yhtenä syynä tähän oli maalämmön hyvä menekki pientaloissa 2000-luvun alussa. Kädet olivat toimijoilla tuolloin täynnä jo muutoinkin eikä uusiin markkina-avauksiin ollut yrityksissä välttämättä mahdollisuuksia (R4, N1, N9). Toinen syy oli suurten kohteiden markkinoiden kilpailu-

tilanne. Taajamissa, joissa valtaosa suurista kiinteistöistä sijaitsee, lämpömarkkinoita dominoinut kaukolämpö nähtiin siinä määrin vakiintuneena ratkaisuna, ettei sitä vastaan voinut tai kannattanut lähteä geoenergiaa tarjoamaan, etenkin kun asiakkaat eivät nähneet tarvetta muille ratkaisuille. Myös osaamispuutteet vaikuttivat. Geoenergia- tai rakennusosalalla yleisemminkään ei ollut kovin monia toimijoita, jotka olisivat hallinneet suurten kohteiden vaatiman suunnittelu- ja toteutuskokonaisuuden kattavasti. Pulaa oli isojen kohteiden suunnittelijoista, valvojista, energiakentän mitoittajista ja muista osaajista (A54, A81, R7, R19, N5, N10). Myös pääomista, joita suurten kohteiden toteuttaminen rakennusaikana vaatii, on geoenergia-alan toimijoilla ollut tyypillisesti pulaa (N9).

Suuremmissa kiinteistökohteissa hyödynnetyt geoenergiaratkaisut yleistyivät ensin melko pienten yritysten omistamissa tai rakennuttamissa kohteissa. Yksi selitys tälle saattaa liittyä sujuvaan päätöksentekoprosessiin ja epävarmuuden sietämiseen. Pienissä rakennus- tai kiinteistöyhtiöissä päätöksenteko on usein yhden vastuuhenkilön, usein yrityksen omistajan, vastuulla. Näin pienessä yrityksessä on suurta yritystä helpompaa saada aikaan päätöksiä uusien toimintatapojen kokeilemisesta (R5). Myös kiinteistöjen omistajissa pienemmät toimijat vaikuttaisivat hyödyntäneen uusia lämmitysratkaisuja suurempia kiinteistönomistajia enemmän. Tämä voi selittyä sillä, että pienissä yhtiöissä rakennuksen erilaisista valinnoista päättävät rakennusta tulevaisuudessa käyttävät tai sen omistavat henkilöt (HS42). Tällöin tarkasteluhorisontti, jonka yli esimerkiksi energiavalintoja tehdään, on tyypillisesti melko pitkä kattaen ainakin sen ajan jonka rakennusta aiotaan itse käyttää tai omistaa. Lisäksi itselle tehdessä on mahdollista huomioida omia ympäristö- ym. arvoja (R9, R11, N5, N8, N10). Uusien kerrostalojen tai liikerakennusten osalta valinnan kiinteistön lämmitys- ja lämmönjakotavoista tekee tavallisesti rakennuttaja, jonka tekemässä lämmitysratkaisuvalinnassa painottuvat ennen kaikkea rakentamisen edullisuus, nopeus ja lämmitysratkaisun toiminnallinen luotettavuus. Suurten kiinteistökohteiden hallinnon päätöksentekoprosessit eivät suosi uusia ratkaisuja joiden käytöstä ei ole kokemuksia. Käyttökustannuksien merkitys ei välttämättä muutoinkaan välity rakennuttajan päätöksentekoon, sillä rakennuksen tulevan käyttäjän pitkällä aikavälillä maksettavaksi tulevat energiakulut eivät välttämättä ole asia, jota rakennuttaja pohtii. Toinen syy käyttökulujen merkityksen pientaloja vähäisempään merkitykseen voi olla se, että vanhoissa suurissa rakennuksissa, erityisesti asuinkiinteistöissä, on usein erilaisia korjauksia odottamassa. Välttämättömät korjaukset kuten putket tai julkisivut tehdään ensin eikä energiaremonteille, vaikka ne käyttökustannuksia pitkällä aikavälillä alentaisivatkin, ole pakollisten remonttien jälkeen enää budjetissa tilaa (N9, N10).

Kaukolämpöverkkojen ulkopuolella sijainneet teollisuus- tai maatalouskiinteistöt, puutarhat ja erilaiset maaseutumaisilla alueilla sijainneet palveluraken-

nukset olivat ensimmäisiä maalämpöä sen ”uuden tulemisen” aikana hyödyntäneitä suuria kohteita (N2, N3). Kohteet siirtyivät tyypillisesti pois öljylämmityksestä ja lämmönkeruutapana näissä oli usein aiemmilta vuosikymmeniltä tuttu maapiiri. Vesistöistä tai vesistön sedimentistä kerättyä energiaa hyödynnettiin ja kehitettiin myös edelleen. Esimerkkeinä tämän lämmönlähteen kehittämistä ja hyödyntämisestä voi mainita vuosituhannen alussa Suomen Kylmäteknikka Oy:n johdolla toteutetun hankkeen, jossa pyrittiin kehittämään yleisiä periaatteita sekä mitoitus- ja asennusmalleja erilaisten vesistöjen energiaa lämmityksessä ja jäähdytyksessä hyödyntävien rakennusten käyttöön. Kehitettyjen konseptien mukaan myös toteutettiin kohteita (N7). Toinen esimerkki vesistöjen energian hyödyntämisestä on Vaasan 2008 asuntomessualueen lämpöverkko, jossa energiankeruu tapahtuu alueen edustalla olevan merenlahden pohjasta (N2, N3, N5, HS29).

1970- ja 1980-lukujen tilanteesta poiketen geoenergian hyödyntäminen suurimmissa kiinteistöissä ei kuitenkaan enää rajoittunut vesistöjen läheisyydessä tai suuren maa-alueen omaaviin kiinteistöihin. Kallioon porattavat lämpökaivot mahdollistivat maalämmön hyödyntämisen suurissa kohteissa myös ahtailla tonteilla ja taajamissa. Lämpökaivojen etuna oli myös muihin lämmönkeruutapoihin verrattuna parempi ja ennustettavampi energiansaanti (N1, N5, N10). Näin niiden yleistymisen sekä porausosaamisen kehittyminen yhä syvemmälle, jossa lämpöä on saatavilla enemmän, tekivät geoenergian aiempaa käyttökelpoisemmaksi myös suurten rakennusten lämmittämisessä. Lämpökaivojen porausosaaminen parani varsin nopeasti 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen aikana. Kun vuosikymmenen alkupuolella kaivojen syvyys oli maksimissaan 150m, päästiin kymmenen vuotta myöhemmin yli 300 metriin (R10, N5) ja kehitys on edelleen jatkunut yhä syvempien energiakaivojen tekemiseen (N9). Lämpökaivojen etuna on myös kiinteistöjen jäähdytysenergian saaminen samasta energiakentästä.

Suurten kohteiden osalta geoenergian yksittäisiä kohteita laajempi hyödyntäminen alkaa muutamaa vuotta pientaloja myöhemmin, noin vuodesta 2005 alkaen. Ensimmäisinä vuosina kohteet ovat tyypillisesti pienten yritysten tai pienehköjen kuntien omistamia tai rakennuttamia palvelurakennuksia ja rivitaloja (A55, A56, A58, A62, A67, A68, A71, A82, HS42, HS43), myöhemmin myös asuin-kerrostaloja (N1, A67, A69, A84, HS45, HS54)⁶⁷. Kun kokemuksia toteutetuista kohteista ja erilaisten maaperäolosuhteiden ominaisuuksista lämmönkeruussa kertyi, rohkaistui aiempaa suurempi joukko kiinteistönomistajia hyödyntämään

⁶⁷ Geoenergian hyödyntäminen erilaisissa kiinteistökohteissa vuonna, 2015 ks. taulukko 1. Erilaisista suurten kiinteistöjen tyypeistä geoenergian hyödyntäminen on ollut vilkkainta erilaisissa teollisuus- ja liikekiinteistöissä. Vähäisintä geoenergian omaksuminen on ollut toimistorakennuksissa.

maalämpöpumppuja kiinteistöjensä lämmittämisessä. Tyypillisesti kohteet olivat saneerattavia rakennuksia, jotka vaihtoivat öljylämmityksen geoenergiaan (R4, N9), joskin muutamia siirtymiä kaukolämmöstäkin tapahtui. Esimerkiksi erään Nokialaisen asunto-osakeyhtiön kokemuksista heidän siirtyessään vuonna 2009 kaukolämmöstä maalämpöön siirtymisestä uutisoitiin melko laajasti (A69, A70, HS44). Tässä tapauksessa paikallista lämpöverkkoa operoivan yhtiön hinnankorotukset olivat kannustaneet etsimään vaihtoehtoja kaukolämmölle ja maalämpö oli tarkastelussa valikoitunut edullisimmaksi vaihtoehdoksi. Maalämpöön siirtyminen laski taloyhtiön lämmityskustannukset alle puoleen aiemmasta (HS55). Geoenergian taloudellisuus suhteessa muihin lämmitysvaihtoehtoihin suurissa kiinteistöissä on sittemmin saanut tukea myös laajemmista tutkimuksista. Esim. vertailtaessa erilaisten lämpöpumppu- ja kaukolämpöratkaisujen elinkaarikustannuksia eri-ikäisissä kerrostaloissa (Häkämies et. al 2015, 53–73) geoenergia oli vertailuista vaihtoehdoista edullisin kaikissa tapauksissa.

Geoenergian hyödyntämisen lisääntymistä suurissa kohteissa siivitti myös saneerausikään tulevan kiinteistökannan ja tätä myötä energiaremonttien markkinan kasvu. Asuinkerrostaloissa ympäristöystävällisyyttä parantaviin energiaremontteihin ja sitä myötä geoenergian hyödyntämiseen kannustivat joinain vuosina energiamuodon vaihdoksiin saatavilla olleet avustukset. Lisäksi yksi maalämmön hyödyntämisen nousua etenkin isommissa kiinteistöissä jouduttanut tekijä oli isännöitsijäsukupolven vähittäinen vaihtuminen. 2000-luvun alusta lukien työhön tulleet isännöitsijät ovat aiempaa sukupolvea kiinnostuneempia erilaisista energiavaihtoehdoista ja ovat edeltäjiään valmiimpia tuomaan yhtiökokouksiin ehdotuksia remontteja edeltävän ulkopuolisen asiantuntijatyön käytöstä, esimerkiksi erilaisten selvityksien teosta energiaremonttien yhteydessä (R4, N7, N10).

2010-luvulle tultaessa geoenergiaa hyödynnettiin enenevästi myös uusissa asuinrakennuksissa ja geoenergiaa uskaltautuivat kokeilemaan myös suuret rakennusyhtiöt, joille kohteet toimivat valmistautumisena uusiin, aiempaa tiukempiin energiamääräyksiin (A79). Usein nämä kohteet olivat kaukolämpöverkoston ulottumattomissa sijaitsevilla rivi- ja kerrostaloissa (A69, A71, A79, R5). Geoenergian kypsyämisestä tuotteena suurissa kohteissa kertovat myös erilaiset markkinoille tulleet uudet maalämmön hyödyntämisen tavat kuten maaperän käyttäminen lämpövarastona johon teollisten prosessien hukkalämpöä voi siirtää myöhempää lämmityskäyttöä varten (A85, A86). Uudiskohteiden kohdalla potentiaalinen markkina suurten kohteiden geoenergiälaitteistoille hiljeni jonkin verran vuoden 2009 jälkeen kun kansainvälisen finanssikriisin vaikutukset vähensivät toimitilarakentamista. Saneerauskohteissa finanssikriisi ja sen vaikutuksina matala korkotaso sekä toimitilakysynnän pieneneminen sen sijaan kannustivat olemassa olevan rakennuskannan energiainvestointeihin. Korkeamman korkotason ja paremman kiinteistöjen vuokramarkkinoiden oloissa ainakin osa investoinneis-

ta olisi kannattanut suunnata uusien kiinteistöjen rakentamiseen ja hankkimiseen, mutta kysynnän ollessa alhainen huomio oli viisasta keskittää olemassa olevan kiinteistökannan kulujen minimointiin (R7).

Uniikeissa kiinteistökohteissa, ts. muissa kuin suhteellisen paljon toistensa kaltaisissa, energiantarpeeltaan ja -kulutuksen rakenteeltaan ennustettavissa maatilarakennuksissa, teollisuuskiinteistöissä tai kerrostaloissa geonergian hyödyntämistä rajoittaneita tekijöitä olivat huoli geonergiaratkaisun hyödyntämisen vaikutuksista rakennuksen käyttötarkoituksen muunneltavuuteen (R6, R11) sekä epävarmuus tämän energiamuodon yleisestä soveltuvuudesta (A86). Muunneltavuuden osalta huolena oli, että jos liiketilan geonergialaitteisto mitoitetaan tilan nykyisten vuokralaisten energiantarpeen mukaan ja vuokralainen jossain vaiheessa vaihtuukin energiankulutukseltaan ja -rakenteeltaan kovasti erilaiseksi, riittääkö geonergiajärjestelmän kapasiteetti myös muuttuneessa tilanteessa. Tarjottujen ratkaisujen toimivuuteen liittyvä yleinen epävarmuus juontui geonergian vähäisestä aiemmasta hyödyntämisestä tällaisissa kohteissa.

Osaltaan luotettavan tiedonsaannin ongelmaan vastasi Geologian tutkimuskeskus (GTK), joka päätti vuonna 2007 ottaa geonergian tutkimuslaitoksen ohjelmaan. GTK:n osaaminen on maaperän ominaisuuksien tuntemisessa ja tälle osaamiselle nähtiin olevan kysyntää suuren energiantarpeen kohteiden energiakenttien mitoittamisessa. Toiminta käynnistyi tutkimushankkeiden käynnistämällä sekä jalkatyöllä, jossa GTK:n edustajat kävivät esittelemässä geonergian hyödyntämismahdollisuuksia suurissa rakennuksissa rakennusten omistajille, rakennuttajille, rakennusliikkeille ja poliitikoille (N5). GTK:lle suurkohde tarkoittaa kiinteistöä, jonka energiakentässä on lämpökaivoja kymmenestä ylöspäin. Siinä missä pienen tai keskisuurenkin kohteen energiakentän voi tehdä jossain määrin kokemuseräisesti poraamalla ”riittävästi” reikiä, tulee suuren energiantarpeen kohteissa energiakentän ominaisuudet tuntea hyvin. Tutkimalla kalliope-
rän ominaisuuksia mittauksiin ja yhdistelemällä tätä tietoa aiempaan tutkimustietoon maaperän ominaisuuksista voidaan mallintaa kentän käytönaikaista käyttäytymistä. Mallin perusteella voidaan määritellä energiakentän oikea koko jolla voidaan taata riittävä energiansaanti suurillekin kiinteistökohteille. Lisäksi suurissa kiinteistöissä voidaan tarvittaessa toteuttaa myös energiakentän seuranta, jossa voidaan tarkkailla energiakentän käytönaikaista tasapainoa.

Eräiden kohtalaisen suurta huomiota saaneiden suurkohteiden, kuten SOK:n Sipoon logistiikkakeskuksen kohdalla, GTK:n aktiivisuus geonergiaratkaisujen esille tuomisessa ja energiakentän ominaisuuksia koskevan tiedon tarjoamisessa vaikutti suuresti tehtyihin valintoihin (R8). Sipoon logistiikkakeskuksen mitta-kaavaa kuvaa rakennuksen ensimmäiseksi valmistuneen osion, käyttötavarakeskuksen geonergiakentän suuruus. Kenttä koostuu 165:sta 300m syvästä energiakavosta. Näin suuren energiakentän rakentaminen on suuri panostus ja edellyttää

vahvaa luottamusta siihen että valittu ratkaisu todella toimii. Toteutettujen erilaisten suurten geoenergiakohteiden määrän kasvaessa tieto ja osaaminen geoenergian soveltamisessa niissä lisääntyivät.

Useiden haastateltujen (R4, R5, R7, R8, R10, N1, N5, N6, N7) näkemyksen mukaan 2000-luvun toisen vuosikymmenen alussa geoenergia oli tuotteena kypsynyt siinä määrin, että se oli mahdollista ottaa mukaan mahdollisesti hyödynnettävien energiamuotojen vertailuun rakennusurakkaa suunniteltaessa. Tämä tosin sillä edellytyksellä että projektissa osallisena oli geoenergiaa tunteva suunnittelijataho. Suurkohteiden energiakenttien mitoittaminen ei 2010-luvun edetessä ollut enää vain GTK:n varassa. Geoenergian hyödyntämiseen kohdistuvan kiinnostuksen lisääntyessä markkinoille ilmaantui muitakin toimijoita, jotka kykenevät tekemään laadukkaan energiakentän mitoituksen (N6).

Kuten aiemmin mainittiin, pysyviä tukimuotoja geoenergialle suurissa kohteissa, asuinrakennukset pois lukien, ei ole ollut. Kaikissa rakennustyypeissä tukia on myönnetty vain jostain päästöiltään suuresta energiamuodosta ympäristöystävällisempään. Kaukolämmöstä maalämpöön (tai muuhun uusiutuvaan) vaihtamiselle ei tukia ole saanut. Kaiken kaikkiaan suurten kiinteistökohteiden osalta tarjolla olleiden tukien päätöksentekoa ohjaava vaikutus on ollut melko pieni. Tämä on johtunut paljolti tukien huonosta ennakoitavuudesta ja jossain määrin tukien hakemisen hankaluudesta. Tulevana vuonna tarjolla olevat tuet on usein saatu tietoon melko myöhään edeltävänä vuonna ja tukien haun aikaikkuna on voinut olla kovin lyhyt. Yksi tätä tutkimusta varten haastateltu kiinteistösijoittaja (R7) totesi, ettei heidän yrityksensä enää hae energiatukia vaikka niitä olisikin saatavilla. Hakemisen vaiva kun ylittää mahdollisesti saatavat hyödyt. Saadut tuet ovat etenkin teollisuuskohteissa olleet paremminkin palkkioita tehdyistä päätöksistä, mutta kovin suurta ohjaavaa vaikutusta niillä ei ole ollut. Tehdyt ratkaisut on yleisesti suurissa kohteissa arvioitu laskevien käyttökulujen myötä kannattaviksi ilman tukiakin (R7, R8).

5.3.6 Geoenergian hyödyntämiseen liittyviä ongelmia suurissa kiinteistökohteissa

Kuten yllä on kuvattu, alkoi geoenergia 2010-luvulle tultaessa yleistyä vähitellen myös suurissa kiinteistökohteissa. Verrattuna pientalojen markkinoihin kiinnostus kuitenkin kasvoi melko hitaasti. Syitä tähän on useita, pääosa syistä liittyy joko rakennusten omistajien valmiuksiin ja kiinnostukseen energia-asioissa tai geoenergia-alan kykyyn palvella suurten kohteiden omistajia. Useat haastatellut epäilivät yhtenä syynä aluksi olleen tiedon puutteen (R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, N1, N2, N3, N5). Geoenergia nähtiin leimallisesti pienten rakennusten

lämmönlähteenä eikä sen hyödyntämismahdollisuuksia suurissa rakennuksissa osattu ottaa huomioon, etenkin viilennysominaisuus oli aluksi heikosti tiedossa.

Osaselitys geoenergian suhteellisen hitaalle yleistymiselle suurissa kiinteistöissä on ollut geoenergian parissa toimivien yritysten melko pieni koko. Pienten toimijoiden edellytykset osallistua pitkäkestoiisiin projekteihin tai investoida omaan tuote- ja palvelukehitykseen sekä suurten kohteiden monimutkaisien kokonaisuuksien hallinnan osaamisen kerryttämiseen, ovat olleet heikkoja. Lisäksi yritysten vähäiset pääomat tai heikko kyky saada edullista projektirahoitusta ovat hankaloittaneet yritysten mahdollisuuksia toimia suurkohteiden markkinoilla kun pitkäkestoisen hankkeen rakennusaikaista rahoitusta ei ole pystytty varmistamaan (N9).

Geoenergian ollessa 2000-luvun alkupuolella aivan uusi ratkaisu suurien kiinteistöjen lämmitysmarkkinoilla geoenergian yleistymistä hidasti se, että kiinteistöjen energiaratkaisujen joukossa se ei ollut samalla viivalla muiden energialähteiden kanssa. Keskeinen ongelma oli energiamuodon hyödyntämiseen liittyvä epävarmuus. Jotta geoenergia, tai mikään tavanomaisesta poikkeava innovaatio, tulee rakentamisessa käyttöönotetuksi, tulisi asian olla päätöstä tekeväälle mahdollisimman selkeä ja vähän epävarmuustekijöitä käsittävä. Kun 2000-luvun puolessa välissä aiempia referenssejä erilaisista suurten kiinteistöjen tyypeistä ja geoenergian hyödyntämisestä niissä ei juuri ollut, oli ongelmana se, että geoenergian toimintavarmuutta ei pystytty täysin uskottavasti osoittamaan rakennuksen energiaratkaisua pohtiville (R4, R5, R6, R7, R8). Suunnittelijat tai maalämpöalan toimijat eivät kyenneet täsmällisesti kertomaan potentiaalisille asiakkaille millaisia toiminnallisia muutoksia tai kustannuksia tavanomaisiin ratkaisuihin verrattuna maalämmön käyttöönotto tarkoittaa (R4, R6, N6) tai miten energiakenttä tulisi mitoittaa jotta energiaa varmasti riittäisi kaikissa oloissa (N5, N7). Tällaisessa päätöksentekotilanteessa valinta kohdistuu helposti johonkin tavanomaiseen ratkaisuun, jonka ominaisuudet ovat tuttuja.

Ongelma ei kuitenkaan koskenut vain suunnitteluosaamista, puutteet energiaratkaisuja hankkivien kyvyssä kertoa mitä täsmälleen energiaratkaisulta toivovat, saattoi joissain tapauksissa vaikuttaa siihen miltä geoenergia on näyttänyt suhteessa muihin vaihtoehtoihin. Kiinnostava aineistosta nouseva huomio on tietynlainen epäsuhta suurten kohteiden suunnitteluun ja toteutukseen liittyvässä informaatiossa. Yksinkertaistettuna ongelmana on, että rakennuttaja kokee suunnitteluosaamisen ja maalämpöalan toimijoiden tarjousten olevan laadultaan huonoja. Suunnittelijat ja maalämpöyrittäjät taas kokevat, että rakennuttaja ei aina tarjoa edellytyksiä hyvälaatuisen suunnittelun tai laadukkaiden tarjousten tekemiseen. Suurten kohteiden osalta maalämmön hyödyntämistä hankaloittaa maalämpöä myyvien yritysten näkökulmasta tarjousten tekemisen hankaluus. Kun rakennuksen energiatarpeesta ja -rakenteesta tai suunnitellun energiakentän omi-

naisuuksista ei ole täsmällistä tietoa, on tarjousta kovin hankalaa tehdä. Täsmällisen tarjouksen tekeminen edellyttäisi tarjouksen kohteen ja energiakentän melko pitkälle menevää tuntemusta. Kun urakan saamisesta ei ole varmuutta, ei pienillä firmoilla ole välttämättä kykyä tai kiinnostusta panostaa laadukkaiden tarjousten tekemiseen vaativaa työmäärää suurissa kohteissa.

Tästä ongelmasta (tai ominaisuudesta) seuraa, että kiinteistöönsä energiatarjouskaisuksi maalämpöä kaavaileva saattaa pettyä saamiensa tarjousten sisältöön tai laatuun ja ihmetellä kun eri geoenergiaa tarjoavien yritysten tarjoukset ovat keskenään kovin erilaisia (R7, R10, R11). Kiinteistön rakennuttajan näkökulmasta tarjousten kirjavuus saattaa luoda epäuskoa sille, että maalämpö voisi olla ylipäänsä rakenteilla olevaan kiinteistöön sopiva energiatarjous ja päätöksenä voi tällöin olla hyödyntää jotain koeteltua ja tuttua lämmönhuollon tapaa. Ideaalita-pauksessa ongelmaa voisi ratkoa siten, että kiinteistön rakennuttaja tekisi energiakentän ominaisuuksien tarkastelun ja riittävän täsmällisen energiatarpeen ja -kulutuksen kuvauksen jo ennen tarjouspyyntöjen lähettämistä. Näin maalämpöalan toimijat pystyisivät laatimaan parempilaatuisia tarjouksia.

Ongelmista huolimatta kallis ja hintakehitykseltään epävarma öljyn hinta kuitenkin kannusti joitain suurten kiinteistöjen omistajia ottamaan geoenergiajärjestelmiä käyttöön. 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä geoenergian hyödyntäminen edellytti saneerauksesta odotettavissa olevien taloudellisten hyötyjen ohella yleensä rakentajan tai kiinteistön omistajan omaa vahvaa kiinnostusta nimenomaan geoenergian hyödyntämiseen sekä valmiutta pieneen riskinottoon ja vaivannäköön (R5, R6, R7, R8, R11). Suurten kohteiden tapauksessa kokonaisu-toimittajia, jotka olisivat voineet toteuttaa asiakkaalle avaimet käteen -tyylisten pakettien, ei juurikaan ollut (R15). Referenssikohteiden määrän yleistyessä kiinteistönomistajien valintatilanne kuitenkin helpottui. Aiemmin mainitusti vuoden 2010 tienoilla geoenergia alkoi näyttäytyä valintapäätöstä tehtäessä vertailukelpoisena lämmitysvaihtoehtona muiden vaihtoehtojen joukossa. Vaikka rakennuksen omistaja olisikin valinnut geoenergian rakennukseensa, ei geoenergian hyödyntäminen kuitenkaan vielä tuolloinkaan ollut käytännössä aina ongelmatonta.

Keskeinen hidaste oli rakennusalan suunnittelijoiden vähäinen tuntemus geoenergian hyödyntämisestä erilaisissa rakennuskohteissa. Muutamien tämän tutkimuksen yhteydessä haastatellut (R7, N2, N3) kertoivat tapauksista, joissa rakennuttaja olisi halunnut hyödyntää geoenergiaa, mutta suunnittelijat ovat yrittäneet suostutella rakennuttajaa muuttamaan mieltään. Haastateltu kiinteistösijoittaja (R7) kertoi kuinka vuonna 2010 saneerauskohteessa, jossa haluttiin nimenomaan hyödyntää kaukolämmön sijasta maalämpöä kohteen rakentaja ja erityisesti suunnittelijat suorastaan vastustivat maalämmön hyödyntämistä. Suunnittelijat kokivat, että kyseinen, pinta-alaltaan n. 10 000 neliömetrin rakennus, oli liian suuri jotta sen lämpöhuolto voitaisiin hoitaa maalämmöllä. Heidän näkemyksen-

sä mukaan rakennus olisi pitänyt liittää kaukolämpöverkkoon⁶⁸. Toinen haastateltu geoenergiaa hyödyntänyt kiinteistöalan toimija (R10) koki, että suunnitteluosaamisessa on puutteita erityisesti kun kysymys on ratkaisuista joissa tavoitteena on yhdistellä useita energiantuotantomuotoja. Suurissa kohteissa geoenergiaa hyödynnettäessä ratkaisu on usein tällainen.

Se, että luotettavasti ja tehokkaasti toimivien geoenergialaitteistojen suunnittelu on vaativaa, on eittämättä ollut tämän energiamuodon yleistymistä suurissa kiinteistökohteissa jarruttava tekijä. Suuret maalämpökohteet tulee yleensä suunnitella uniikkikohteina käyttökohteen tarpeet huomioiden eikä niihin ole useinkaan olemassa valmiita standardiratkaisuja, jotka toimivat kaikkialla. Geoenergian hyödyntäminen vaatii suunnittelijoilta suurempaa työmäärää, jonka ei sinänsä pitäisi olla ongelma kun syntyneet lisätunnit voi laskuttaa asiakkaalta. Suurempi ongelma on siinä että osaamista ei aina ole suunnittelutoimistojen omissa organisaatioissa. Tällöin geoenergiajärjestelmien tarjoaminen edellyttäisi jonkin suunnittelukokonaisuuden osan hankkimista oman toimiston ulkopuolelta ja tämä saattaa vaikuttaa halukkuuteen esitellä maalämpöratkaisuja asiakkaalle. Haastattelujen perusteella syntyi käsitys, että suunnittelutoimistot voivat olla haluttomia ostamaan ulkopuolelta sellaista osaamista, jota itsellä ei ole.

Erilaiset muihin kuin kaukolämpöön tai öljyyn (tai muuhun polttamiseen pohjaavaan tekniikkaan) nojaavien ratkaisujen suunnitteluosaamisen puutteet ovat vaikuttaneet merkittävästi siihen, että suurten kiinteistöjen energiaratkaisujen markkinat ovat niin keskittyneet harvojen vaihtoehtojen ympärille. Niissäkin kohteissa, joissa geoenergiaa on hyödynnetty, ongelmana on ollut että rakennuksia on suunniteltu kuin ne olisivat jotakin totuttua lämmitystapaa hyödyntäviä. Tämä on näkynyt esimerkiksi siinä, miten korkeille lämpötiloille lämmönsiirtojärjestelmät on mitoitettu (R7, N9). Maalämmön ominaisuuksien huomioitta jättäminen aiheuttaa ongelmia siinä miten tasaiset olosuhteet rakennuksen käyttäjille pystytään tarjoamaan ja nostaa rakennuksen energiakuluja. Monet suuret kohteet, joissa geoenergiaa hyödynnetään, toteutetaan usean energiaratkaisun hybridinä siten, että valtaosa energiantarpeesta pyritään tuottamaan geoenergialla. Osa suunnittelijoista ei ainakaan ensimmäisissä suurissa kohteissa osannut huomioida kuinka lämpöpumpun ja tätä täydentävän lämmönlähteen yhteispeli tulisi toteuttaa. Usein kävi, että täydentävän lämmönlähteen, usein öljyn, osuus lämmityksessä oli liian suuri ja lämpöpumppu seisoi pitkiä aikoja joutilaana. Näin saattoi käydä esimerkiksi kun kiinteistöstä palaava lämmönjakojärjestelmän kiertovesi ei

⁶⁸ Kyseisen kohteen lämmitys ja jäähditys toteutettiin lopulta geoenergiaa hyödyntäen, energiakenttään tehtiin 25 energiakaivoa.

ole ollut palatessaan riittävän kylmää, kuumaan nesteeseen kun ei kylmästä maasta voi energiaa ottaa (N7). Tällaisissa tapauksissa lämpöpumpulla tuotettiin kiinteistön käyttöön laskettua vähemmän energiaa ja järjestelmän tehokkuus oli suunnitteluvaiheen arvioita epätaloudellisempaa. Rakennesuunnitteluun liittyvä kokonaisuuden kannalta melko vähäinen, mutta tietyissä kohteissa hyvin kiusallinen havaittu ongelma oli maalämpöpumpun tuottaman tärinän johtuminen rakennuksen eri osiin (R10, A95, HS58).

Suunnitteluosaamisen ohella myös joitain asennettuihin laitteistoihin ja myyntityöhön liittyvä ongelmaa on suurissa kohteissa tavattu. Joihinkin kohteisiin on etenkin 2010-luvun alkupuolella asennettu muuhun kuin kiinteistöjen lämmityskäyttöön, tyyppillisesti viilennykseen, suunniteltuja lämpöpumppuja ja näissä ongelmia on aiheutunut lähinnä siitä, että pumppujen toimintaa ohjaavat ohjelmistot eivät ole olleet lämmityskäyttöön optimoituja. Tällaiset muuhun käyttöön suunnitellut pumput kuluvat aitoja maalämpöpumppuja nopeammin, koska ne menevät päälle ja pois jatkuvasti ja kuluvat nopeasti verrattuna pitkään keskeytyksettä käyvään pumppuun (R7, N9). Myyntityöhön liittyvänä huomiona muutamit kiinteistöalan asiantuntijat mainitsivat, että maalämpökauppiaille ei joko ole hallussa maalämmön hyödyntämisen kaikki kustannukset tai sitten aivan kaikkia lämpöpumppujen käytön kustannuksia ei välitetä tuoda esiin. Suurten kiinteistökohteiden tapauksessa lämmönsiirtonesteen kierto voi kuluttaa yllättävän paljon sähköä ja tämä sähkönkulutus tulisi huomioida järjestelmän käyttökustannuksia laskettaessa (R2, R7, R12).

5.3.7 Geoenergia Ruotsissa

Aiemmin luvussa 4.3.6 käsiteltiin jo geoenergian suosiota ja siihen vaikuttaneita tekijöitä Ruotsissa noin 1990-luvun puoleen väliin asti. Tuolloin, vajaata kymmentä vuotta Suomea ennen, alkoi Ruotsissa geoenergian hyödyntämisen nousu, jonka aikana maalämpölaitteiden markkinat kasvoivat seuraavan kymmenen vuoden ajan keskimäärin 35 % vuosivauhdilla. Luvun 4.3.6 kuvasta 20 voidaan nähdä miten maalämpöpumppujen suosio alkoi kasvaa 1990-luvun puolivälissä. Kasvu jatkui noin vuoden 2005 tienoille, jonka jälkeen maalämpöpumppujen markkina Ruotsissa vakiintui noin 25 000 myytyyn laitteeseen vuosittain. Vuonna 2014 Ruotsissa maalämpöpumppujärjestelmiä oli asennettuna yhteensä hieman yli 400 000, joista pientaloissa noin 380 000, kerrostaloissa noin 15 000 ja erilaisissa toimitiloissa noin 10 000 (Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler 2014, 27). Ylläolevat luvut osoittavat, että samoin kuin Suomessa myös Ruotsissa maalämpöpumppujen markkinat ovat painottuneet pientaloihin. Syykin tähän on paljolti sama kuin Suomessa: kaukolämmön vahva asema suurissa rakennuksissa. Ruotsissa kaukolämmön osuus suurten rakennusten lämmit-

tämisessä on vahvistunut 2000-luvun edetessä ja vastasi vuonna 2014 kerrostaloissa noin 85 % ja toimitiloissa noin 75 % osuutta kaikesta näiden kiinteistötyyppien lämmöntarpeesta (idid., 20)

Geoenergian suosion käynnistymistä Ruotsissa 1990-luvun puolivälistä alkaen voidaan selittää paljolti lämpöpumppualalla tehdyllä tuotekehityksellä ja markkinoiden kehittymistä tukevan informaation tuottamisella. Yleisön tiedollisia valmiuksia parannettiin tekemällä puolueettomia testejä maalämpöjärjestelmistä sekä viestimällä näistä ja lämpöpumppujen käytön hyödyistä. Uusiutuvan energian eri muotojen kasvavaan hyödyntämiseen tähtäävien politiikkatoimien koordinaatioita myös parannettiin 1970- ja 1980-lukuihin verrattuna. Vuosituhannen lopussa perustettiin useisiin Ruotsin kuntiin energianeuvontatoimistoja, joissa kansalliset saivat tietoa mm. ympäristöystävällisistä kiinteistöjen energiaratkaisuksista. 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä geoenergian hyödyntämiseen kannustivat myös useat – tosin lyhytkestoiset – kotitalouksien energiaremontteihin suunnatut investointitukiohjelmat, lisäksi maalämpöpumput otettiin osaksi Ruotsissa tunnettua ja yleisesti arvostettua laatujärjestelmää, jossa tietyt vaatimukset täyttävät laitteet saavat testauksen jälkeen hyvästä laadusta viestivän merkinnän⁶⁹. Myös lämpökaivojen porausurakoitsijoille oli olemassa sertifiointijärjestelmä. Geoenergian suosiota selittää myös järjestelmien parantunut tehokkuus. Ruotsin teknillisen tutkimuskeskuksen mittausten mukaan geoenergiajärjestelmien tehokkuus on kasvanut vuosien 1995 ja 2005 välillä 13 – 22 % (Kiss et al. 2012, 8). Geoenergiamarkkinoiden jälleen elpymässä vuosituhannen vaihteessa ala pääsi eräänlaiseen positiiviseen kierteseen, jossa geoenergia oli vuosi vuodelta houkuttelevampaa. Vuotuisten asennusmäärien kasvaessa laitteistojen valmistajat, asentajat ja lämpökaivojen poraajat pystyivät hyötymään tuotannon skaalaeduista ja tarjoamaan tuotteita ja palveluja aiempaa edullisemmin hinnoin. Tämä taas kasvatti kiinnostusta maalämpöä kohtaan ja lisäsi myyntiä entisestään. Yleisenä syynä verrattuna kehitykseen Suomessa on vaikuttanut myös suhteellisesti korkeampi energian hinta, joka on tehnyt suurehkoja investointeja edellyttävien energiajärjestelmähankintojen tekemisestä kannattavampaa (HS23).

Geoenergian hyödyntämistä Ruotsissa voidaan pitää innovaatio- ja teollisuuspolitiikan menestystarinana. Vaikka tukitoimien koordinaatio oli heikohkoa 1970- ja 1980-luvuilla, osui politiikka oikeaan keskittyessään alkuvaiheessa tukemaan teknologiakehitystä. Oleellista oli myös kehitystuen pitkäkestoisuus. Alan yrityksillä oli kannusteet jatkaa lämpöpumppujen kehittämisen parissa, vaikka lämmittäjien kiinnostus tuotteisiin väheni dramaattisesti 1980-luvun puo-

⁶⁹ P-merkki, sv. P-märke http://www.sp.se/sv/index/services/p_mark/Sidor/default.aspx

livälin tienoilla. 1970-luvulla aloitetut kehityspanokset tuottivat vasta 2000-luvulle tultaessa tulokseksi markkinoilla muita energiatuotantovaihtoehtoja vastaan käytävässä kilpailussa menestyvän kaupallisen innovaation. Ruotsalaisen geoenergian menestystarinassa teknologiaainnovaatioiden tukemisen ohella keskeinen merkitys on markkinoiden luomiseen tähdänneillä toimilla. Kun lämpöpumppujen teknologia oli kyllin kehittyntä, Ruotsissa tuettiin geoenergiamarkkinoiden syntymistä tiedottamalla teknologian hyödyistä ja näin vähentämällä potentiaalisten asiakkaiden epävarmuutta uudesta tuotteesta (Kiss et al. 2012. 11–12). Nykyisellään ruotsalainen lämpöpumppuosaaminen on merkittävä teollisuudenala, jonka tuotannosta noin puolet menee vientiin (Dzebo & Nykvist 2017, 117).

5.4 Yhteenvetoa ja reflektiota 2000-luvun alun kehityksestä

Samoin kuin luvun 4 vastaavassa alaluvussa, myös tässä luvussa kootaan yhteen kiinteistöjen lämmitysmarkkinoiden ja geoenergiatoiminnan kehitystä MLP-tarkastelukehikon käsitteistöä hyödyntäen. Tarkastelujankohtana on vuosituuhannen vaihteesta noin puolentoista vuosikymmenen päähän ulottuva ajanjakso.

5.4.1 *Regiimi*

2000-luvulle tullessa kiristyvät kasvihuonekaasujen päästövähennystavoitteet ja energiatehokkuuden parantaminen olivat keskeisiä energiahuollon ja siten myös kiinteistöjen lämmittämisen toimintaympäristöä muokkaavia tekijöitä. Ympäristöystävällisyyden merkitys valintoja ohjaavana arvona vahvistui myös. Päästötavoitteiden saavuttamisen ohjauskeinot nostivat merkittävimpien lämmöntuotannon energialähteiden hintoja 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen puolesta välistä alkaen. Pitkäkestoinen ja jatkuvaksi mielletty energian hintojen nousu aiheutti 2000-luvun edetessä painetta kiinteistöjen energiaratkaisujen vakiintuneille toimintatavoille. Tavanomaisten lämmitysratkaisujen muuttuminen aiempaa kalliimmaksi näkyi lämmitysratkaisujen markkinoilla siinä, että ne, joiden oli helpointa vaihtaa lämmitysratkaisua tai uudiskohteessa vaikuttaa sen valintaan, alkoivat hakea vaihtoehtoja totutuille tavoille. Aiempina vuosikymmeninä öljy, kaukolämpö ja sähkö sekä vähemmässä määrin puupolttoaineet nähtiin ratkaisuina, joilla voidaan järjestää kaikkien kiinteistötyyppien lämmitys. 2000-luvun edetessä lämmitysratkaisujen markkina alkoi muuttua siten, että etenkin pienissä kohteissa hyödynnettyjen lämmönlähteiden kirjo kasvoi. Useaa lämmön tuottamisen tapaa yhdistelleet ratkaisut, joissa ensisijaisen lämmönlähteen rinnalle tuotiin muita täydentäviä ratkaisuja (esim. ilmalämpöpumput) yleistyivät. Myös eri-

laiset hajautetun energiantuotannon muodot ensisijaisena lämmöntuotannon tapana – yhtenä näistä geoenergia – kasvattivat suosiotaan. 2010-luvulle tullessa geoenergian hyödyntäminen pientaloissa oli lisääntynyt siten, että sen voitiin sanoa olevan jo tavanomaisten energiaratkaisujen joukossa.

Suurten kohteiden tapauksessa kaukolämpö vahvisti 2000-luvulla edelleen asemaansa. Alueilla, joilla kaukolämpöä oli saatavilla, minkä tahansa muun lämmitysratkaisun hyödyntäminen suuressa rakennuskohteessa oli erittäin harvinaista. Jonkin muun energiaratkaisun hyödyntäminen tarkoitti kaukolämpöön suhteutettuna ylimääräistä vaivannäköä tai jonkinasteista riskinottoa. 2010-luvulle tultaessa kaukolämmön kilpailuasema oli kuitenkin joillakin alueilla heikentynyt lämmön hinnan noustessa. Kilpailutilanteeseen vaikutti myös jäähdytyksen tuleminen tavanomaiseksi vaatimukseksi uusissa kiinteistöissä. Kaukolämmön jatkuvalta vaikuttava hinnannousu ja kiinteistöjen uudet vaatimukset saivat 2010-luvulla suurten kiinteistöjen rakennuttajia ja omistajia tarkastelemaan rakennusten energiahuollon vaihtoehtoja aiempaa tarkemmin. Jotkin, tosin edelleen melko harvat, kiinteistönomistajat jättivät kaukolämmön valitsematta uuteen rakennukseen ja muutamissa tapauksissa suuret kiinteistöt jopa luopuivat kaukolämmön hyödyntämisestä. Kaukolämpöyhtiöiden reaktioita markkinaympäristön muuttumiseen olivat uusien, aiempaan toimintalogiikkaansa hyvin istuvien tekniikoiden ja polttoaineiden käyttöönotto.

Pyrkimys vähentää hiilen ja öljyn kulutusta kasvattamalla biopolttoaineiden osuutta, erilaisten yhdyskuntien sivuvirtojen jalostaminen biokaasuksi, suurten lämpöpumppujen hyödyntäminen energiantuotannossa sekä matalalämpötilaverkkojen suunnittelu ovat esimerkkejä vahvan regiimitoimijan tavoista suunnata toimintaansa uusien olosuhteiden edellytysten mukaisiksi. Uusiutuvien energialähteiden osuus kaukolämmön tuotannossa onkin viimeisten vuosien kuluessa noussut nopeasti. Vielä vuonna 2010 uusiutuvien energialähteiden osuus kaukolämmön tuotannossa oli hieman alle 20 % (Energiateollisuus 2011) kun taas vuonna 2015 uusiutuvista energialähteistä peräisin oli jo 33 % (Energiateollisuus 2016b). Toiseksi käytetyimmän lämmitysmuodon, sähkön (suora ja varaava), tuotannossa on myös tapahtunut samanlaista kehitystä. Vuonna 2010 voimalaitossähköstä 17 % (Tilastokeskus 2012) oli peräisin uusiutuvista lähteistä, vuonna 2015 osuus oli noin 45 % (Energiateollisuus 2016c). Regiimitoimijoiden uudistumispyrkimyksestä kertoo myös muutamien paikallisten energiayhtiöiden kiinteistöjen omistajille tarjoama uusi jäähdyttämisen ratkaisu, kaukokylmä. Jäähdytysenergian siirtoverkoston suppeuden vuoksi hankalasti omaksuttavana ja melko kalliina jäähdytysmuotona se ei kuitenkaan ole toistaiseksi ollut todellinen vaihtoehto kuin harvoille kiinteistöille.

Kaukolämpö ja öljy olivat jo vuosikymmeniä olleet vakioratkaisuja suurten kiinteistöjen markkinoilla. Taajamien ulkopuolisilla alueilla, joissa kaukolämpöä

ei ollut hyödynnettävissä, suurissa rakennuksissa näkyi 2000-luvun edetessä siirtymä pois aiemmin lämmitysmarkkinaa dominoineesta öljystä. Uuden vuosituhanen toiselle vuosikymmenelle tultaessa geoenergiaa hyödynnettiin yhä enemmän. Tämä siitä huolimatta, että geoenergian hyödyntäminen suurissa kohteissa edellytti pitkään asiakkaiden omatoimisuutta tiedon ja sopivien tekijöiden hankinnassa. Perinteisten lämmittämisen tapojen menettäessä aiempaa kilpailuetuaan asiakkaat kaipasivat tietoa uusista, näille vaihtoehtoisista ratkaisuista, mutta suurten rakennuskohteiden ollessa kyseessä tiedon saaminen oli työlästä. Kiinteistöjen energiahuollon regiimitason toimijat eivät tunteneet uusia teknologioita ja luottaneet niiden suorituskykyyn. Lisäksi useiden energiayhtiöiden osalta uudet ratkaisut olivat kilpailijoita toimijoiden vakiintuneille tuotteille ja palveluille. Näin regiimin piirissä toimivilla oli halu pysyä itselle tutuissa tekniikoissa ja toimintatavoissa ja suositella näiden ratkaisujen hyödyntämistä asiakkailleen.

Geoenergian hyödyntämisen koettu hankaluus suurissa kiinteistöissä on oire kiinteistöjen energiahuollon regiimin tietynasteisesta lukkiutumisesta aiempiin käytänteisiin sekä niitä tukeviin toiminnan ja ajattelun tapoihin. Pitkään vakioratkaisuina hyödynnettyjen ratkaisujen dominanssi ohjasi vuosikymmenten kuluessa erilaisia toimijoita (esim. oppilaitokset, suunnittelutoimistot, laitevalmistajat, rakentajat, myyjät ja asentajat) sopeuttamaan toimintatapansa näihin vaihtoehtoihin. Kun aiempien ratkaisujen menestysedellytysten heikentyessä suurten kiinteistöjen lämmitysratkaisujen markkinoilla olisi ollut kysyntää erilaisten lämpöpumppuratkaisujen hyödyntämiseen, ei tätä osaamista ollut riittävästi saatavilla.

Tahojen ja toimijoiden, joiden valinnat vaikuttavat erityisen paljon siihen millaisia energiaratkaisuja valitaan, voidaan pitää eräänlaisina portinvartijoina. 2010-luvun edetessä kokemukset geoenergian hyödyntämisestä suurissa kiinteistöissä ovat karttuneet ja yhä useammat portinvartija-asemassa olevat regiimitoimijat (kiinteistösjoihtajat, rakennuttajat ja rakennusyhtiöt) ovat alkaneet pitää geoenergiaa mahdollisena vaihtoehtona. Näin geoenergiasta on tullut hyväksytty lämmittämisen vaihtoehto myös suurissa kiinteistöissä, joskin sen hyödyntäminen etenkin kaupunkiseuduilla on vielä melko vähäistä.

5.4.2 Niche

2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä geoenergian hyödyntäminen pientaloissa yleistyy siten, että vuosikymmenen lopussa ratkaisun voidaan sanoa olevan jo osa vakiintuneiden lämmitysvaihtoehtojen joukkoa. Tätä on edeltänyt maailmän nichen kypsyminen 1990-luvulta lähtien. Varsinaista suojattua tilaa, jossa teknologiakehitystä tai teknologian sopeuttamista olisi voinut rauhassa ja pit-

käjänteisesti tehdä, ei vuosituhaten vaihteessa tai sitä ennen varsinaisesti ollut, mutta muita nichelle tunnusomaisia piirteitä on kyllä löydettävissä. Edeltävän luvun tätä vastaavassa alaluvussa käytiin jo läpi indikaattoreita, joilla voidaan jäljittää nichetason toiminnan kehittymistä kohti yleistä tunnettuutta ja hyväksyntää. Indikaattoreista alan toimijaverkostot ja oppimisprosessit olivat 2000-luvulle tultaessa kehittyneet selvästi 1980-luvulta. SULPUn ja Motivan työ lämpöpumppualan ja lämpöpumppujen hyödyntämisedellytysten parantamisessa pienissä kohteissa oli merkittävää. Yhteinen ääni, kehittynyt koulutustoiminta, käyttöön otetut lämpöpumppujen ja lämpöpumppuasentajien laatujärjestelmät sekä tiedottaminen lämpöpumppujen hyödyntämismahdollisuuksista tukivat alan kehittymistä tarjoamalla yksityisille kiinteistönomistajille luotettavaa tietoa ja turvaa uuden teknisen ratkaisun omaksumisen tueksi. Aiempaa laajemman ja yhteistyökykyisemmän toimijaverkoston muodostumisen myötä myös alan tutkimustoiminta kehittyi käytännönläheisemmäksi ja osin julkisella rahalla toteutettujen tutkimushankkeiden kautta saatiin tuotettua ajantasaista tietoa ja näyttöä lämpöpumpputekniikoiden hyödyntämisestä erilaisissa kiinteistökohteissa. Tärkeänä indikaattorina MLP-kirjallisuudessa mainittu maalämpölaitteiden hinta/suorituskykyosuus oli myös parantunut selvästi aiemmilta vuosikymmeniltä. Parantunut hintakilpailukyky erityisesti suhteessa öljylämmitykseen oli ratkaisevan tärkeää maalämmön suosion nousulle.

Geoenergian hyödyntämiseen kannustaneita tekijöistä tärkein oli tarkasteltuna ajankohtana tavanomaisten lämmityslähteiden hintojen odotettavissa oleva nousu. Yksin tavanomaisten energiamuotojen hintakehitys ei kuitenkaan moniin muihin energiaratkaisuihin verrattuna perustamiskustannuksiltaan melko kalliin geoenergian suosion kasvua selitä. Pientaloissa yleistynyt, miellyttävänä lämmönjakomuotona tunnettu lattialämmitys ja sen hyvä yhteensopivuus maalämmön kanssa tuki myös suosiota (HS64). Muita syitä maalämmön valitsemiselle olivat kasvanut ympäristötietoisuus, omakotiasumisen ihanteeseen kuuluva oma-varaisuus, joka maalämmössä osin toteutuu, tuote- ja palvelukokonaisuuksien parantunut laatu, markkinointi sekä 2000-luvun edetessä tapahtunut voittopuolisesti positiivisten käyttökokemusten aiheuttama hyvän kierre, joka selittyy vaikutuksella, joka muiden vastaavassa valintatilanteessa olevien tai äskettäin tällaisessa tilanteessa olleiden valinnoista aiheutuu (Kasanen & Lakshmanan 1989, 142–143). Hyvien käyttökokemusten myötä geoenergia saavutti suosiota erityisesti uusilla pientaloalueilla. Se, että pientaloasukkaat ovat keskeinen energiemarkkinoiden syntymistä jouduttanut ryhmä, ei ole aivan tavatonta uusien energiateknologioiden käyttöönotossa. Uudet energiateknologiat lähtevät usein yleistymään energian loppukäyttäjien kokeilujen myötä (Jamison 2001, 94). Noin vuoden 2005 jälkeen pientalojen geoenergiatarkkinat alkoivat vetää kuin itsensä ja toimijoiden suurin huoli oli saada toimitettua kysyntää vastaavasti. Etenkin porausurakoitsijoilla oli kiire. Nopea laitteistokannan kasvu ei tapahtunut

täysin ongelmitta, mutta koska valtaosa käyttökokemuksista oli positiivisia, pysyi geonegian maine hyvänä. Vilkkaat lämpöpumpputaiheita monipuolisesti käsittelevät keskustelufoorumit edesauttoivat osaltaan markkinoilla tapahtuvaa valikointia ja huonojen toimijoiden ja käytäntöjen karsiutumista alalta.

Suurten rakennusten energiaratkaisujen markkinoilla geenergia oli vielä 2010-luvulla melko vähän hyödynnetty nichetuote. Vakiintuneiden energiaratkaisujen erittäin vahva asema sekä geenergia-alan toimijaverkoston verrattain heikko kyky palvella suurten kiinteistökohteiden energiaratkaisuista päättäviä pitivät maalämmön kuitenkin vielä melko marginaalisena energiavaihtoehtona suurissa kiinteistökohteissa. Rakenne, jonka puitteissa valintoja suurten rakennusten energiavalinnoista tehdään ohjaa vahvasti tiettyihin, vakiintuneisiin vaihtoehtoihin ja muiden ratkaisujen valitseminen edellyttää vaivannäköä tai riskintotoa. Tulevaisuudessa voidaan odottaa geonegian lisääntymistä suurissa kohteissa, sillä kriittinen massa onnistuneita kohteita on jo olemassa. Etenkin kohteissa, joissa on viilennystarvetta, geonegian kilpailukyky on varsin hyvä. Samat nichen kypsymistä tukevat tekijät kuin pientalojenkin kohdalla vaikuttavat myös suurten kohteiden markkinoilla. Vähitellen niin kiinteistöjen omistajat ja rakentajat kuin myös geenergia-alan toimijat ovat oppimassa mitä geonegian hyödyntäminen suurkohteissa vaatii.

5.4.3 Toteutuneen kehityksen luonne MLP-kehityksen termein kuvattuna

Oleellinen ero vuosituhanen vaihteen jälkeisessä toimintaympäristössä verrattuna aiempaan, luvussa 4 tarkasteltuun ajankohtaan, oli selkeän toimintaympäristöön vaikuttaneen shokin puuttuminen. 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa energiakriisit olivat yllättäviä ja nopeasti kehittyneitä muutostekijöitä, joilla oli vaikutuksia lähes kaikille yhteiskunnan aloille. 2000-luvun vaihteessa tällaista lumivyörymäistä shokkia ei ollut. Eri energiamuotojen hinnat kyllä kallistuivat kuten energiakriisienkin aikana, mutta muutos oli luonteeltaan paremmin ennakoitavissa, pitkäkestoisempi ja vähemmän jyrkkä. Kiinteistöjen lämmittämisen valitsevaan regiimiin kohdistui painetta, mutta sikäli vähäisesti, että suuria ja nopeita muutoksia ei tapahtunut. Tärkeimpänä landscape-tason muuttujana 2000-luvun alussa oli keskeiseksi energiapolitiikan päämääräksi asetettu pyrkimys kohti aiempaa vähäpäästöisempää energiantuotantoa. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi käyttöön otetut ohjauskeinot ja lähes koko vuosituhanen ensimmäisen kymmenluvun jatkunut raaka-aineiden kysynnän kasvu vaikuttivat energian hintojen

nousuun. Aiemmin kirjallisuudessa tehdyistä tyypittelyistä⁷⁰ 2000-luvulla tapahtuva landscape-tason toimintaympäristön muutos on lähinnä disruptiivista toimintaympäristön muutoksen tyyppiä, joskin eroaa tästä siinä että päästövähennystavoitteiden vaikutukset ulottuvat useille eri yhteiskunnan osa-alueille ja ovat täten suuria. Termi tällaiselle aiemmin kestäväen kehityksen transitiotutkimuksessa nimeämättömälle toimintaympäristömuutoksen tyyppille voisi olla vaikkapa laaja-alainen politiikan suunnanmuutos. Suhteessa koko kiinteistöjen lämmittämisen markkinaaan 2000-luvun ensimmäinen ja tähän mennessä kulunut toinen vuosikymmen ovat olleet lämmittämisen toimintatapojen muutoksen käynnistymisvaihetta ja läpimurto- ja kiihdytysvaiheen alkua. Joidenkin regiimitoimijoiden asema on alkanut huojua ja kysyntä vaihtoehtoisille lämmitysratkaisuille, suurissa kiinteistöissä kaukolämmölle ja pienissä sähkölle ja öljylle, on voimistunut. Regiimi on monilla tavoin muuttamassa muotoaan, mutta tavanomaiset ratkaisut ovat edelleen vahvoilla. Geoenergia on yksi erityisesti pientaloissa suosituksi tulleista ja suurissakin kohteissa osuuttaan kasvattavista lämmittämismuodoista, mutta koko lämmittämisen markkinassa se ei ole vielä vakiintunut niin kattavasti käyttöön, että voitaisiin puhua geoenergian olevan osa uutta tai muodostumassa olevaa lämmittämisen regiimiä.

Kun otetaan tarkastelunäkökulmaksi pienet kiinteistökohteet, seuraa 2000-luvun alkupuolella tapahtunut geoenergian hyödyntämisen yleistyminen MLP-kirjallisuudessa tunnistetuista kehityspoluista lähimmin korvaantumispolkua (*technological substitution pathway*). Tässä polussa landscape-tason muutokset aiheuttavat painetta vakiintuneille ratkaisuille. Pientalojen lämmittämisen tapauksessa useat aiempinakin vuosikymmeninä suositut lämmittämisen tavat pitävät pintansa, mutta öljy ei enää muuttuneissa oloissa vaikuta hyvältä vaihtoehdolta ja sen hyödyntäminen alkaa korvautua muilla vaihtoehdoilla. Erilaisista uusista, nichetason ratkaisuista maalämpö on vajaan parin vuosikymmenen kuluessa kypsytynyt aiempaa suorituskykyisemmäksi ja asiakkaille houkuttelevammaksi ratkaisuksi. Toimijat ovat kehittäneet tuotteitaan ja alalle on syntynyt uusia yhteistyöverkostoja. Geoenergia erottautuu erityisesti uudisrakentajille ja öljylämmittäjille uutena ja kiinnostavana vaihtoehtona ja asennusmäärien kasvaessa yhä useampi pientalon rakentaja tai saneeraaja päätyy valitsemaan sen suhteellisen korkeasta hankintahinnasta huolimatta. Geoenergian suosion huomalle kasvulle ei ole löydettävissä yhtä yksittäistä menestystekijää, jolla voisi selittää tapahtuneen kehityksen. Kysymys on useista eri tasoilla vaikuttavista tekijöistä, jotka 2000-luvun alussa osuivat yhteen suotuisasti. Geoenergian suosion kasvun vana vedessä jotkin regiimitoimijat (esim. öljylämmityslaitteita valmistava Oilon Oy)

⁷⁰ Ks. taulukko 2 luvussa 2.4.2

pyrkivät ottamaan maalämmön osaksi tuotepalettiaan. Valtaosa aiemmista pientalojen lämmittämisen regiimin toimijoista (puu-, sähkö- ja kaukolämmitystä tarjoavat tahot) pitäytyy kuitenkin paljolti aiemmin hyväksi havaituissa ratkaisumalleissa. Aiempi vakiintuneiden toimijoiden joukko täydentyy uusilla toimijoilla.

2010-luvulle tultaessa geoenergia on jo niin tavanomainen lämmitysratkaisu pientaloissa, että sen voidaan näin rajatulla markkinalla katsoa olevan osa vakiintuneiden lämmitysvaihtoehtojen joukkoa. Se, onko maalämpö jo osa regiimiä, riippuu siitä miten tiukasti regiimi määritellään. Onko geoenergian hyödyntämisen lyhyen historian aikana kiinteistöjen lämmitysratkaisujen markkinoille muodostunut sellaisia pysyvyystekijöitä, jotka ylläpitävät geoenergian suosiota myös tulevaisuudessa? Tunnettuuden, luotettavuuden ja uudiskohteiden osalta suuren markkinaosuuden myötä kysymykseen voinee vastata kyllä, mutta melko vähäisen julkisen koulutus- ja tutkimustoiminnan sekä lobbausvoiman osalta kypsymisen osaksi regiimiä voinee vielä katsoa olevan kesken. Lisäksi katsottaessa kaikkien pienten rakennusten lämmitystapoja on geoenergia pääasiallisena lämmönlähteenä edelleen suhteellisen pienessä osassa koko pientalojen kantaa. 2000-luvun kehitystä selittäviä tekijöitä ovat maalämpöpumppujen tekninen kehitys, erityisesti laitteistojen ohjausautomaatiikan kehittyminen ja lämpökaivojen porausosaamisen paraneminen, joka laajensi maalämmön potentiaalista markkinaa ja teki energiansaannin luotettavammaksi. Uusia toimialan kypsymisestä kertovia menestystä tukevia tekijöitä olivat lämpöpumppualan institutionalisoituminen josta osoituksena SULPUn aktiivinen toiminta, alan toimijoiden järjestämät koulutukset ja sen myötä geoenergiaan liittyvän tietoisuuden ja osaamisen kasvu rakennusalalla sekä laajentunut, vaikkakin edelleen melko vähäinen tutkimustoiminta. Lisäksi otolliset markkinaolosuhteet ja uuden teknologian hyvä yhteensopivuus olemassa olevaan soveltamisympäristöön tukivat geoenergian mahdollisuuksia.

Suurten rakennusten kohdalla öljyn ja myöhemmin 2010-luvulla kaukolämmön hintojen nousu aiheuttaa painetta regiimille. Erilaisista kehityspolkujen tyypeistä kehitys suurten kiinteistöjen kohdalla muistuttaa lähimmin määrin muuntautumispolkua (*transformation pathway*), jossa niche-tasolla ei ole valmiita ratkaisuja jotka vastaisivat suoraan uusiin tarpeisiin. Geoenergia on yksi lämmittämisen niche-innovaatioista, mutta aiemmissa luvuissa mainitut ongelmat tekevät geoenergian hankalasti hyödynnettäväksi monille suurten kiinteistöjen omistajille. Kun valmista substituuttia vanhoille ratkaisuille ei ole, on regiimitoimijoilla mahdollisuus reagoida ja suunnata alan kehitystä siten, että uudet ratkaisut vastaavat ilmenneisiin haasteisiin samalla sopien aiempaan vallitsevaan toimintatapaan. Öljyn hyödyntämisen osalta tällaisten muutosten tekeminen on hankalaa, mutta jotkin alan toimijat ovat laajentaneet palveluvalikoimaansa käsittämään myös muita energiamuotoja öljyn rinnalle. Esimerkkeinä tällaisista St1 ja Oilon.

Kaukolämmön kohdalla sopeutuminen tapahtuu mukautumalla pyrkien enenevästi hyödyntämään aiempaa vähäpäästöisempiä polttoaineita. Myös erilaisia lämpöpumppuratkaisuja hyödynnetään kaukolämmön ja -kylmän tuotannossa sekä alueellisissa lämpöverkoissa. Nämä vastaavat ympäristöystävällisyyden haasteeseen, mutta kaukolämmön hintakehitykseen polttoaineiden tai lämmön tuotantotapojen muutoksella on ollut lähinnä sitä edelleen nostava vaikutus. Energiamuotojen hyödyntämisen melko hidasta muutosta suurissa kiinteistöissä voi selittää osin kynnys suurten saneerausten tekemiseen ja osin energiaa säästävien toimien tekeminen vähitellen. Monissa suurissa kohteissa ensimmäinen energiatehokkuutta parantava ratkaisu on lisäeristäminen, sen jälkeen lämmön talteenottojärjestelmien asentaminen ja vasta sitten kokonaan uuden energiaratkaisun asentaminen. Useissa tapauksissa ensimmäiset kaksi vaihtoehtoa tuottavat jo niin suuret säästöt, ettei lämmitysjärjestelmän vaihtoon ole välttämättä enää tarvetta.

Verrattuna useisiin MLP-kirjallisuudessa käsiteltyihin uusiutuvan energian hyödyntämisen kehityspolkuihin, geoenergian menestys 2000-luvulla on tietynlainen erityistapaus. Ensinnäkin siksi, että uusiutuva energiamuoto saavuttaa melko nopeasti varsin suuren suosion ja toiseksi siksi, että tämä tapahtuu ilman laajoja teknologiaohjelmia tai tukijärjestelmiä. Moniin kestäväen kehityksen transitiotutkimuksen piirissä käsiteltyihin uusiutuvan energian kehityspolkuihin nähden leimallista geoenergian yleistymiselle Suomessa ovat julkisen vallan vähäiset pyrkimykset edesauttaa nimenomaan geoenergian yleistymistä. Vähäpäästöiseen energiantuotantoon kannustavat toimet ja saneerauskohteiden osalta kotitalousvähennys ovat auttaneet asiaa tehdessään aiemmin tavanomaisista energiamuodoista aiempaa kalliimpia ja kannustamalla energiasaneerauksiin ja luomalla näin markkinoita uusille ratkaisuille, mutta suoraa pitkäkestoista tukia ei geoenergian hyödyntämiseen ole ollut tarjolla. Lämpöpumppualan korjattua 1980-luvulla alan maineen menetyksen aiheuttaneita puutteita geoenergia on yleistynyt valtaosin markkinaehtoisesti siten, että vertailussa vasten muita lämmittämisen vaihtoehtoja se on näyttäytynyt taloudellisesti kannattavimmalta tai muutoin houkuttelevimmalta valinnalta.

6 GEOENERGIA VUOTEEN 2030

Tässä luvussa tutkailaan kiinteistöjen lämmitysratkaisujen markkinoita ja erityisesti geoenergian hyödyntämiseen vaikuttavia tekijöitä tullessa vuoteen 2030. Vuosi 2030 valittiin tulevaisuustarkastelun päätepisteeksi, koska se on riittävän kaukana, että merkittävänä pidettäviä muutoksia etenkin uudisrakennusten kohdalla rakennusten energihuollon markkinoilla voi tapahtua, mutta kuitenkin niin lähellä, että tuohon vuoteen ulottuvia energiantuotantoon ja rakennusten energiankulutukseen liittyviä sitoumuksia on jo tehty. Tulevaisuusosion pääasiallinen primääriaineiston keruun ja jalostamisen tapa oli kaksikierroksinen Delfoi-menetelmä. Delfoin ensimmäinen kierros toteutettiin haastatteluin ja toinen kierros sähköisenä kyselynä. Tässä luvussa esitetään Delfoin ensimmäisen kierroksen tulevaisuusaineiston tulokset. Toisen kierroksen tuloksia käydään läpi luvussa 7.

Tulevaisuustarkastelun tulosten esittäminen noudattaa paljolti samankaltaista rakennetta aiempien, jo toteutunutta kehitystä kuvanneiden lukujen kanssa. Kiinteistöjen lämmittämISRatkaisujen tulevaisuuden kehityskulkuihin merkittävimmin vaikuttavat tekijät sijoitetaan kolmelle analyttiselle tasolle: etäältä vaikuttavalle landscape-tasolle, pysyviä tai hitaasti muuttuvia elementtejä käsittävälle regiimitasolle sekä uusia toimintatapoja ja -teknologioita kokoavalle nichetasolle. Tässä luvussa esiteltävä tietoaaineisto on haastattelujen osalta käsitelty kuten aiemmin, laadullista sisällönanalyysiä hyödyntämällä. Kirjallista sekundääriaineistoa, lähinnä politiikkadokumentteja ja niiden sisältöä syventäviä tai täydentäviä raportteja ei sitä vastoin ole käsitelty sisällönanalyysillä vaan näiden lähteiden keskeinen sisältö on avattu suoraan haastatteluaineiston tuottamien luokittelukategorioiden, eli aiemmista luvuista tutulla tavalla muodostettujen alalukujen, sisään. Perusteena valinnalle olla käsittelemättä kirjallista aineistoa tulevaisuutta käsittelevässä luvussa sisällönanalyysillä on ajankohtaisaineiston puuttuminen ja muun kirjallisen tulevaisuusaineiston suhteellinen niukkuus verrattuna muihin aikatasoihin. Keskeiset haastatteluaineistosta nousseet tekijät on liitetty lähdeaineistoon aiemmista luvuista tutuilla tunnisteilla.

6.1 Olosuhdetekijät (landscape)

Haastatellut asiantuntijat näkivät EU-tasolla tehtävien energia- ja ilmastopoliittisten päätösten olevan tärkeimpiä taustamuuttujia siinä millaisia lämmitysratkaisuja suomalaisessa kiinteistökannassa vuonna 2030 suositaan. Tässä luvussa esitel-

lään lyhyesti tärkeimpien kiinteistöjen lämmitysratkaisujen tulevaisuuden toimintaympäristöä raamittavien EU:n energia- ja ilmastopolitiikkaa sekä sen osana rakennusten energiatehokkuutta käsittelevien asiakirjojen sisältöä. EU:n ilmastopolitiikan taustalla vaikuttavan kansainvälisen ilmastopolitiikan teemoihin ei tässä luvussa juurikaan paneuduta. Suomi toteuttaa kansainvälistä ilmastopolitiikkaa osana EU:ta ja näin rajautuminen vain EU:n piirissä sovittuihin tulevaisuutta raamittaviin tavoitteisiin ja sitoumuksiin on perusteltua.

Tietyn hankaluuden tehtäviin tulevaisuustarkasteluihin tekee se, että tämän tutkimuksen viimeistelyajankohtana, alkuvuonna 2018, Pariisin vuoden 2015 ilmastokokouksen sitoumusten vaikutukset EU:n tulevaan energia- ja ilmastopolitiikkaan eivät ole täsmällisesti selvillä. Pariisin ilmastosopimuksen tavoitteena on rajoittaa maapallon lämpeneminen 1,5 asteeseen (Ympäristöministeriö 2016). Tämä tavoite on sikäli kunnianhimoinen, että aiemmin tehdyt sitoumukset päästöjen vähentämisestä ovat riittämättömiä ja niitä on syytä arvioida uudelleen (Ekholm & Lindroos 2016, 3). Täsmällinen määrittelytyö koskien sitä millaisia velvoitteita Pariisin sopimuksesta eri maille aiheutuu, on tätä tutkimusta laadittaessa vielä kesken. EU:n ilmasto- ja energiapolitiikan tulevaisuuden tavoitteita hahmottelevissa dokumenteissa esitettyjä asioita tuleekin tarkastella oletuksella, että niissä esitetyt tavoitteet tulevat todennäköisesti kiristymään vuoteen 2030 tullessa.

6.1.1 EU:n ilmasto- ja energiapaketti

EU-tasoisista energiatulevaisuutta määrittävistä asiakirjoista merkittävin on vuonna 2014 EU:n komission julkistama ja Eurooppa-neuvoston hyväksymä EU:n energia- ja ilmastopolitiikkaa vuoteen 2030 asti raamittava ilmasto- ja energiapaketti. Paketin koko EU:ta koskevinä tavoitteina ovat kasvihuonekaasujen vähintään 40 % vähennys vuoden 1990 tasoon verrattuna, uusiutuvan energian osuuden nostaminen vähintään 27 % energian loppukulutuksesta sekä energiatehokkuuden parantaminen 27 % verran verrattuna aiemmin, vuonna 2007 arvioituun kehitysuraan (Eurooppa-neuvosto 2014, 1-5). Päästöjä vähennystavoite jakautuu siten, että vuoden 2005 tasoon verrattuna päästökaupparektorin tulee laskea päästöjä 43 % ja päästökaupan ulkopuolisten alojen 30 %. Poiketen aiemmista EU:n uusiutuvan energian lisäystavoitteiden taakanjaosta, vuoteen 2030 ulottuvan ilmasto- ja energiapaketin kohdalla ei uusiutuville energialähteille ole määriteltäviä maakohtaisia tavoitteita. Perusteena uusiutuvien energialähteiden taakanjaon muuttamiselle ja kunnianhimon suuntaamisessa aiempaa tiiviimmin päästöjen vähentämiseen on uusiutuvan energiatuotannon, mm. tuetun ja joillakin kansallisilla markkinoilla suosituimmuusaseman saaneen uusiutuvan sähköntuotan-

non ja nestemäisten biopolttoaineiden tuotannossa havaitut ei-toivottavat markkinavaikutukset (European Commission 2014).

EU:n komissio täsmensi energiapaketin sisältöä marraskuussa 2016. Tämä ns. puhtaan energian talvipaketti sisälsi joitain kiristyksiä aiempiin tavoitteisiin, ehdotuksia uudeksi uusiutuvan energian direktiiviksi sekä täsmennyksiä aiempiin energiatehokkuus- ja rakennusten energiatehokkuusdirektiiveihin. Ehdotukset eivät ole vielä tätä tutkimusta tehtäessä lainvoimaisia, mutta ne kertovat suunnasta johon EU:n yhteinen ilmasto- ja energiapolitiikka on lähitulevaisuudesta menossa ja alleviivaavat sitoutumista aiempiin päätöksiin (European Commission 2016, 2). Tämän tutkimuksen näkökulmasta kiinnostavimpia ovat rakennusten lämmitysmarkkinoihin kohdistuvat maininnat. Ehdotuksessa uusiutuvan energian osuutta lämmitys- ja jäähdytyssektorilla olisi lisättävä yhdellä prosenttiyksiköllä vuosittain. Lisäksi kaukolämpö ja -jäähdytysverkot tulisi avata paikallisesti, uusiutuvilla energiamuodoilla tuotetulle energialle (European Commission 2016b, 2).

Keskeisenä välineenä vuoden 2030 ilmastotavoitteiden saavuttamisessa tulee olemaan päästökauppamekanismi, jossa on korjattu aiempien päästökauppakausien ongelmat (TEM 2014). Ongelmia ovat aiemmin olleet mm. päästöoikeuksien ilmaisjako ja hiilivuoto (Valtioneuvoston selonteko kansallisesta... 2016, 9). Päästökaupan ulkopuolelle jäävien sektoreiden (mm. kiinteistökohtainen lämmitys) osalta päästövähennysten maakohtainen jyvitys ja keinot päästövähennysten saavuttamiseksi ovat vielä varmistumatta. Komission ehdotuksen mukaan päästökaupan ulkopuolisille sektoreille kohdistuva Suomea koskeva päästöjen vähennystavoite olisi 39 % laskettuna päästöjen tasosta vuonna 2005 (ibid., 10). Vaikka kiinteitä maakohtaisia tavoitteita uusiutuvan energian osuudelle energiantuotannosta ei enää vuodelle 2030 olekaan asetettu, puoltavat vähäpäästöisyyden ohella energiaomavaraisuusnäkökohdat uusiutuvien energiamuotojen hyödyntämisen lisäämistä myös jatkossa.

Energia- ja ilmastopaketin tavoitteet välittyvät EU:n jäsenmaiden lainsäädäntöön lainsäädäntöohjeiden eli direktiivien välityksellä. Rakennusten energiaindustrioiden tulevaisuuteen vahvimmin vaikuttavia ovat päästökauppadirektiivi, energiatehokkuusdirektiivi, rakennusten energiatehokkuusdirektiivi, ekosunnitteludirektiivi ja uusiutuvan energian direktiivi (Motiva 2016b, FInZEB 2015, 9). Päästökauppadirektiivi määrittää päästökaupan toteuttamisen tapoja, energiatehokkuusdirektiivi ohjaa energiatehokkuuden parantamistoimia energian loppukäytössä (pl. päästökaupan piirissä olevat alat), rakennusten energiatehokkuusdirektiivi keskittyy uudis- ja korjausrakentamisen energiatehokkuuden edistämiseen, ekosunnitteludirektiivi ohjaa energiaa kuluttavien laitteiden suunnittelua ja uusiutuvan energian direktiivi ohjaa uusiutuvan energian edistämistoimia (Motiva 2016b, FInZEB 2015, 9). Tämän tutkimuksen rajauksen kannalta kiinnosta-

vimpia ovat energiatehokkuusdirektiivi, rakennusten energiatehokkuusdirektiivi ja uusiutuvan energian direktiivi. Päästökauppadirektiivikin on merkittävä vaikuttaessaan välillisesti kaukolämmön ja voimalaitossähkön tuotannon hintaan, mutta koska päästökaupparjestelmän kautta määräytyvä päästöoikeuksien hintataso välittyy suomalaisille kiinteistöjen lämmitysmarkkinoiden toimijoille energiamarkkinoiden kautta, ei tämän direktiivin seurauksia käsitellä tämän työn myöhemmissä luvuissa erityisen tarkasti. Ekosuunnitteludirektiivi on geoenergian hyödyntämiseen liittyviltä vaikutuksiltaan sikäli vähäinen, ettei sitä käsitellä tässä yhteydessä.

6.1.2 Ylikansalliset tavoitteet sekä rakentamista ja rakennusten energiankäyttöä koskeva sääntely

Vuoteen 2030 kurottavan energia- ja ilmastopaketin ohella EU:n komissio on laatinut myös joitain tämän tutkimuksen kysymyksenasettelun kannalta kiinnostavia, tulevaisuuden tavoitetilaa hieman pidemmällä horisontilla katsovia etenemissuunnitelmia. Näistä tärkeimpiä ovat vuonna 2011 laaditut, toisiinsa vahvasti kytköksissä olevat energiatiekartta ja matalahiilitiekartta, joissa määritellyt tavoitteet ulottuvat vuoteen 2050 asti. Energiatiekartan (EU:n komissio 2011) keskeisiä teemoja ovat hiilestä irtautuminen, energiatehokkuuden parantaminen, uusiutuvien energialähteiden hyödyntämisen selvä lisääminen ja yhteiskunnan sähköistyminen, joka tukee öljyn kulutuksen vähentämistavoitetta. Sähkön lopukulutuksen merkittävä kasvu edellyttää sähkön tuotanto- ja jakelujärjestelmän rakennemuutosta (ibid., 6). Komissio (ibid., 7-8) katsoo energiamuutoksen lisäävän kotitalouksien energiamenoja tulevana vuosikymmeninä.

Matalahiilitiekartan (EU:n komissio 2011b) keskeinen tavoite on 80 % päästöjen vähennys vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä. Tämä kaavallaan saavutettavan energiatehokkuutta parantamalla ja uusiutuvien energialähteiden hyödyntämistä lisäämällä. Suurin päästöleikkauksien potentiaali nähdään suurissa voimalaitoksissa, joissa tuotettavan energian kaavallaan olevan tuolloin lähes päästötöntä. Osaratkaisuna voimalaitoksissa mainitaan myös hiilen talteenotto-tekniikat, jotka mahdollistavat fossiilisten polttoaineiden käytön myös tulevaisuudessa. Rakennusten osalta tavoitteet ovat kunnianhimoisia, rakennusten käytön aiheuttamista päästöistä lähes 90 % nähdään olevan mahdollista leikata vuoteen 2050 mennessä (ibid., 6). Etenemissuunnitelmissa ei kuvata erityisen täsmällisesti kuinka tavoitteet saavutetaan, mutta vuosiin 2020 ja 2030 ulottuvat täsmällisemmät ilmasto- ja energiatarkastelut on toteutettu siten että niissä esitetyt toimet ovat riittäviä vuoden 2050 tavoitteet huomioiden. Näin vuotta 2050 koskevat tavoitteenasettelut toimivat kaukana olevana mutta uskottavana maalina, johon EU:n pitkän aikavälin ilmasto- ja energiapolitiikka tähtää.

6.1.3 *Kansainväliset energiamarkkinat*

Haastatteluissa merkittävimmät kansainvälisiin energiamarkkinoihin liittyvät tekijät koskivat lähes yksinomaan sähkömarkkinoita. Sähkömarkkinoihin liittyvät teemat korostuivat koska haastateltujen joukossa oli samanmielisyyttä siitä, että tulevaisuudessa rakennusten lämmittäminen sähköistyy rakennusten energiatarpeen vähenemisen, öljylämmityksen suosion vähenemisen ja lämpöpumppujen hyödyntämisen kasvun lisääntymisen myötä (R1, R2, R3, R12, R13, R14, R15, N10). Energian tuotantotavoissa käynnissä oleva muutos on tuonut epävarmuutta Pohjoismaisille sähkömarkkinoille. Viime vuosina markkinoille on tullut runsaasti uusiutuviin energialähteisiin nojautuvaa sähköntuotantokapasiteettia. Nämä energiamuodot ovat syrjäyttäneet perinteisiä tuotantomuotoja ja useissa Itämeren maissa onkin päätetty luopua kannattamattomiksi käyneistä lauhdevoimaloista. Ruotsissa on ilmoitettu myös joidenkin ydinvoimaloiden suunniteltua aiemmista sulkemisista. Nykyisillä sähkön hintatasoilla uusinvestointeja sähkövoimalaitoksiin ei juuri kannata tehdä ja jatkuessaan nykyisen hintatason ennakoidaan aiheuttavan seuraavalle vuosikymmenelle tullessa perinteisen lämpövoimalla tehtävän sähköntuotannon selvän laskun ja riskin mahdollisista saatavuusongelmista etenkin sähkön huippukulutuksen aikana (Fingrid 2016, 4-5). Osittaisena ratkaisuna sähkömarkkinoiden ongelmille nähdään tulevaisuudessa todennäköisesti yleistyvät erilaiset energiankulutuksen hintajoustotuotteet, jotka voivat tasata kysynnän huippuja tulevaisuudessa (R1, R2, R3, R13, R14). Haasteena on kuitenkin saada toimiva kytkentä markkinahinnan ja joustavan kysynnän välille, nykyisellään kun Pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla sähkön hinta määritellään päivää ennen kulutusta. Yksi varsin todennäköinen tulevaisuudenkuva on sähkön lähes reaaliaikaisen tuntihinnoittelun yleistyminen, tällä hinnoittelumallilla kysynnän lisääntyminen näkyy nopeasti sähkön hinnassa ja tuottaa sähkönkuluttajille välittömän kannusteen vähentää kulutustaan. Sähkömarkkinoiden tulevaisuudessa on paljon kysymysmerkkejä, mutta yleinen näkemys on että sähkön markkinahintojen heilahtelu tulee kaikissa tapauksissa lisääntymään.

Joissain haastatteluissa nousivat esille myös lämpöä ja sähköä tuottavien yhdistelmävoimalaitosten tulevaisuudessa enenevästi hyödyntämien biopolttoaineiden käyttöön liittyvät epävarmuudet. Vähäpäästöisyyttä ja uusiutuvan energian osuuden lisäämistä koskevat politiikkatavoitteet ajavat näitä voimalaitoksia kasvattamaan biopolttoaineiden osuutta energiantuotannossa. Epävarmuutta on kuitenkin koskien saatavuutta, hintakehitystä ja siitä, mikä luetaan kestäväksi biopolttoaineeksi (R1, R2). Hintakehitykseen ja saatavuuteen vaikuttaa voimakkaasti biopolttoaineiden tarjonta ja siihen kytköksissä oleva metsäteollisuuden raaka-ainetarve. Biopolttoaineen kestävyuden määrittely on taas poliittisen päätöksen-tekoprosessin tulos. Näiden tekijöiden muutosta ja yhteisvaikutusta vuoteen 2030 saakka on hankalaa ennustaa, mutta riskinä on, että erilaisten bioraaka-aineiden

kasvava hyödyntäminen erilaisissa käyttökohteissa, ei vain energioresurssina, tulee aiheuttamaan painetta myös energiantuotannossa hyödynnettävien biopolttoaineiden hintaan.

6.2 Kiinteistöjen lämmittämisen regiimi

Tähän lukuun on koottu seikkoja, joiden voidaan ajatella luonnehtivan kiinteistöjen lämmitysmarkkinoilla tapahtuvaa kehitystä Suomessa vuoteen 2030 tultaessa. Alaluvut on muodostettu aiempien lukujen tapaan kyseessä olevaa ajankohtaa käsittelevän haastattelu- ja tätä tukevan kirjallisen aineiston sisällönanalyysin perusteella. Tulevaisuustiedon ominaisuutena oleva epävarmuus tekee vaikeaksi valita erilaisten mahdollisten idulla olevien asioiden joukosta teemoja jotka tulevat kohtalaisen varmasti murtautumaan regiimiin. Paljolti tämän epävarmuuden vuoksi regiimin keskeisinä elementteinä esitetään tässä samankaltaisia asioita kuin edellisten kiinteistöjen lämmittämisen regiimiä käsitelleissä alaluvuissa. Näin siitä huolimatta, että keskeiset toimijat ja toimintaa ohjaava logiikka voivat hyvinkin muuttua runsaassa vuosikymmenessä. Tulevaisuuden toimijajoukkoa ja toimintatapoja muuttavia teemoja ja muutosprosesseja käsitellään myöhemmässä nichetason tekijöitä kuvaavassa alaluvussa, tätä seuraavassa uusia tarpeita ja ratkaisuja kuvaavassa luvussa sekä luvussa 7 tehtävässä skenaariotarkastelussa.

6.2.1 Energiapoliittinen ohjaus Suomessa

Aiemmin mainittiin energiatehokkuusdirektiivin, rakennusten energiatehokkuusdirektiivin ja uusiutuvan energian direktiivien olevan rakennusten energiahuollon tulevaisuutta lähivuosina ja tulevalla vuosikymmenellä merkittävästi raamittavia tekijöitä. Energiatehokkuusdirektiivin ja rakennusten energiatehokkuusdirektiivien toimeenpanoa Suomessa tarkastellaan kansallisilla energiatehokkuuden toimintasuunnitelmissa. Viimeisin, huhtikuussa 2014 julkaistu toimintasuunnitelma, tarkastelee pääosin vuoden 2020 energiatehokkuustavoitteiden⁷¹ toteutumista, mutta suunnitelmassa on myös pidemmän aikavälin kehitystä käsitteleviä osioita (NEEAP-3). Suunnitelmassa direktiivin edellyttämistä energiansäästöistä Suomessa lähes puolet kaavaillaan saavutettavan rakennusten energiatehokkuutta parantamalla (ibid.,27). Ratkaiseva osuus on jo rakennetun kiinteistökannan sa-

⁷¹ Lisätietoa EU:ta ja Suomea koskevista ilmasto- ja energiatavoitteista vuodelle 2020 EU:n komission verkkosivuilta: http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020/index_en.htm

neeraamisessa energiatehokkaammaksi ja tässä erilaisilla lämpöpumpuilla nähdään olevan merkittävä rooli (ibid., 21). Kiinnostavia poimintoja yleisellä tasolla kuvatuista keinoista ovat rakennusten energiankulutuksen elinkaarietäällisyyden ja elinkaaren mittaisen energiatehokkuuden aiempaa parempi huomioiminen rakentamisen suunnittelussa ja valvonnassa sekä pyrkimys lisätä erilaisten energiatehokkuutta parantavien palvelujen, kuten Green lease⁷² tai ESCO⁷³, käyttöä. Jälkimmäisellä toimintatavalla pystyttäisiin toteuttamaan energiatehokkuutta parantavia investointeja erityisesti julkisella sektorilla (NEEAP-3, 16).

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi käsittää kolme teemaa: energiatodistukset, vähimmäisvaatimukset uudis- ja korjausrakentamisen energiatehokkuudelle ja lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteiden määräaikaistarkistukset (Motiva 2016b). Energiatodistuksissa rakennusten energiatehokkuuden toteutumista tarkkaillaan rakennuksille laskettavalla energiatehokkuutta kuvaavalla e-luvulla. Erilaisille rakennustyypeille on määritelty omat energiatehokkuusrajojensa, joita suurempi e-luku ei saa olla, jotta rakennuslupa heltää. Yksinkertaistetusti kuvattuna e-luku saadaan kertolaskulla, jonka elementtejä ovat rakennuksen ulkopuolelta hankkiman ostoenergian määrä ja ulkopuolelta hankittavan energiamuodon perusteella määräytyvä kerroin. Energiamuotojen toisistaan eroavilla kertoimilla on pyritty ottamaan huomioon energiamuotojen välisiä eroja ympäristöystävällisyydessä ja energiatehokkuudessa. Suomessa kertoimet on määritelty sähkölle (1,2), kaukolämmölle (0,5) ja -jäähdytykselle (0,28), fossiilisille polttoaineille (1,0) sekä uusiutuville energiamuodoille (0,5) (Ympäristöministeriö 2017). Ostoenergian määrä lasketaan huomioimalla rakennuksen kaikki energiankulutus (lämmitys, lämmin käyttövesi, erilaiset sähkölaitteet sekä lämpöhäviöt) ja vähentämällä tästä passiivienergia (auringon säteily ja ihmisten tuottama lämpökuorma) sekä mahdollinen kiinteistökohtainen energiantuotanto. Energiatehokkuusluvun käyttöönotto on heikentänyt suoran sähkölämmityksen hyödyntämisedellytyksiä selvästi. Monet uudet pientalot, jotka olisivat aiemmin lämmenneet sähköllä, on vuodesta 2012 alkaen toteutettu erilaisia lämpöpumppuratkaisuja hyödyntäen (N4). Rakentamiseen liittyen direktiivin kiinnostavin seikka on vuoden 2020 jälkeiseen aikaan asetettu tavoite, jonka mukaan kaikki uudet rakennukset olisivat tuolloin miltei nollaenergiarakennuksia. Rakennusten tarvittava vähäinen energian määrä tulisi kattaa mahdollisimman pitkälti uusiutuvilla energialähteillä tuotetulla energialla (EUL 2014, 21). Direktiivi ei koske pienimpiä rakennuksia (alle

⁷² Lisätietoa: <http://www.imt.org/finance-and-real-estate/green-leasing/infographic>

⁷³ Lisätietoa: <http://www.motiva.fi/esco-palvelu>

50 m²), loma-asuntoja, teollisuusrakennuksia eikä tiettyjä erikoisrakennuksia (ibid. 19–20).

Erilaisia tulevaisuuden energiantuotannon ja -kulutuksen tavoitetiljoja Suomessa kuvaavia julkisia asiakirjoja on löydettävissä useita. Nämä asiakirjat ovat tyyppillisesti melko laveja kokonaisuuksia, joissa sovitetaan yhteen EU:n energia- ja ilmastopolitiikan (ml. edellä mainitut direktiivit) ja kansallisen politiikan tavoitteita. Esimerkkejä tulevaisuussuuntautuneista lähteistä ovat valtioneuvoston toimeksiannosta valmisteltu vuoteen 2050 ulottuva energia- ja ilmastotiekartta, hallituksen ilmasto- ja energia-astioita käsittelevät strategiat, valtioneuvoston vaihtuvateemaiset, kerran vaalikaudessa laadittavat tulevaisuusselonteot (ks. esim. Valtioneuvoston kanslia 2009) sekä eri hallinnonalojen tulevaisuus katsaukset. Asiakirjojen ohella kiinnostavaa tulevaisuusaineistoa ovat näiden asiakirjojen sisältöä jostain näkökulmasta täsmentävät tutkimukset ja eri yhteiskunnallisten sidosryhmien strategioita käsittelevät lausunnot. Tämän luvun yhteydessä käsitellään kaikesta aineistoista vain vaikutuksiltaan laajimpia, ilmasto- ja energiatiekarttaa sekä muutamia viime vuosien ilmasto- ja energiastategioita ja niitä täydentäviä lähteitä. Tärkein hyödynnettävä tausta-asiakirja on marraskuussa 2016 julkistettu Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030 sekä tämän strategian tausta-aineistot. Tuoreimpina tulevaisuussuuntautuneina dokumentteina näiden voi ajatella pitävän sisällään luotettavimman saatavilla olevan näkemyksen tulevaisuuden energiapolitiikan toteuttamisen suuntaviivoista Suomessa.

Vuoden 2014 lokakuussa julkaistu energia- ja ilmastotiekartta on strateginen ohje, jossa pohditaan kuinka hiilineutraaliin yhteiskuntaan voitaisiin päästä ja millaisia vaikutuksia tämän päämäärän saavuttaminen aiheuttaa suomalaisen yhteiskunnan eri osa-alueille. Johtuen pitkästä, vuoteen 2050 ulottuvasta aikaperspektiivistä tiekartta on energia- ja ilmastostrategioihin verrattuna melko yleisluonteinen tarkastelu, jossa keinoja hiilineutraaliin yhteiskuntaan pääsemiseksi ei hahmotella erityisen tarkasti. Paremminkin tekstissä esitetään vaihtoehtoja, jotka toteuttavat tavoitteen hiilineutraalista Suomesta. Vaihtoehtoisten tulevaisuuskuvien välillä on suuria eroja, toisessa ääripäässä on ydinvoiman voimakas lisääminen ja toisessa taas energiatarpeen tyydyttäminen tuulivoimaa ja aurinkoenergian hyödyntämistä kasvattamalla. Suuressa roolissa haastavan päästötavoitteen saavuttamisessa nähdään kaikissa työn skenaarioissa olevan erilaisten energiatehokkaiden ja vähäpäästöisten cleantech-innovaatioiden hyödyntäminen (TEM 2014b, 15–16). Rakennetun ympäristön energihuollon tulevaisuutta käsitellään energia- ja ilmastotiekartassa varsin niukasti. Ehkäpä suuntaa antaa toteamus, jonka mukaan olemassa oleva kaukolämpöverkko tarjoaa hyvän mahdollisuuden energiatehokkaaseen rakennetun ympäristön hallintaan myös tulevaisuudessa (ibid., 46). Vuonna 2014 tehtyyn energia- ja ilmastotiekarttaan on valmisteilla päivitys, jossa

lähtökohtana on kaiken Suomessa kulutettavan energian tuottaminen uusiutuvia energialähteitä hyödyntäen (Rehn 2016). Päivitetty versio energia- ja ilmastotiekartasta ei ehtinyt valmistua siten, että sen aineistoa olisi voitu ottaa huomioon tässä tutkimuksessa.

Tämän tutkimuksen vuoteen 2030 ulottuvan tulevaisuustarkastelun aikahorisontin sisään osuvat vuosina 2008, 2013 ja 2016 julkistetut ilmasto- ja energiastrategiat. Vuosina 2008 ja 2013 julkaistujen strategioiden keskeisin huomio oli toimissa, jotka varmistavat vuoden 2020 ilmasto- ja energiatavoitteiden saavuttamisen. Vuoden 2013 strategia on vuonna 2008 julkaistun pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategian päivitys, jossa oleelliset politiikkatavoitteet ovat samoja aiemman kanssa ja tehdyt muutokset toimenpiteisiin ovat seurausta lähinnä toimintaympäristön muutoksesta. Suomen osalta vuoden 2020 tavoitteet olivat 38 % uusiutuvan energian osuus energian loppukulutuksesta, 16 % päästöjen vähennys päästökaupparektorin ulkopuolisilla aloilla vuoden 2005 tasosta mitattuna (21 % vähennys päästökaupparektorilla) (EYVL 2009) sekä energiatehokkuuden parantaminen 20 % vuoden 2007 tasoon verrattuna. Vuoden 2013 strategiassa suurin osa uusiutuvien energialähteiden hyödyntämisen lisäyksestä Suomessa vuoteen 2020 mennessä kaavailtiin saavutettavan kasvattamalla puupolttoainesten, erityisesti metsähakkeen hyödyntämisen osuutta energiakäytössä (TEM 2014b, 25). Puupolttoaineilla suunniteltiin korvattavan erityisesti kivihiilen käyttöä, jonka hyödyntämisestä strategiassa oli tavoitteena luopua vuoteen 2025 mennessä (ibid., 19). Tavoitteena oli myös turpeen polttamisen supistaminen kolmanneksella 2010-luvun alun keskimääräisestä tasosta (ibid., 30).

Kiinteistöjen lämmittämisen kannalta oleellisia olivat myös maininnat hajaautetun uusiutuvan energiantuotannon lisäämisestä (TEM 2014b, 26) sekä energiatehokkuusdirektiivin mahdollisesti velvoittamista toimista edistää CHP-tuotannon kasvattamista (ibid., 36). Kaksi viimeksi mainittua tavoitetta eivät ole keskenään ristiriitaisia, sillä kaukolämpö tulkitaan asiakirjassa paikallisesti tuotettuna energiana (vrt. voimalaitossähkö, joka voidaan tuottaa hyvinkin kaukana kulutuspaikasta). Mineraaliöljyn käyttöä oli tarkoitus vähentää siten, että vuonna 2025 se kattaisi 17 % energian kokonaiskulutuksesta⁷⁴. Vähennysten kaavailtiin tulevan öljyn kulutuksen pienenemisestä ensisijaisesti liikennekäytössä ja vähäisemmin lämmityskäytössä. Vuodelle 2020 Suomelle asetetut uusiutuvaa energiaa koskevat tavoitteet on saavutettu jo vuonna 2016 (TEM 2016b) ja myös päästötavoitteet tullaan näillä näkymin saavuttamaan. (Lindroos & Ekholm 2016, 13). Poli-

⁷⁴ Vuonna 2015 öljyn osuus energian kokonaiskulutuksesta Suomessa oli noin 24 % (Tilastokeskus 2016c).

tiikkatoimien ja energiatekniikan parantumisen ohella tavoitteiden saavuttamisessa ovat avittaneet suhteellisen vähäinen lämmitystarve 2010-luvulla sekä heikko talouskehitys (Valtioneuvoston selonteko kansallisesta ... 2016, 14).

Vuoden 2016 ilmasto- ja energiastrategiassa kuvataan kuinka Suomi tulee täyttämään EU:n vuoden 2030 energia- ja ilmastotavoitteet. EU:n kaikille jäsenmaille yhteisten tavoitteiden lisäksi Suomen hallitus on asettanut tavoitteeksi saada uusiutuvien energialähteiden osuudeksi energian loppukäytöstä Suomessa 50 % ja energiaomavaraisuudeksi 55 % 2020-luvun loppuun mennessä (Ratkaisujen Suomi 2015, 23). Strategian taustaksi laaditun perusskenaarion mukaisesti joitakin lisätoimia jo toteutettuihin politiikkatoimiin vaaditaan, jotta asetettuihin tavoitteisiin päästään ja tehdyt sitoumukset täytetään. Tavoitteesta saada uusiutuvien energialähteiden osuus loppukäytöstä 50 %:iin tultaisiin ilman lisätoimia jäämään noin 10 TWh ja tavoitteesta nostaa omavaraisuusaste 55 %:iin noin 14 TWh verran (Kuuva 2016). Päästökauppasektorin ulkopuolisille aloille esitetty noin 40 % päästöjen vähennystavoite kaavaillaan saavutettavan pääosin lisäämällä nestemäisten biopolttoaineiden tuotantoa ja hyödyntämistä erityisesti liikennesektorilla (Valtioneuvoston selonteko kansallisesta ... 2016, 15).

Yleisesti vuoden 2016 strategia noudattelee aiempien ilmasto- ja energiastrategioiden linjauksia siinä, että pääpaino energiapolitiikassa on metsäpohjaisen bioenergian hyödyntämisen lisäämisessä. Muita aiempia strategioita mukailevia tavoitteita koskien vuotta 2030 ovat kivihiiilestä luopuminen ja tuontiöljyn kotimaisen käytön puolittaminen laskettuna vuoden 2005 tasosta. Suurimpia vaikutuksia on strategian perusteella odotettavissa liikenteen ja kaukolämmön polttoaineissa, joissa fossiiliset energialähteet korvautuvat biopohjaisilla. Muilta osin merkittäviä muutoksia siihen, kuinka energiaa Suomessa tuotetaan ja kulutetaan vuonna 2030, ei strategian perusteella ole odotettavissa. Strategiassa todetaan tavoitteena olevan tarvittavan energijärjestelmän muutoksen toteuttaminen ”hallitusti siten, että lähtökohtana on olemassa oleva järjestelmä” (ibid., 4). Päästökaupan ulkopuolisiin sektoreihin kohdistuvista toimista kiinnostavimmat koskevat rakennusten lämmitystä ja aivan erityisesti rakennusten erillislämmitystä. Tämän sektorin osalta tulevaisuuden päästövähennystoimista strategiassa tärkeimpinä mainittiin energiatehokkuuden parantaminen ja kevyen polttoöljyn biopolttoaineosuuden kasvattaminen. Lämpöpumpuista ei ollut tässä yhteydessä mainintaa (ibid., 29, 34–35). Vuoden 2016 strategian osalta täsmällisiä keinoja ja toimenpiteitä taakanjakosektorin kohdalta määritellään syyskuussa 2017 valmistuneessa keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelmassa. Lämpöpumppujen osalta suunnitelma ei tarjoa suuria yllätyksiä. Lämpöpumppujen hyödyntämisen uskotaan kasvavan pääosin markkinaehtoisesti (Valtioneuvoston selonteko keskipitkän... 2017, 63). Kotitalousvähennyksen kaavaillaan säilyvän keskeisenä lämpöpumppuinvestointien tukimuotona tulevaisuudessakin. Lämpöpumppujen suosio-

ta saattavat kasvattaa mahdolliset hiilidioksidipäästöihin perustuvat lämmityspolttoaineiden veronkiristykset (ibid., 88).

Kiinteistöjen lämmitysmarkkinoiden regiimin pysyvyyden kannalta kiinnostavia ovat vuoden 2016 strategian kaukolämmön tulevaisuutta koskevat maininnat. Kaukolämpötuotannon päästöjen vähentämiseen tähtäävät tavoitteet tai toimet eivät kuulu strategiassa käsiteltäviin asioihin, sillä alan päästövähennykset tapahtuvat päästökauppajärjestelmän piirissä, mutta strategian tavoitteet uusiutuvan energian käytön ja energiaomavaraisuuden kasvattamisesta sekä pyrkimys lopettaa kivihiilen käyttö vaikuttavat kaukolämpötoimijoihin. Strategian mukaan kaukolämpöä tullaan vuonna 2030 tuottamaan pääosin biopolttoaineilla, joiden hinta pyritään pitämään lämmöntuotannossa kilpailukykyisenä energiaverotuksella ja bioenergian tuotantotuilla (Valtioneuvoston selonteko kansallisesta... 2016, 23–25, 62). Myös uusien lämmönlähteiden kuten lämpöpumppujen mahdollisuus kaukolämmön tuotannossa tunnistetaan (ibid., 25). Kaukolämpöinfrastruktuurin nähdään tulevaisuudessa mahdollistavan tehokkaan ja ympäristöystävällisen energian tuotannon, jakelun ja tulevaisuudessa myös varastoinnin (ibid., 62). Kaukolämmön vahvaa asemaa tulevaisuudessa tukee strategian maininta, jonka mukaan hajautettua pienimuotoista energiantuotantoa ollaan valmiita tukemaan vain sikäli, kun se korvaa suoraa sähkölämmitystä tai öljylämmitystä taikka pohjautuu metsäenergiaan eikä heikennä kaukolämpöinfrastruktuurin toimintaedellytyksiä (ibid. 23–25).

6.2.2 *Geoenergia strategia-asiakirjoissa*

Suomalaista energiapolitiikkaa linjaavissa strategioissa tai niiden toimeenpanoa kuvaavissa asiakirjoissa geoenergia näkyy hyvin vähäisesti. Geoenergia tai maalämpöpumput eivät tyypillisesti näy strategioissa lainkaan erillisenä teemanaan vaan kaikilla lämpöpumpputyypeillä tuotettavaksi arvioitu energiamäärä ja niiden hyödyntämiseen vaikuttavat toimet esitetään tyypillisesti yhtenä kokonaisuutena. Käyttötavoiltaan, -kohteiltaan ja käytön lisäämisen mahdollisuuksiltaan erilaisten lämpöpumpputyypien käsittely yhtenä joukkona on jokseenkin ongelmallista. Näin toimien eri lämpöpumpputeknologioiden hyödyntämispotentiaali erilaisissa kohteissa sekä mahdolliset edistymisen jouduttamiseksi tarpeelliset tukitoimet erilaisilla markkinoilla jäävät käsittelemättä. Lämpöpumput saataan mainita tulevaisuuden energiantuotannon kokonaisuudessa merkitystään kasvattavana teknologiana, mutta täsmällisiä arvioita tavoiteltavasta lämpöpumppujen hyödyntämisen kehityksestä ei asiakirjoista yleensä löydy. Kuten monissa tilastoaineistoissa, myöskään strategiatarkasteluissa ei tyypillisesti huomioida lämpöpumpputeknologioiden nykykäytöstä laajenevia hyödyntämismahdollisuuksia. Lämpöpumppujen ja geoenergian vähäinen näkyminen strategioissa

selittynee näiden energiantuotantomuotojen lyhyellä historialla ja varsin vähäisellä merkityksellä kaikkien lämmittämisen energiamuotojen joukossa. Strategioita hieman täsmällisempiä kuvauksia erilaisten lämpöpumppujen roolista tulevaisuuden energiajärjestelmässä on löydettävissä strategioiden tausta-aineistoista, joskin näistäkin jokseenkin satunnaisesti.

Vuoden 2008 ilmasto- ja energiastrategiassa esitettiin, että vuoteen 2020 mennessä uusiutuvilla energialähteillä tuotettavan energian määrä olisi 128 TWh, josta kaikilla erilaisilla lämpöpumpputyypeillä tuotettava uusiutuvaksi energiaksi laskettavan hyötyenergian määrä olisi 5 TWh (Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 2008, 41). Lämpöpumppujen suosion vaikeasti ennakoitavaa kehitystä kuvaa, että lämpöpumppujen suosion kasvaessa vuonna 2013 julkaistussa aiemman strategian päivityksessä tämä osuus oli nostettu arvoon 8,6 TWh (Kansallisen energia- ja ilmastostrategian taustaraportti 2013, 57–58). Tämä oli esittämisaikakohtanaan jossain määrin kunnianhimoinen tavoite, mutta se tullaan saavuttamaan (Ympäristö 2014) ja tämän työn yhteydessä haastateltujen asiantuntijoiden (N1, N5) näkemysten mukaan todennäköisesti jopa ylittämään. Aiemmin mainituista tulevaisuussuuntautuneista dokumenteista lämpöpumput mainitaan energiatehokkuuden kolmannessa toimintasuunnitelmassa rivi- ja pientalojen energiatehokkuuden edistäjinä. Dokumentissa mainittu arvio lämpöpumppujen energiansäästövaikutuksista näissä rakennustyypeissä vuoteen 2020 tultaessa, lähes 8TWh, on samansuuntainen yllä mainitun energiastrategian päivityksen kanssa (NEEAP-3, 21). Huomionarvoista on, että lämpöpumput ovat suunnitelmassa merkittävin yksittäinen keino energiatehokkuuden parantamiseen rakennuksissa, näiden vaikutus arvioidaan siis suuremmaksi kuin vaikkapa uudisrakentamisen energiatehokkuusmääräysten kiristämisen. Säästöjen kertyminen yksinomaan pienistä rakennuksista kertoo siitä, että suurten kohteiden lämpöpumppujen hyödyntämisen lisäyksen energiasäästöpotentiaalia ei joko tässä vaiheessa tunnettu tai muutoin huomioitu.

Vuonna 2016 julkaistussa strategiassa lämpöpumput saavat vain muutamia ha-jamainintoja bioenergiaan keskittyvien teemojen viedessä huomion pääosan. Lämpöpumppujen suosion oletetaan strategiatekstissä kasvavan jatkossakin (Valtioneuvoston selonteko kansallisesta ... 2016, 15, 66) ja tämän kasvun oletetaan olevan markkinaehtoista. Uusiutuvan energian tuotannon arvioidaan strategian tausta-aineistoissa olevan vuonna 2020 noin 141 TWh ja kaikilla lämpöpumpuilla tuotetun energian edustavan tästä 6 TWh osuutta (TEM 2016c, 1-3). Tausta-aineistoissa esitetty arvio lämpöpumpuilla tuotettavan energian määrästä vuonna 2020 on siis oleellisesti alhaisempi kuin kolmea vuotta aiemmin laaditussa strategiassa, jossa arvio oli 8,6 TWh. Huomioiden lämpöpumppujen nykysuosio ja kasvanut käyttö suurissa käyttökohteissa vuoden 2016 strategian arviot tulevasta saattaisivat jopa tarkoittaa lämpöpumpuilla tuotettavan energian vähenemistä

tulevaisuudessa. Tämä siitä huolimatta, että lämpöpumppujen hyödyntämisen odotetaan vuoden 2016 ilmasto- ja energiastrategian varsinaisessa tekstissä tulevaisuudessa kasvavan. Strategiategsti ja sitä taustoittavan aineiston tarkastelut muodostavat lämpöpumppujen osalta ristiriitaisen kuvan tulevaisuudesta.

Vuoden 2016 strategian tausta-aineistossa vuonna 2030 uusiutuvan energian tuotannon määrän arvioidaan olevan esitellyistä kahdesta skenaariosta ensimmäisessä, ns. perusskenaariossa 158 TWh, ja toisessa, ilmasto- ja energiapolitiittisen strategian toimenpiteitä huomioivassa politiikkaskenaariossa 171 TWh. Molemmista näistä skenaarioista lämpöpumpuilla lasketaan tuotettavan 7 TWh energiaa (TEM 2016c, 1-3). Jälleen luku on selvästi pienempi kuin mitä vuoden 2013 strategiakerroksella otaksuttiin lämpöpumpuilla tuotettavan energiamäärän olevan jo vuonna 2020. Huomiota tuoreen strategian arvioissa kiinnittää myös lämpöpumpuilla tuotettavan energiantuotannon vaatimaton kasvu vuosien 2020 ja 2030 välillä. Ennakoitu (tai tavoiteltu) kasvu vaikuttaa kovin vähäiseltä huomioiden mm. odotettavissa oleva lämpöpumppujen teknologinen kehitys, käyttökohteiden mahdollinen laajeneminen sekä hyödyntämisen potentiaali kiinteistökohtaista lämmöntuotantoa suuremmissa yksiköissä ja jäähdytysenergian tuottamisessa. Strategiassa esitetyn lämpöpumpuilla tuotetun energian arvion vaatimattomuutta korostaa GTK:n arvio, jonka mukaan Suomessa olisi yksin geoenergiaa hyödyntämällä mahdollista tuottaa lämmitys- ja jäähdytysenergiaa noin 10 TWh (Martikainen 2014, 8).

Yksi selitys laskeneisiin lämpöpumppujen energiantuotannon arvioihin voi olla strategioiden laatimisen välillä muuttuneissa tavoissa siinä miten lämpöpumppujen tuottama hyötyenergia lasketaan ja kuinka huomioidaan käytössä olevien lämpöpumppujen poistuma. Varmuutta tästä ei voi strategia-asiakirjoja ja niiden taustaraportteja tarkastelemalla kuitenkaan saada. Osa selitystä lämpöpumppujen vähäiselle odotettavissa olevalle energiantuotannon määrälle strategiassa voi myös olla, että lämpöpumpuilla jäähdytykseen tuotettu energia jää arvioissa ja ennusteissa usein huomioimatta (Mattinen, Heljo & Savolahti 2016, 25). Vaatimaton kasvuennuste vuosien 2020 ja 2030 välillä selittyy myös osin strategiatyössä käytettyjen ennustemallien rakenteesta, joissa erilaiset lämpöpumput nähdään tulevaisuudessakin lähes yksinomaan pientalojen energialähteenä. (ibid., 22). Strategiatyön taustalla hyödynnetyissä ennustemalleissa lämpöpumpuilla tuotettava energiamäärä näkyy itse asiassa vielä tausta-aineistojen tekstissä esitettyä vähäisempänä. Hyödynnetty ennustemalli tuottaa kaikkien lämpöpumppujen tuottaman energian määräksi 4,6 TWh vuodelle 2020 ja 6 TWh vuodelle 2030 (ibid., 26). On ilmeistä, että minkä tahansa uuden, aiemmin vähäisesti käytetyn teknologian tulevaisuuden suorituskyvyn täsmällinen arviointi on vaikeaa. Ennustemallit pohjaavat historialliseen kehitykseen eikä uusia, tietyllä tavalla historiattomia tekniikoita tai toimintatapoja (kuten erilaiset lämpöpumput erityi-

sesti muussa kuin pientalojen lämmityskäytössä) ole tällaisen logiikan mukaan rakennettujen mallien sisällä yksinkertaista huomioida. Tilannetta hankaloittaa entisestään se, että vaikka lämpöpumput olisi tunnistettu merkittäväksi tekniikaksi jonka kehitystä haluttaisiin malleilla ennakoida, on tulevaisuusarvioiden taustaksi vaadittavaa mitattua tietoa lämpöpumppujen suorituskyvystä vain vähän saatavilla (ibid., 45).

Kootusti voi sanoa, että erilaisista strategia-asiakirjoista lämpöpumppuhyödyntämisen tulevaisuudesta muodostuu jokseenkin epäselvä kuva. Vuonna 2013 julkistetussa strategian päivityksessä sekä 2014 julkaistussa energiatahokkuuden toimintasuunnitelmassa lämpöpumpuilla nähtiin olevan keskeinen rooli rakennuskannan muuttumisessa aiempaa energiatehokkaammaksi, joskin arviot hyödyntämisen mahdollisuuksista olivat melko varovaisia. Tietylnainen erikoisuus on siinä, että lämpöpumpuilla uskottiin olevan suuri rooli energiatehokkuustavoitteiden saavuttamisessa, mutta aktiivisia toimenpiteitä tämän varmistamiseksi ei katsottu tarvittavan⁷⁵. Vuoden 2016 strategian ja alkuvuoteen 2018 mennessä julkistettujen tätä täydentävien dokumenttien perusteella lämpöpumppujen rooli osana puhtaamman energiatulevaisuuden ratkaisua näyttää jossain määrin unohtuneen. Täsmällistä ja kattavaa vertailua eri strategiakerrosten dokumenttien kesken ei voi tosin tehdä, sillä tausta-aineistot eivät ole täsmälleen samansisältöisiä.

Vuoden 2016 strategiateksteissä lämpöpumppujen hyödyntämisen uskotaan edelleen kasvavan, mutta tausta-aineistojen skenaariotarkastelut osoittavat hyvin vaatimatonta kehitystä. Käsitykset lämpöpumpuilla tulevaisuudessa tuotetusta energiamäärästä ovat selvästi laskeneet vuoden 2013 ja 2016 strategiakerrosten välillä ja omituista on, että nämä arviot ovat hyvin vaatimattomia suhteessa asiantuntijoiden näkemyksiin siitä miten paljon lämpöpumpuilla tuotetaan energiaa nyt. Havainnon kahden uusimman strategian välillä tapahtuneesta lämpöpumppujen energiantuotantoennusteiden selvästä alenemasta voinee ymmärtää niin, että uusimmassa strategiassa otetaan vahvasti kantaa olemassa olevan lämmitysregiimin säilyttämisen puolesta ja ainakin jossain määrin tämän kanssa mahdollisesti kilpailevia vaihtoehtoja vastaan. Vuoden 2016 ilmasto- ja energiastategiasa suoraan ilmaistu kannanotto nykyisen regiimin puitteissa tapahtuvasta muutoksesta (Valtioneuvoston selonteko kansallisesta ... 2016, 4), kaukolämmön polttoaineisiin kaavailut tuet, energiatukien rajaaminen kohteisiin, jotka eivät huononna kaukolämpöinfrastruktuurin toimintaedellytyksiä sekä strategian mai-

⁷⁵ Vuoden 2013 strategiapäivityksessä listatun 131 päästötavoitteen saavuttamista edesauttavien linjauksien joukossa lämpöpumppuja ei mainittu yhdessäkään (Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 2013, 14–53).

ninta, jonka mukaan sähkön kulutushuippuja talvella jyrkentävien energiaratkaisujen hyödyntämistä tulee välttää (Valtioneuvoston selonteko kansallisesta ... 2016, 23) kaikki viittaavat tähän suuntaan. Uusimpien strategia-asiakirjojen perusteella on jokseenkin selvää, että lämpöpumpputekniikat eivät tule ainakaan lähivuosina saamaan politiikkatoimista apua, vaan niiden hyödyntämisen mahdollinen kasvu on jatkossakin niillä tuotetun energian taloudellisen kannattavuuden ja omatoimisten kiinteistönomistajien ja energiantuottajien aktiivisuuden varassa.

Suomen hallituksen energiapolitiikkaa ja erityisesti lämpöpumppujen merkitystä tulevaisuuden energiahuollon osana on kiinnostavaa verrata Ruotsissa samasta aiheesta käytävään keskusteluun. Suomen kanssa täsmälleen samanlaista ilmasto- ja energiapoliittista strategiaproessia ei Ruotsissa ole, mutta vertailua on mahdollista tehdä tarkastelemalla muita poliittisessa prosessissa valmisteltuja energiatulevaisuutta käsitteleviä dokumentteja. Tällaisista uusien väitöskirjan tämän osion laatimishetkellä oli Ruotsin hallituksen asettaman parlamentaarisen ryhmän tuottama energiatulevaisuutta koskeva mietintö, joka julkistettiin tammikuussa 2017 (*Kraftsamling för framtidens energi 2017*). Vuoteen 2030 ulottuvan tarkastelun erityisen huomion kohteena oli Ruotsin ja ruotsalaisiin sähkömarkkinoihin kytkeytyvän energiajärjestelmän mahdollisuudet täyttää energia- ja ympäristöpolitiikan tavoitteet.

Ruotsissa energiapolitiikkaa ohjaavaksi tavoitteeksi on asetettu täysin uusiutuviin energiamuotoihin nojaava sähköntuotanto vuonna 2040 ja ympäristöpolitiikkaa koskevassa valmistelussa esillä on ollut tavoite kokonaan hiilidioksidivapaasta yhteiskunnasta vuoteen 2045 mennessä (*ibid.*, 13). Mietinnössä erilaiset lämpöpumput ja erityisesti maalämpöpumput nähdään tulevaisuudessa merkittävänä tekijänä kiinteistöjen lämmittämisessä (*ibid.*, 180). Lämpöpumppujen suuresta ja edelleen kasvavasta roolista huolimatta katsauksessa arvioidaan rakennusten lämmittämiseen tulevaisuudessa kuluvan sähkönkulutuksen laskevan. Tämä on seurausta parantuvasta energiatehokkuudesta sähkölämmityksessä yleisesti ja kehittyvien lämpöpumppujen aiempaa pienemmästä energiankulutuksesta (*ibid.*, 194). Erityisen kiinnostava on mietinnön tapa nähdä lämpöpumput yhtenä mahdollisena osaratkaisuna sähköverkon tasapainon hallitsemisessa. Lämpöpumppulaitteistojen ohjausautomaatiikan kehittyessä älykkäiden sähköverkkojen osana toimivat lämpöpumput säätyvät sähkön kysyntä- ja tarjontatilanteen mukaisesti kuitenkin siten, että olosuhteet rakennuksissa, joissa järjestelmä on, eivät muutu (*ibid.*, 185). Erilaisten lämpövarastojen kasvava hyödyntäminen tällaisen säätyvän järjestelmän osana mainittiin myös kiinnostavana tulevaisuuden kehityskohteena joilla voidaan osaltaan olla ratkaisemassa sähköverkkoa uhkaavia tasapaino-ongelmia (*ibid.*, 296). Suomen hallituksen uusimmasta ilmasto- ja

energiastrategiasta tai sen tausta-aineistoista tällaisia mainintoja lämpöpumppujen mahdollisuuksista ei ollut luettavissa.

6.2.3 Kiinteistöjen eri lämmitysratkaisujen tulevaisuuden näkymiä

Kiinteistöjen lämmitysratkaisujen markkinoilla tulevaisuudessa merkittävin jakolinja on uusien ja vanhojen rakennusten välillä. Vuodesta 2020 alkaen valmistuvat rakennukset kohtaavat tiukan energiasääntelyn vaatimukset suunnittelusta alkaen ja näiden energiankulutus tulee laskemaan selvästi verrattuna vanhempaan rakennuskantaan. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin tavoitteet ovat varsin haastavia huomioiden direktiivin voimaantulon aikataulu. Direktiivin täsmälliset vaikutukset rakennuskustannuksiin ovat vielä tätä tutkimusta valmisteltaessa jossain määrin arvailun varassa, mutta kovin merkittäviä energiansäästöjä ei nykykäytänteisiin verrattuna uskota energiahäviöitä pienentämällä olevan mahdollista saavuttaa (FInZEB 2015, 43). Oleellisia keinoja rakennusten energiankulutuksen vähentämisessä ovat lvi-järjestelmien energiatehokkuutta palvelevien laitteiden ja toimintatapojen kehittäminen ja käyttöönotto sekä uusiutuvan energian osuuden kasvattaminen rakennusten käyttämästä energiasta. Energiaratkaisujen markkinoille tulee tilaa erilaisia paikallisia energiaratkaisuja hyödyntäville ja kaksisuuntaista energianmyyntiä hallitseville toimijoille (ibid.).

Olemassa olevan rakennuskannan odotetaan parantavan energiatehokkuuttaan saneerausten yhteydessä. Vanhojen rakennusten energiaremontit pitänevät kiinteistöjen energiatarvikkeiden parissa toimivat kiireisinä seuraavina vuosikymmeninä (HS 59). Koska tulevia rakentamisen ja rakennusten energiankulutuksen säätelyä koskevia seikkoja on käsitelty jo aiemmissa luvuissa, ei niitä toisteta tässä. Tässä luvussa keskitytään muutoksiin, joita sääntely ja muut tunnistetut muutostekijät aiheuttavat vakiintuneisiin kiinteistöjen lämmitysratkaisuihin. Uusia, vielä idullaan olevia rakennusten lämmittämisen teknologioita käsitellään tätä seuraavassa luvussa 6.3.

6.2.3.1 Kaukolämpö

Aiemmin esitellysti lämmitysmarkkinoiden sääntelyn pyrkimyksenä vaikuttaisi olevan kiinteistöjen lämmitysmarkkinoiden pitäminen melko lailla nykyisen kaltaisena tulevaisuudessa. Vuonna 2016 julkaistun ilmasto- ja energiastrategian tausta-aineistoissa esitellyistä skenaarioista molemmissa, sekä perus- että politiikkaskenaariossa kaukolämpöä tuotetaan vuonna 2030 31 TWh, joka vastaa noin 42 % osuutta Suomen rakennusten tuolloisesta arvioidusta energiatarpeesta (vuonna 2015 energian tuotanto oli 30 TWh ja osuus 46 %) (TEM 2016c, 1-3).

Viime kädessä eri energiamuotojen hinnat määrittävät vaihtoehtojen suosituimmuuden, mutta etenkin kaukolämmön osalta energiapolitiikan pitkä linja vaikuttaisi osoittavan valmiutta tarvittaessa tukea kaukolämmön toimintaedellytyksiä siten, että se säilyy energian kuluttajille kilpailukykyisenä vaihtoehtona myös tulevaisuudessa. Perusteena tälle valinnalle on CHP-tuotannon tehokkuus ja tämän myötä ympäristöystävällisyys etenkin uusiutuvia energialähteitä hyödynnetäessä.

Kaukolämmön hinnan nähdään (Koljonen, Pursiheimo, Lehtilä, Sipilä, Nyland, Lindroos & Honkatukia. 2014, 51) nousevan tulevaisuudessa ja hinnan olevan vuonna 2030 eri skenaarioissa välillä 90–120€/MWh. Kallein kaukolämmön hinta toteutuu skenaariossa, jossa ei-päästökauppasektorin päästövähennystavoite on 40 %. Hintoja tarkasteltaessa on huomioitava ettei arvioissa ole tarkasteltu mahdollisten aiemmasta selvästi eroavien teknologioiden (kuten matalamman lämpötilan lämpöverkot tai erilaiset hybridijärjestelmät) vaikutusta mainittujen energiamuotojen hintakehitykseen tai mahdollisia tukia, joita erilaiset tuotantomuodot voivat saada. Ilman uusien teknologioiden käyttöönottoa tai tukijärjestelmiä perinteisen polttamiseen perustuvan voimalaitosenergian tuotanto vaikuttaa tulevaisuudessa melko hintavalta, joskin erot eri alueiden välillä kaukolämmön hinnoissa voivat olla suuria. Lisää epävarmuutta päästökauppasektorilla toimivien voimalaitosten tulevaisuuteen tuo sähkön edullinen hinta tämän työn viimeistelyajankohtana ja nähtävillä olevassa lähitulevaisuudessa. Pitkään jatkussaan voimalaitossähkön tuotannon kannattavuusongelmat heijastuvat myös uusien CHP-tuotantolaitosten investointipäätöksiin.

Tulevaisuudessa perinteinen CHP-kaukolämpö säilyttäneen osuutensa erityisesti tiiviisti rakennetuilla alueilla, joissa kaukolämpöinfrastruktuuri on jo olemassa ja joiden rakennuskannasta valtaosa on vanhoja rakennuksia. Joitain asiakkaiden siirtymiä pois kaukolämmöstä voi tapahtua lähinnä alueilla, joilla kaukolämpö on erityisen kallista tai niissä tapauksissa, joissa rakennukseen halutaan myös viilennystä ja paikallinen lämpöyhtiö ei pysty tarjoamaan tätä kustannustehokkaasti (R7, N1, N9). Tällaisessa tapauksessa kiinteistölle saattaa olla houkuttelevaa toteuttaa koko energiaratkaisu esim. geoenergiaa hyödyntäen. Rakennusten energiatehokkuuden nousu, lämpöpumppujen lisääntynyt hyödyntäminen ja lämmön talteenottojärjestelmien yleistymisen todennäköisesti laskevat tilavuusyksikköä kohden lasketun kaukolämmönkulutuksen määrää tulevaisuudessa. Tämä saattaa nostaa tuotetun kaukolämmön yksikkökustannusta (R1). Energiayhtiöt voivat kuitenkin myös hyötyä lämpömarkkinoiden odotettavissa olevista muutoksista hyödyntämällä rakennusten energiankulutuksen mittaustietoja ja tuottamalla tämän tiedon pohjalta eri energiankäyttäjille räätälöityjä joustavaan energiankulutukseen perustuvia energiatuotteita (R4, R12, R14, N8, N9). Asiakkaiden energi-

ankulutuksen profiilin täsmällinen tuntemus antaa mahdollisuuksia myös tuotannon optimointiin.

CHP-kaukolämmön sijaan ainoastaan lämmöntuotantoon suuntautuneet voimalaitokset ja näihin liittyvät alueelliset, vain tietyn alueen palvelemiseen rajoittuvat lämpöverkot saattavat yleistyä (R6, R8, R12, N1). Nämä verkot saattavat myös olla alueen rakennusten omistajien, ei välttämättä energia-alalle keskittyneen yhtiön hallinnoimia (R8, R10).

6.2.3.2 Öljylämmitys

Vakiintuneista kiinteistöjen lämmitysmuodoista öljylämmitys on tulevaisuudessa ahtaimmalla. Tarkasteltaessa päästökauppasektorin ulkopuolisen, rakennuskohdaisen lämmityksen tavoitteita, jo pitkään on ollut nähtävissä pyrkimys vähentää öljylämmityksen osuutta. Niissä suurissa rakennuksissa, joissa öljylämmitys on vielä tulevaisuudessa käytössä, on se tyypillisesti jotain muuta pääasiallista lämmitysratkaisua täydentävä vaihtoehto. Öljy säilynee tulevina vuosikymmeninä osana useaa energiantuotantomuotoa yhdistelevissä hybridilaitoksissa varavaihtoehtona ja kulutushuippujen tasoittajana (R8, R11, R12). Vuonna 2030 öljylämmitys, etenkin maaöljypohjaisiin raaka-aineisiin pohjautuvana ei tule olemaan käytössä kuin hyvin pienessä osassa rakennuskantaa, öljylämmityksen osuuden otaksutaan tuolloin olevan 40 % vuoden 2016 tilanteeseen verrattuna (TEM2016c). Pientalokannassa öljylämmitys on vuoden 2030 tienoilla jo hyvin vähäistä (Vihola & Heljo 2012, 5). Vuoteen 2050 mennessä öljylämmityksen uskotaan olevan kokonaan korvaantunut muilla lämmitysmuodoilla (TEM 2016c).

Vuoden 2016 energia- ja ilmastostrategiassa on luettavissa tavoitteita biopohjaisten öljyvalmisteiden tuotannon ja hyödyntämisen voimakkaasta kasvusta. Siinä tapauksessa, että tuotanto kasvaa merkittävästi mutta öljytuotteiden kulutus liikenteessä vähenisi liikenteen odotettua nopeammin etenevän sähköistymisen myötä, saattavat kotimaiset biopohjaiset öljytuotteet korvata vähäisen lämmittämisöljyn tarpeen hybridilaitoksissa.

6.2.3.3 Sähkölämmitys

Sähkölämmityksen tulevaisuudennäkymiä koskien kiinnostava on vuoden 2008 ilmasto- ja energiastrategiassa esitetty visio, jonka mukaan asumisessa ei vuodesta 2030 alkaen hyödynnettäisi lainkaan suoraa sähkölämmitystä (Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 2008, 45–46). Tätä seuraavissa strategioissa ei sähkö-

lämmityksestä luopumista enää mainita. Syynä visiosta luopumiselle saattaa olla rakennusten energiatehokkuutta kuvaava e-luvun käyttöönotto vuonna 2012, joka teki sähkölämmityksestä hyvin epäedullisen lämmittämistavan (R3, N4) ja toteuttaa näin tätä tavoitetta ilman että siitä on tarvetta erikseen mainita. Toinen syy sähkölämmityksestä luopumisen tavoitteen katoamiselle strategioista saattaa liittyä tavoitteeseen lähes nollaenergiataloista vuonna 2020. Näiden rakennusten hyvin vähäiseen energiatarpeeseen sähkölämmitys saattaa olla hyvä vaihtoehto ja kategorinen sähkölämmityksen kieltö olisi epäviisasta politiikkaa.

Energiapiheissä uusissa rakennuksissa sähkölämmitys saattaa kasvattaa osuuttaan tulevaisuudessa etenkin yhdistettynä johonkin uusiutuvaan energiaan pohjaavaan ratkaisuun. Näissä tapauksissa sähkölämmitys olisi lähinnä suuren energiatarpeen hetkellä käytettävä energiamuoto. Perusenergia tuotettaisiin kiinteistökohtaisesti erilaisin uusiutuvien energialähtein sekä kodin laitteiden hukkalämpöä hyödyntämällä (R10, N4). Vanhemmissa ja suuremmissa kohteissa sähkölämmityksen suosion kehitys riippuu vahvasti markkinasähkön hinnasta ja jos-sain määrin sähkömarkkinoilla tarjolla olevista sähkötuotteista tulevaisuudessa. Monipuolinen sähkötuotteiden tarjonta, esim. kysyntäjoustotuotteet, joissa kuluttaja olisi valmis leikkaamaan sähkön kulutustaan suuren sähkön kysynnän ajankohtina, saattavat ylläpitää sähkölämmityksen suosiota myös muissa kuin energiatehokkaissa uudisrakennuksissa. Kysyntäjoustotuotteiden hyödyntäminen edellyttää rakennuksissa olevan sähkön hankintajärjestelmään kytkettyjä energiavarastoja kuten lämminvesivaraaja tai lattialämmitys. EU:n 2030 ilmasto- ja energiapaketin vaikutuksia käsittelevässä raportissaan Koljonen et al. (2014, 50) arvioivat sähkön hinnan vuonna 2030 olevan noin 60€/MWh tai enemmän, riippuen tuolloin vallitsevista tuotanto-oloista⁷⁶. Samansuuntainen arvio toistuu myös vuoden 2016 energia- ja ilmastostrategian perusskenaariossa (TEM2016c).

6.2.3.4 Puu

Puun hyödyntäminen pientaloissa Suomessa tuskin muuttuu paljoakaan nykyisesti tulevan reilun vuosikymmenen kuluessa (Vihola & Heljo 2012, 5). Pientaloissa, joiden energiaratkaisu nojaa erilaisten uusiutuvien energialähteiden hyödyntämiseen puu saattaa kuitenkin pysyä yhtenä vaihtoehtona esimerkiksi talviaikaisen käyttöveden lämmityksessä moderneissa kiertovesitakoissa (R10, N4). Kiertovesitakkojen mahdollisesta yleistymisestä huolimatta puun käytön kokonais-

⁷⁶ Vuosien 2013 ja 2016 välillä sähkön hinta on vaihdellut välillä 21€/MWh – 47€/MWh hinnan ollessa tavallisesti noin 30€/MWh tienoilla (Tilastokeskus 2016)

määrä pientaloissa pidemmällä aikavälillä tulevaisuudessa todennäköisesti vähenee vanhojen rakennusten poistuessa rakennuskannasta ja lämmitystarpeen vähentyessä uudemmissa rakennuksissa (Mattinen et al. 2016, 46). Joitain vuosia sitten suhteellisen paljon näkyvyyttä saanut ja yhtenä varteenotettavana osana tulevaisuuden energiaratkaisujen joukko nähty pellettilämmitys ei ole alkuinnostuksen lähtenyt yleistymään. Ongelmat ovat olleet samankaltaisia kuin mitä geonergian osalta tässä työssä mainittiin; laitteistokokonaisuuksien hankinta yhdestä paikasta ei yleensä onnistu, huoltopalvelut ovat kehittymättömiä ja käyttökokemukset eivät ole aina olleet hyviä (N9). Pellettien hinta on kilpailukykyinen muiden lämmitysvaihtoehtojen kanssa, mutta muut tekijät, jotka tekevät pellettien hyödyntämisen pientaloissa hankalaksi verrattuna kilpaileviin lämmitysenergian lähteisiin, pitävät tämän todennäköisesti vähäisesti hyödynnettävänä lämmitysmuotona tulevaisuudessakin.

Puun käyttö lämmitysenergian lähteenä lisääntynee tulevaisuudessa suurissa voimalaitoksissa. Sekä CHP-laitoksissa että pienemmissä paikallisissa lämpövoimalaitoksissa erilaisten biopolttoaineiden ja erityisesti metsähakkeen hyödyntäminen tulee kasvamaan. Metsähakkeen hyödyntämistä energiantuotannossa tullaan ainakin lähivuosina tukemaan erilaisilla tuilla ja haketta suosivilla veroratkaisuilla (Valtioneuvoston selonteko kansallisesta... 2016, 19).

6.2.3.5 Geoenergia

Geoenergia on jo vakiinnuttanut paikkansa lämmitysvaihtoehtojen joukossa, mutta pienissä kiinteistökohteissa viime vuosina havaittu myynnin vähitellen laskeva trendi jatkuu myös tulevaisuudessa. Syinä tähän ovat mm. pienemmät ja energiatehokkaammat asunnot, tiheämpi asuminen ja muiden lämpöpumpputyyppeiden kehitys. Erilaisille lämpöpumppuratkaisuille erityisen houkutteleva markkina ovat ne pientalot, jotka vielä hyödyntävät joko öljylämmitystä tai vesikiertoista sähkölämmitystä. Öljylämmitystaloja on vielä noin 200 000 ja omakotitaloja, joissa on vesikiertoinen sähkölämmitys, on noin 100 000 (SULPU 2018). Nämä tultaneen pääsääntöisesti vaihtamaan maalämpöjärjestelmiksi tai ilma-vesilämpöpumpuilla lämpiäviksi näiden tekniikan kehittyessä (N1, N10). Moniin uusiin pientaloihin maalämpöpumppu on tulevaisuudessa turhan järeä laitos. Uusille erityisesti pientaloissa hyödynnettäville ratkaisuille luonteenomaista ovat enenevästi erilaiset tehokkaasti lämpöä talteenottavat ja useaa talotekniikan toimintoa (lämpö, vesi ja ilmanvaihto) yhdistelevät laitteistot (N1, N4, N10). Näissä voimakkaasti kehittyvät ilma-vesilämpöpumput valtaavat myös alaa. Sähkömarkkinoiden mahdolliset muutokset kohti sähkön tuntikohtaista hinnoittelua ja pienten kiinteistöjen mahdolliset energian varastointiratkaisut saattavat tosin kehittyessään jonkin verran muuttaa tätä tulevaisuuskuvausta (N5, N10). Sähkön reaa-

liaikaiseen tuntihinnoitteluun siirtyminen ja käytetystä maksimitehosta laskuttaminen saattavat tehdä 100 % tehontarpeelle mitoitettut maalämpöjärjestelmät aiempaa kilpailukykyisemmiksi. Osatehoratkaisut tulevat tulevaisuudessa kenties olemaan ilma-vesilämpöpumppuja tai erilaisia hybridiratkaisuja, joissa säädettävä lämpökattila on merkittävä järjestelmän osa (N10).

Tarkasteltaessa asennettuja kW-määriä geoenergian suosio lienee jatkossakin vakaa. Suurempien kohteiden maalämpöjärjestelmien (noin 22kW-1000kW) asennusmäärien kasvu korvaa pientalomarkkinoilla mahdollisesti tapahtuvaa laskea (N9). Suurin kasvu suurissa kohteissa tapahtunee saneerauskohteissa kaukolämpöalueilla, pääosin koska kaukolämpöverkon ulkopuolisilla alueilla on suhteellisen vähän kiinteistöjä. Maaseutumaisilla alueilla saattaa lisäksi vaikuttaa epävarmuus kiinteistön tulevasta käytöstä. Ellei ole varmaa, tullaanko rakennusta käyttämään tulevina vuosikymmeninä, ei siihen tehdä energiaremonttia. Maalämpöinvestointi edellyttää n. 20 vuotta eteenpäin olevan varmuuden siitä, että rakennusta käytetään olennaisesti samaan tarkoitukseen (R7, N9). Asuinrakennukset ja toimistot ovat kiinnostavimpia kohteita maalämpösaneerauksille koska niissä energian kulutus ympäri vuoden melko tasaista eikä suuria kulutuspiikkejä ole (N9). Näissä geoenergian hyödyntämisen kasvua puoltaa myös jäädytyksen tuleminen vakioratkaisuksi erilaisissa kiinteistöissä (N10). Geoenergian yleistymistä suurissa kiinteistöissä tukee myös lämpökaivojen poraustekniikan kehitys. Jopa kilometriin ulottuvat lämpökaivot voivat mahdollisesti olla lähivuosina käytössä (N9). Syvistä kaivoista saadaan energiaa enemmän ja vakaammin ja pystytään näin aiempaa paremmin tuottamaan suurten kiinteistökohteiden energiantarve. Maalämmön hyödyntäminen suurissa kohteissa edellyttää, että energiakenttien ominaisuudet tunnetaan jo suunnitteluvaiheessa ja että energiakentän ominaisuuksia seurataan sen käytön aikana (N5, N6).

Myös suurkohteiden osalta kiinnostava kysymys on sähkön hinnoittelussa tapahtuvat muutokset. Jos sähkön laskutuksen painopiste siirtyykin huipputehon laskuttamiseen käytetyn energiamäärän sijasta, vaikuttaisi tämä siihen minkä kokoiseksi lämpöpumput suurkohteissa mitoitetaan. Toteutuessaan hinnoittelumallin muutos vaikuttaisi merkittävästi nykyisenkaltaisten suurkohteiden lämpöpumppujärjestelmien kannattavuuslaskelmiin (R4, R14).

6.3 Kiinteistöjen lämmittämisen Niche tulevaisuudessa

Koska tämän työn fokus oli pääsääntöisesti geoenergian kehityksessä, ei kaikkia mahdollisia kiinteistöjen lämmittämisen saati laajemmin energiamarkkinoiden idulla olevia tekniikoita, palveluita tai muita innovaatioita tutkittu erityisellä tarkkuudella. Tässä alaluvussa kuvataan sellaisia uusia lämmittämisen teknologi-

oita ja rakennusten uusia ominaisuuksia jotka tulivat esille geoenergian tulevaisuuteen liittyvän tiedonkeruun yhteydessä. Näillä tekijöillä voi olla vaikutuksia siihen kuinka geoenergiaa tulevaisuudessa hyödynnetään. Uudet tekijät on jaettu kahteen omissa alaluvuissa kuvattuun ryhmään, ensin käsiteltävät ovat erilaisiin lämmittämisen teknologioihin liittyviä ja toiseksi tarkastellaan rakennusten käyttöön liittyviä uusia tarpeita ja osaamisvaatimuksia.

6.3.1 Teknologinen kehitys lämmitysratkaisujen markkinoilla

Tässä luvussa kuvataan lyhyesti aineistoissa esille nousseita uusia lämmitysratkaisuja. Suurin osa ratkaisuista liittyy olemassa oleviin teknologioihin ja on toteutettavissa myös regiimiitoimijoiden toimesta.

Tulevaisuudessa erilaisten useita rinnakkaisia lämmitystapoja hyödyntävien hybridiratkaisujen hyödyntäminen rakennusten lämmittämässä tulee aiempaa tavallisemmaksi (R4, R13, R14, N1). Erilaisten yhdisteltävien ratkaisujen joukossa geoenergia on yksittäisten rakennusten ja pienten lämpöverkkojen tapauksessa usein ensisijaisena lämmönlähteenä jota muut energiaratkaisut täydentävät. Vahvin geoenergian pari on aurinkolämpö, tulevaisuudessa myös aurinkosähköä tullaan todennäköisesti näkemään aiempaa enemmän geoenergian parina (N5). Erilaisilla aurinkoenergian hyödyntämisen tavoilla voi olla suuri merkitys rakennusten lämmittämisen kokonaisuudessa edellyttäen että kausittaisesti saatavilla olevan energian varastointiratkaisut kehittyvät (R13, R14, N10). Hybridiratkaisujen hankaluutena on, että ne edellyttävät useiden päällekkäisten järjestelmien rakentamista ja tämä saattaa tulla kalliiksi (R15). Esimerkiksi yhdistelmät, jossa perinteinen kaukolämpö olisi yhtenä komponenttina, tulevat helposti niin hintaviksi, ettei niitä kannata asentaa. Taloudellisesti parempia, joskin sovelluspotentiaaliltaan melko rajallisia kaukolämpöä hyödyntäviä hybridiratkaisuja ovat järjestelmät, joissa hyödynnetään kaukolämmön paluuveden energiaa. Kiinteistö- tai aluekohtaisten geoenergiajärjestelmän käyttäjä voi hyötyä lähistöllä kulkevas- ta kaukolämpöverkostosta siten, että kaukolämmön paluuvettä ajetaan pääosin geoenergialla lämpiävän kohteen maalämpökaivojen kautta (R10, R12).

Matalamman lämpötilan kaukolämpöverkot (ns. kevytkaukolämpö), joissa lämmönsiirtonesteen lämpötila ja siirtopaineet ovat tavanomaista kaukolämpöä alhaisempia ja joiden infrastruktuuri on perinteistä ratkaisua edullisempaa, ovat tulevaisuudessa suosiotaan kasvattava kaukolämmityksen muoto (R1, R7, N1). Hybridiratkaisut, joissa osa tuotettavasta energiasta tuotetaan paikallisesti esimerkiksi lämpöpumpuin tai -keräimin, voisivat soveltuvasti olla osana näitä matalalämpötilaisia järjestelmiä (N1, N9). Erillään olevat lämpöverkot, joissa tyy-

pillisesti ei ole sähkön ja lämmön yhteistuotantoa, voisivat olla erityisen sopivia järjestelmiä kaksisuuntaiselle lämmöntuotannolle (R12).

Kaksisuuntainen lämmönsiirto on yksi kiinnostava tulevaisuuden mahdollisuus (R1, R2, R12). Tässä kiinteistöt tai teolliset toimijat, joilla on omaa lämmön tuotantoa, voisivat tuottaa lämpöä kaukolämpöverkon tarpeisiin ja saada verkkoon siirtämästään lämmöstä korvauksen. Paikoin suurten teollisuuslaitosten prosesseista syntyvää hukkalämpöä hyödynnetään kaukolämmön tuotannossa jo nyt, mutta kaukolämmön hintojen mahdollisesti tulevaisuudessa noustessa tämän toiminnan laajentaminen hieman pienempiin ja vain ajoittaisesti lämpöä tuottaviin kohteisiin saattaisi osoittautua kannattavaksi niin paikallisesti energiaa tuottavien toimijoiden ja kaukolämpöverkkoa hallinnoivien yhtiöidenkin kannalta (R4, N1, N9). Aivan uudenlaisia lämmönlähteitä voivat olla esim. laajat kesällä voimakkaasti lämpiävät asfalttikentät (HS63). Erilaisten uusiutuvien energiamuotojen, kuten aurinkoenergian, geoenergian tai syvemmältä kerättävän geotermisen energian yhdistäminen on kytköksissä matalan lämpötilan verkkojen yleistymiseen. Useista eri pisteistä tulevan ja lämpötilaltaan usein vaihtelevan lämmön tuominen näihin verkkoihin on helpompaa kuin perinteisiin kaukolämpöverkkoihin.

Suurissa lämmitysverkoissa lämpöpumput kasvattanevat osuuttaan kaukolämmön tai kaukokylmän tuotantoa täydentävinä energian tuottajina (R10, R12, N10). Lämpöpumpuilla saadaan hyödynnettyä erilaisia ympäristössä olevia lämmönlähteitä ja hukkalämpöä kaukolämmön tuotannossa. Kaukokylmän tuotannossa vesistöjen viileä vesi voi olla tulevaisuudessa nykyistä selvästi yleisemmin hyödynnetty energialähde.

Lämmön varastoinnin nykyistä laajempi hyödyntäminen on yksi tulevaisuuden kehitysmahdollisuus, jolla lämpöverkon tehokkuutta on mahdollista parantaa. Kaukolämpöverkot itsessään ja niihin liitettävät lämpövarastot mahdollistavat CHP-voimaloiden toimimisen säätövoimana tilanteessa, jossa sähkön tuotannon ja kulutuksen tasapaino on vaarassa. Tällöin tuotannossa syntyvää ylimääräistä lämpöä voidaan ajaa verkkoon, lämpöakkuihin tai näitä suurempiin varastoihin. Lämpövarastojen uudenlaista hyödyntämistä voisi olla niiden käyttö yhdessä kaukolämpöverkoston osana olevia suuria lämpöpumppuja, joilla voisi etenkin sähkön hinnan ollessa alhainen tuottaa lämpöä kaukolämmön paluuedestä joko lämmön menopuolelle tai lämpövarastoihin (R8, N1, N5, N10). Maankuori tai kallioluolat, joihin voisi säilöä lämmintä vettä, voisivat olla sopivia suuriksi lämpövarastoiksi. Varastoksi kaavailtujen alueiden osalta tärkeää on, että varaston geologiset ominaisuudet tunnetaan tarkkaan. Ideaali olisi löytää alue, jossa maankuori toimii eristeenä eikä johteena ja pystyy varaamaan energiaa. Nestettä energiavarastona hyödyntävät varastot voidaan louhia erikseen tai hyödyntää so-

veltuvasti olemassa olevia öljy, kaasu ym. varastoja. Esim. pääkaupunkiseudulla tällaisia luolia on runsaasti (N5).

Lämmöntuotannon tulevaisuuden kannalta kiinnostava mahdollisuus on geotermisen energian hyödyntäminen (R12, N5, N9). Tämän työn valmisteluajan kohtana St1 Deep Heat Oy on rakentamassa Suomen ensimmäistä, kapasiteetiltaan 40MW geotermistä lämpölaitosta Espoon Otaniemeen. Laitoksessa lämpö kerätään lähes seitsemän kilometrin syvyydestä, jossa kallion lämpötila on noin 120 °C. Tuotettu lämpö tullaan myymään Fortumin kaukolämpöverkkoon ja sen arvioidaan kattavan noin 10 % Espoon kaukolämmöntarpeesta. St1:n geotermisen laitoksen lämmöntuotannon oli tarkoitus käynnistyä jo vuoden 2017 loppupuolella, mutta laitoksen käyttöönotto viivästyi reiän poraamisessa ilmenneiden hankaluuksien vuoksi. Tämän väitöskirjan viimeistelyn ajankohtana lämpökaivo oli saatu porattua noin 6,4 km syvyyteen saakka. Jo nyt syvän lämpökaivon poraamisesta saadut kokemukset ja kertynyt porausosaaminen mahdollistavat jatkossa tavanomaisemmissakin geoenergiakohteissa nykyistä selvästi syvempien lämpökaivojen poraamisen. Laitoksen osoittautuessa teknistaloudellisesti toimivaksi St1:n tavoitteena on monistaa voimalaitoskonsepti ja myydä vastaavien laitosten tuottamaa lämpöä kaukolämpöverkkoyhtiöille. Vuonna 2017 St1:llä oli tehtynä esisopimukset geotermisten laitosten rakentamisesta Turkuun ja Malmöön (Saarno 2017).

Muiden kuin maalämpöpumppujen suosio kasvaa pienissä kiinteistökohteissa tulevina vuosina. Geoenergian näkökulmasta ilma-vesilämpöpumpuista on jo tullut taloudellisesti ja toiminnallisesti merkittävä vaihtoehto maa- ja kalliolämmön hyödyntämiselle pienissä kiinteistökohteissa. Ilma-vesilämpöpumput tulevat jatkossa yleistymään ja vievät markkinoita kohteilta, joihin olisi aiemmin asennettu maalämpöpumppu. Maalämpöpumppu kuitenkin säilynee jatkossakin etenkin suuremmissa kohteissa ilma-vesilämpöpumppua edullisempänä energiantuotantotapana. Maalämmön hyödyntämistä puoltavat parempi hyötysuhde ja mahdollisuus mitoittaa järjestelmä vastaamaan 100% energiantarvetta. Tällaisessa mitoituksessa korkeat sähköhinnat eivät tuo energialaskuun yllättäviä piikkejä. Näin mitoitettun maalämpöpumpun käyttö ei myöskään kiihdytä sähkön kysynnän lisääntymistä sähköverkossa suuren lämmöntarpeen koittaessa (N1, N10).

Yksi energiajärjestelmien ja kiinteistökohtaisen energiantuotannon toimintatavan muutoksen mahdollistaja on talotekniikan ja erilaisten energiantuotantolaitteiden etäkäyttömahdollisuus sekä järjestelmien parantuva yhteiskäyttö. Rakennusten ominaisuuksista on saatavissa yhä enemmän tietoa ja tämä tekee rakennusten teknisten järjestelmien seurannan, hallinnan ja huollon aiempaa laadukkaammaksi ja kustannustehokkaammaksi. Etäkäyttö mahdollistaa erilaisia energiapalveluita ja saattaa yhdessä joustavien energiasopimusten kanssa tarjota edellytykset lämpö- ja sähköverkkojen tehokkaampaan hallintaan. Rakennusten

aiempaa tarkempi monitorointi ja erilaisten laitteiden etäkäyttömahdollisuus lisää myös mahdollisesti muun, energiaan suoraan liittymättömän, kiinteistöhallinnan seurannan ja siihen liittyvän liiketoiminnan kasvattamisen (N9, N10). Etähallinnalla ja erilaisilla energiasopimuksissa voidaan pystyä laskemaan myös energiaan liittyviä haitallisia ympäristövaikutuksia. Yksinkertaisin esimerkki tällaisesta on energian kysynnän tasaaminen laskemalla joidenkin asiakkaiden kiinteistöjen lämpötilaa energian huippukysynnän aikana, jolloin voidaan välttää uusien tuotantolaitosten käynnistäminen. Jo parin asteen lämpötilan laskulla osassa kiinteistökantaa voidaan saavuttaa merkittäviä hyötyjä lämpöverkon operoinnin tehokkuudessa (R12).

Yleisesti erilaisilta energiantuotantomuodoilta ja energian kulutukselta kaivataan tulevaisuudessa enenevästi joustavuutta (R13). Tämä on oleellista erityisesti sähköntuotannon ja -kulutuksen kohdalla. Kaksisuuntaisten lämmitysverkkojen ja ehdoiltaan vaihtelevien lämmöntuotantosopimusten yleistyessä asiaa koskee enenevästi myös lämpömarkkinoita. Kiinteistöjen lämmitysratkaisujen näkökulmasta joustavuutta energiajärjestelmään voi tulevaisuudessa tuoda monin tavoin. Suuremmissa voimalaitoskokoisissa yksiköissä suuret lämpöpumput voivat toimia joustavuutta lisäävästi siten, että niiden käyntiaikoja rajoitetaan suuren sähkönkysynnän aikana. Lämpöpumppujen ollessa pois päältä hyödynnetään muita lämpöverkon energialähteitä ja hyödynnetään lämpöverkkoon ja mahdollisiin lämpövarastoihin sitoutunutta lämpöä. Pienempien kohteiden osalta joustavuutta voidaan parantaa erilaisilla energiasopimuksilla sekä näihin yhdistettynä etäkäytön mahdollistamalla hallintavälineillä, joilla useiden pienten energian tuotanto- ja kulutuspisteiden toimintaa voidaan hallinnoida tehokkaasti (N9).

6.3.2 Uudet tarpeet kiinteistöissä sekä uudet osaamisvaatimukset

Tähän alalukuun on koottu lyhyesti tiedonhankinnan yhteydessä esiin nousseita kiinteistöjen energiahuollon tulevaisuuteen vaikuttavia uusia tarpeita, joita rakennusten käyttäjillä on sekä uusia osaamisvaatimuksia, joita erilaiset kuvatut muutokset kiinteistöjen energiahuoltoon aiheuttavat. Tarkastelu rajoittuu laajuuteen, jossa aiheet ovat nousseet esille tämän työn tiedonkeruun yhteydessä erityisesti keskittyen niiden vaikutuksiin geoenergian hyödyntämiseen tulevaisuudessa.

Jäähdytyksen yleistyminen vakioratkaisuna erilaisissa kiinteistöissä on merkittävin uusi kiinteistöjen lämmitysmarkkinoita tulevaisuudessa muokkaava tarve. Asumisen vaatimustason nousu ja tulevaisuudessa yleistyvä matalaenergiarakentaminen luo rakennuksiin jäähdytystarvetta (R1, R2, R4, R8, R10, R12, N2, N3, N6, N7, HS28). Viilennyksen merkitys kasvaa myös johtuen siitä, että rakennuk-

siin tulee tulevaisuudessa entistä enemmän tekniikkaa, joka tuottaa lämpökuormaa sekä siitä että runsas lasin käyttö rakennusten julkisivuissa näyttäisi olevan pysyvää. Suuret lasipinnat päästävät runsaasti auringonvaloa sisään ja nostavat näin paisteella rakennusten sisälämpötilaa. Mukavuudenhalun ohella viilennystarpeen odotettavissa olevaa kasvua perustelevat asumis- ja työskentelyoloja koskevat määräykset, jotka määrittelevät huoneiston ylimmän sallitun lämpötilan. Nykyisellään määräykset asuintiloissa ovat maksimissaan 26 astetta lämmityskaudella ja 32 astetta lämmityskauden ulkopuolella. Palvelutaloissa ja vanhainkodeissa ylin lämpötila lämmityskauden ulkopuolella on 30 astetta (Finlex 545/2015). Näitä rajoja saatetaan tulevaisuudessa kiristää ja odotettavissa on ainakin rajojen aiempaa tiukempi seuranta. (N9).

Todennäköisesti osa kasvavasta jäähdystarpeesta hoidetaan kaupungeissa laajentuvalla kaukojäähdytyksellä (R1, R12). Kaukojäähdytyksen hyödyntämisen eri kustannuserät (liittymismaksu, vuotuinen perusmaksu ja kulutetun energian mukaan määräytyvä maksu) tekevät kaukojäähdytyksen kuitenkin ainakin nykyisellään melko kalliiksi jäähdyttämisen vaihtoehdoksi (R7). Kaukokylmäverkkojen mahdollinen laajeneminen ja tätä myötä aiempaa suurempi asiakasmäärä saattaa tulevaisuudessa laskea näin tuotetun ja siirretyn jäähditysenergian hintaa, mutta useat haastatellut näkivät kaukokylmän ainakin lähitulevaisuudessa pysyvän melko hintavana jäähdyttämisen tapana. Jäähdyttämässä geoenergian kilpailuetuna kaukokylmään verrattuna on edullisempi hinta, etenkin kohteissa joissa samaa energiakenttää hyödynnetään myös lämmön tuotantoon sekä jäähdityksen tuottaminen alueilla joille kaukokylmäverkko ei ulotu (R1, R12, N5, N10).

Vaikka rakennusten pinta-alayksikköä kohden kuluttaman energian määrä tulee tulevaisuudessa todennäköisesti vähenemään, ei lämpimän käyttöveden kulutus tule tulevaisuudessa laskemaan samassa suhteessa kuin lämmitysenergian. Lämpimän käyttöveden tuottamisen osuus rakennusten lämmittämisen kuluista tulee siis kasvamaan (R10, N2, N3, N4). Ratkaisut, joilla lämmintä vettä saadaan tuotettua edullisesti ja energiatehokkaasti, ovat jatkossa kysytyjä. Aurinkokeräimet ja pientaloissa modernit kiertovesitakat saattavat olla suosiotaan kasvattavia ratkaisuja. Paljon vettä kuluttavissa kohteissa lämpimän veden tuottamisen edullisuus tukee jossain määrin maalämpöpumppujen suosion säilymistä.

Energiaverkkojen hallinnan merkitys kasvaa tulevaisuudessa ja energiayhtiöiden tulee kehittää erilaisia energiatuotteita energian tuotannon ja kulutuksen tasapainottamiseen. Lämpöpumppujen voimakas yleistyminen rakennusten lämmittämässä saattaa aiheuttaa energiayhtiöille ja verkon hallinnalle ongelmia kun sähkön huipputehon tarpeet kasvavat, mutta tarvittavat energiamäärät pienevät. Sähkön kulutuksen mittaustarkkuuden parantaminen voisi olla tähän yksi ratkaisu. Tällöin saataisiin hetkelliset (1 s tai alle) tehopiikit, jotka saattavat merkittävästikin vaikuttaa verkossa kulkevan sähkön laatuun, esille ja hinnoittelun

piiriin (R14). Huipputehon tarpeen huomioiminen energiahinnoissa voi tapahtua sähkön laskutuksessa siten, että painopiste hinnan määräytymisessä onkin toteutunut huipputeho siirretyn energiamäärän sijaan (R3). Riippuen tällaisen hinnoittelun yksityiskohdista, saattaa tällaisella hinnoittelun muutoksella toteutuessaan olla vaikutusta siihen millaisiin kohteisiin ja millaiseen käyttöön suuria lämpöpumppuja tullaan asentamaan. Kohteet, joissa lämpöpumppu käynnistetään ja sammutetaan usein, olisivat tällaisessa tapauksessa heikommin kannattavia.

Yleisesti tulevaisuudessa on tarvetta erilaisille ratkaisuille, jotka mahdollistavat aiempaa tehokkaamman, mielusti uusiutuviin energianlähteisiin nojaavan energian tuotannon ja kulutuksen. Aiemmin on jo esitelty ajatuksia erilaisista energiatuotteista, jotka osaltaan toteuttavat tätä tavoitetta. Erilaisten talotekniikkajärjestelmien ja energijärjestelmien hallinta edellyttää kehittyneitä ohjelmistotyökaluja, joilla pystytään etäohjatuksi tai automaattisesti hallitsemaan useiden energian tuotanto- ja kulutuspisteiden verkostoa. Yhteensopivien ohjelmistoaalustojen kehittämisessä ja hallinnassa on energia-alan toimijoilla tulevaisuudessa tekemistä (N9, N10).

Uusiutuvien energialähteiden kasvavassa hyödyntämisessä jouduttajina voivat toimia energiakonsultointiyrietykset (N4, N10). Vaihtoehtoisten energiamuotojen määrän ja niiden yhdistelmien lisääntyessä energiakonsultoinnille ja erilaisille energiapalveluille lienee muutoinkin tulevaisuudessa kasvavaa kysyntää. Energiakonsultoinnin rooli erilaisissa hankkeissa voi vaihdella. Perinteinen rooli on toimia erilaisia asiakkaan tarpeisiin soveltuvia energiamuotoja yhdistelevän ratkaisun suunnittelijana ja ”avaimet käteen” -toteuttajana. Uudenlaista palvelua edustavat ulkoistetut energiapalvelut, jossa ulkopuolinen operaattori rakentaa omalla kustannuksellaan rakennuksen tai alueen energiantuotantojärjestelmän ja operoi sitä sovitun ajan laskuttaen rakennusten käyttäjiä kulutetusta energiasta⁷⁷ (R15, N9). Tällainen vaihtoehto on rakennuksen omistajalle houkutteleva silloin kun nyt käytössä oleva energiamuoto on kallis tai energijärjestelmä remontin tarpeessa, mutta omia varoja mittavaan energiasaneeraushankkeeseen ei ole. Tämä on usein ongelma erityisesti julkisten tahojen saneerausurakoissa, joissa klubudjetin täytyessä on jouduttu saneerattavaan kiinteistöön tekemään rakennus-
hetkellä edullinen, mutta pitkän aikavälin käyttökustannuksiltaan kalliiksi tuleva ratkaisu.

⁷⁷ Esimerkki energijärjestelmän operointitoiminnasta on St1:n lähilämpö-konsepti, jonka puitteissa tarjottava palvelu mahdollistaa geoenergian hyödyntämisen erilaisissa kiinteistöissä ilman, että näiden kiinteistöjen omistajien on tarpeen itse investoida geoenergialaitteistoon. St1 rakentaa geoenergiaa tai soveltuvasti muuta paikallisesti saatavilla olevaa uusiutuvaa energiamuotoa hyödyntävän laitteiston ja operoi sitä sopimuksen mukaisen ajan (esim. 20 vuotta) veloittaen kiinteistöä sen sopimusaikana käyttämästä energiasta.

Ympäristöystävällisyys on tulevaisuuden vaatimus kaikissa rakennustyypeissä. Tähän ohjaavat sekä säädökset että taloudellinen logiikka. Etenkin liikerakennusten osalta erilaisten ympäristöystävällisten ratkaisujen hyödyntäminen on viisasta. Kansainväliset kiinteistösijoittajat arvostavat enenevästi ympäristöystävällisten ratkaisujen hyödyntämistä. Sellaisten ratkaisujen hyödyntäminen, jotka takaavat energiatehokkuuden ja ylittävät kulloinkin voimassa olevat ympäristömääräykset, vähentävät kiinteistösijoittajan riskiä siitä, että rakennuksesta tulee tulevaisuudessa ongelmakiinteistö, jonka vuokraaminen tai edelleen myyminen on hankalaa (R7, N8).

7 KIINTEISTÖJEN LÄMMITYSMARKKINOIDEN SKENAARIOT VUOTEEN 2030

Tässä luvussa esitellään kaksiosaisen Delfoi-tutkimuksen ensimmäisen kierroksen tuloksina tuotetut vuoteen 2030 ulottuvat kiinteistöjen lämmittämisen skenaariot sekä Delfoin toisen kierroksen kyselyllä kerättyjä asiantuntijoiden kommentteja niihin. Skenaariot on tuotettu teorialähtöisesti käyttäen MLP-kehyyksen sovelluksissa tunnistettuja kehityspolkujen tyyppejä⁷⁸ erilaisten skenaarioiden runkoina. MLP:n sovelluksissa tunnistetuista kehityspoluista ne, joiden kuvaamat kehityskulut olivat Delfoin ensimmäisen kierroksen tiedonhankinnan ja kerätyn kirjallisen aineiston perusteella uskottavia kiinteistöjen lämmitysmarkkinoilla, valittiin skenaarioiden pohjaksi.

Luvussa 7.1 käydään läpi skenaarioiden laatimisen taustaa ja esitetään periaatteita, joita noudattaen skenaariot tuotettiin. Tätä seuraavissa kolmessa luvussa (7.2, 7.3 ja 7.4) esitetään Delfoin ensimmäisen kierroksen tiedonhankintaan ja soveltuviin MLP-kehyyksen kehitysdynamiikan malleihin pohjaavat skenaariot. Skenaariokuvausten ohella lukujen yhteydessä on myös koostetaulukot skenaarioiden keskeisistä elementeistä sekä tiiviit kuvaukset transition prosessista kunkin esitellyn kehityspolun tapauksessa. Luvussa 7.5 käsitellään tuotettujen skenaarioiden omaisuuksia yleisesti. Tätä seuraavassa luvussa 7.6 kuvataan Delfoin toisen kierroksen kyselyn tuottamia näkemyksiä skenaarioihin liittyen. Luvussa 7.7 tarkastellaan asiantuntijoiden todennäköisimpänä pitämää geoenergian tulevaisuuden kehityskulkua MLP-kehyyksen termein.

7.1 Skenaarioiden taustaa ja laatimisperiaatteita

Tässä tutkimuksessa skenaarioiden laatimisessa hyödynnetään tapaa, jossa nojaututaan toteutuneiden kehityskulkujen tutkimuksen paljastamiin kehityksen säännönmukaisuuksiin. Tällainen kerättyä aineistoa erilaisiin ennalta tunnistettujen kehityspolkujen tyyppihin sovittava toimintatapa ei ole tulevaisuudentutkimuksen piirissä kaikkein tyypillisin skenaarioiden laatimisessa. Tavallisempi on

⁷⁸ Ks. luku 2.4.3

tapa, jossa tarkasteltavan aiheen kehityksen kannalta keskeisten muuttujien mahdollisesti saamia erilaisia arvoja järjestetään keskenään ristiriidattomiksi kokonaisuuksiksi valikoinnin pohjautuen koottuun aineistoon sekä tutkijan, tutkijajoukon tai muun asiantuntijaryhmän näkemyksiin tulevaisuudesta (Coates 2000, 117). Historiasta tunnistettuihin kehityskulkuihin nojaava teorialähtöinen ote skenaarioiden laatimisessa ei kuitenkaan ole täysin vieras. Bradfield, Derbyshire & Wright (2016, 60) nostavat esiin, että historian tuntemus on skenaarioita tehdessä tärkeää. Ei siksi, että oletettaisiin historian toistavan itseään, vaan koska historiasta voi ottaa oppia erityisesti siitä millaisissa oloissa minkäinlaiset motiivit ja prosessit tyypillisesti korostuvat. Yleisemminkään tulevaisuuden kehitysmahdollisuuksia ei tulisi tarkastella historiattomina tiloina joissa nykyhetkestä eteenpäin kaikki kuviteltavissa olevat toimintatavat tai lopputulemat ovat yhtäläisesti mahdollisia (ks. Green 2012; Kaivo-oja, Katko & Seppälä 2004) vaan menneisyyden heijastuminen tulevaisuuteen tulisi huomioida. Skenaarioita laadittaessa aiemmin toteutuneiden kehityspolkujen tyyppien tuntemus auttaa tunnistamaan millaiset toiminnot, toimintatavat tai rakenteet ovat luonteeltaan pysyviä tai hitaasti muuttuvia; millaisissa asioissa nopea muutos taas on todennäköisempää ja millaisia epäjatkuvuuksia kehityskuluissa voi mahdollisesti olla (Bennett 2012, 104–105; Bradfield et al. 2016 57–63). Historian huomioiminen on syytä tehdä huolellisesti keskittyen erityisesti tekijöihin, jotka selittävät kiinnostuksen kohteena olevan teeman systeemistä logiikkaa. Soveltuviksi tietolähteiksi skenaariotyössä soveltuvat esimerkiksi tilastot, relevantit kirjalliset lähteet sekä haastattelut ja tiedon jalostamisen tavaksi esimerkiksi Delfoi-menetelmä (Bennett 2012, 97; Bradfield et al. 2012, 63).

Teorialähtöiset, historiallisesta kehityksestä näkemyksiä ammentavat skenaariot ovat omiaan aiheissa, joissa merkittävät muutokset ovat usein hitaita ja muutokseen vaikuttaa suuri joukko eritasoisia toimijoita ja toimintoja (Hofman & Elzen 2010, 654). Energiajärjestelmiin liittyvät asiat ovat tyypillisesti tällaisia ja teorialähtöisiä skenaarioita onkin laadittu energiateemojen käsittelyssä. Näin on tehty esimerkiksi vedyn hyödyntämisen lisäämiseen tähtäävien kehityspolkujen tarkastelussa Iso-Britanniassa (McDowall 2014) ja selvittäessä tieliikenteessä hyödynnettävien energialähteiden muutosta (Tapio 2002, van Bree, Verbong & Kramer 2010). Myös skenaarioiden kanssa samankaltaisuutta omaavat, joskin taustaoletuksiltaan ja tarkasteltujen muuttujien lukumäärältään usein skenaarioita suppeammat erilaiset teknologiset tiekartat⁷⁹ ovat esimerkkejä ohjatusta tulevaisuuden kehityskulujen hahmottelusta. Teorialähtöistä lähestymistapaa skenaarioiden laatimiseen puoltaa myös yhden tulevaisuudentutkimuksen viimeisten

⁷⁹ Eng. technology roadmaps

vuosikymmenten keskeisen hahmon, Jim Datorin näkemys tulevaisuustarkastelussa oleellisista tekijöistä. Datorin mukaan kulloinkin tarkasteltavan aiheen kannalta relevantin toimintaympäristön ja sen muutosdynamiikan ymmärtäminen on oleellinen osa tulevaisuudentutkimusta. Tämän ymmärtämiseksi tulevaisuustarkastelussa on tarpeen hyödyntää jotain muutosta kuvaavaa tai selittävää teoriaa, jonka maailmankuvalle ja käsityksille tehtävä tarkastelu pohjaa (Dator 2002, 8). Muutoksen teorian hyödyntäminen syventää muodostettavaa näkemystä ja voi parantaa tulevaisuustarkastelun laatua verrattuna tilanteeseen, jossa skenaariot pohjautuisivat ainoastaan valitun asiantuntijajoukon käsitysten erittelyyn.

Sosioteknisten skenaarioiden kohdalla erityisen kiinnostuksen kohteena ovat muutoksia aikaansaavat tekijät ja niiden erilaisista yhdistelmistä seuraavat kehityskulut. Tarkasteltaessa jonkin tietyn teknologian tulevaisuutta sosioteknisissä skenaarioissa huomion keskiössä ei ole niinkään teknologian kehitys vaan mielenkiinto kiinnittyy asioihin, jotka saavat aiheen kannalta oleelliset toimijat muuttamaan käyttäytymistään siten, että uudet toimintatavat tulevat käyttöönotetuksi (Hofman & Elzen 2010, 654; Wang, Gustafsson & Svane 2013). Tässä työssä hyödynnetty skenaarioiden rakentamisen tapa pohjautuu soveltuvasti Hofmanin & Elzenin (2010, 657) esittelemään skenaarioiden laatimismalliin, jossa laajassa sosioteknisessä järjestelmässä tapahtuvat muutosprosessit ovat keskeisiä erilaisia kehityskuluja erottavia tekijöitä. Hofmanin ja Elzenin tapa luoda skenaarioita nojaa MLP-kehityksen eri tasoilta vaikuttavien teemojen yhteisvaikutuksen huomioimiseen skenaarioiden taustalla ja sopii siksi hyvin tässä tutkimuksessa sovellettavaksi. Työssä toteutettu tapa eroaa em. artikkelissa hahmotellusta skenaarioiden rakentamisen tavasta oleellisesti siinä kuinka ja millä painotuksilla aineisto skenaarioiden taustaksi on koottu (näkyen esim. siinä kuinka toimijanäkökulma on skenaarioissa huomioitu) ja miten skenaariot on käytännössä laadittu. Hofmanin ja Elzenin artikkelissa kuvatuissa skenaarioissa toimijoiden näkemykset välittyvät skenaarioihin vain aggregaattitasolla ja laadittuja skenaarioita ei testata ja täydennetä useampikierröksisellä tiedonkeruun prosessilla kuten tämän työn yhteydessä.

Laadittavien skenaarioiden tavoitteena on havainnollistaa erilaisia geoenergian hyödyntämisen mahdollisia tulevaisuuksia Suomessa vuoteen 2030 mennessä. Erilaisista skenaariokategorioista⁸⁰ tässä laaditut ovat lähinnä prediktiivisiä skenaarioita (Börjeson et al. 2006, 725–730). Tämä on seurausta raameista, jotka teorialähtöinen ote asettaa erilaisten kehityskulkujen malleille. Skenaarioiden

⁸⁰ Börjeson et al. (2006) tunnistavat kolme eri tiedonintresseistä johtuvaa päätyyppiä: prediktiivinen, ts. ennustamiseen pyrkivä (eng. predictive), uusien mahdollisten kehityskulujen tunnistamiseen pyrkivä (eng. explorative) ja jonkin tavoitteen toteuttamisen tapoja tarkasteleva (eng. normative).

muotoutuminen ei ole teorialähtöisessä toimintatavassa täysin vapaata vaan tulevaisuuden toimintaympäristön uskotaan olevan jossain määrin ennustettava ja suurten muutosten tapahtuvan melko hitaasti. Vaikka tuotetut skenaariot kuuluvat luokittelussa ennustamiseen pyrkivään kategoriaan, eivät tässä työssä tuotetut tulevaisuuden kehityskulkujen kuvakset kuitenkaan ole ennusteita tulevasta kehityksestä vaan paremminkin yksinkertaistuksia tai kärjistyksiä mahdollisista erilaisista kehityspoluista. Börjesonin et al. (2006, 725–726) luokittelussa tämän tyyppisiä prediktiivisten skenaarioiden kategoriaan kuuluvia skenaarioita kutsutaan ”entä jos”-skenaarioiksi. Niissä tavoitteena on tarkastella millaiset kehityskulut voivat toteutua erilaisten kuviteltavissa olevien olosuhteiden ja valintojen yhteisvaikutuksesta.

Delfoin ensimmäisen kierroksen yhteydessä tuotetun aineiston sekä hyödynnetyn kirjallisuuden aineistoon pohjaten kaikkia skenaarioita rajaavia reunaehtoja ovat vuotta 2030 koskevat päästöjä vähennystavoitteet. Tärkeimpänä taustalehtuksena on, että päästöjen vähentämiseen tähtäävät tavoitteet ovat kiinteistöjen energiaratkaisuihin merkittävästi vaikuttavia tekijöitä myös tulevaisuudessa, joskin kunnianhimon aste ja päästöjen vähentämisen toteuttamistavat voivat jonkin verran vaihdella.

Skenaarioita laadittaessa nojaututtiin MLP-kirjallisuudesta poimittujen kehityspolkujen tyyppeihin kuitenkin siten, että erilaisista poluista huomioitiin vain sellaiset, joita kerätty aineisto tuki. Nopeasti kehittyviä landscape-shokkeja ei aineiston perusteella ole näköpiirissä. Täten erilaisista kehityspolkujen tyyppitapauksista tällaisia muutoksia edellyttävä tapaus, uudelleenjärjestäytymispolku (*de-alignment and re-alignment pathway*) rajautui pois. Toinen pois rajautunut tapaus oli uusintamisprosessi (*reproduction process*), jossa landscape-tasolta tulevaa muutospainetta ei ole lainkaan. Ilmastonmuutoksen haitallisten vaikutusten ehkäisemiseksi kaavaillut ilmasto- ja energiapolitiikkatoimet ovat aiemmin esitetyt selkeästi landscape-tasolta tulevia, kohtalaisen hyvin ennakoitavissa olevia muutosvoimia. Kolmas pois rajautuva MLP-teorian tunnistama kehityspolku on sekoittuvien kehityspolkujen (*mixing pathways*) tapaus. Tämän osalta kiinteistöjen energiamarkkinoiden suhteellisen hidas muutosnopeus yhdessä tässä työssä käytetyn tulevaisuushorisontin kanssa tekevät kehityspolun toteutumisen hyvin epätodennäköiseksi. Muuttuvien kehityspolkujen tapauksen soveltaminen tässä yhteydessä edellyttäisi, että kiinteistöjen lämmitysmarkkinoilla ehtisi vuoteen 2030 mennessä toteutumaan useita peräkkäisiä merkittäviä muutoksia. Tämä ei kerätyn aineiston perusteella ole uskottavaa. MLP:n sovelluksissa tunnistetuista kehityspoluista selkeimmin tukea haastatteluaineiston ja kirjallisen aineiston perusteella saivat muuntautumispolku (*transformation pathway*) ja uudelleenasettautumispolku (*reconfiguration pathway*). Osin uskottavana voi pitää myös korvaantumispolun (*technological substitution pathway*) kaltaista kehitystä kuitenkin

kin siten, että erilaisista landscape -tason muutoksen tyypeistä ainoastaan disruptiivista, hitaasti kehittyvää toimintaympäristön muutosta pidetään mahdollisena.

Skenaarioita laadittaessa huomioitiin myös kokonaan uudenlaisten, MLP:n kehitysdynamiikan tyypittelylle aiemmin vieraiden kehityspolkujen laatimisen mahdollisuus. Erilaisten regiimi- ja nichetoimijoiden lisääntyvää ja luonteeltaan pysyväksi toimintatavaksi muuttuvaa yhteistyötä korostava muutosprosessi oli yksi ehdokas tällaiseksi vakiintuneen teorian ulkopuolelta tulevaksi muutoksen malliksi, mutta lopulta aineisto ei tuottanut riittävästi aineksia tätä teemaa painottavan uskottavan muutosprosessin kuvaamiseen. Ongelmana oli erityisesti toimintalogiikan uuden tasapainotilan kuvaus, joka olisi riittävän erilainen verrattuna uudelleenasettautumispolkua noudattelevaan skenaarioon.

Tunnistettuja kiinteistöjen energiamarkkinoiden tulevaisuutta muokkaavia yksityiskohtia kuten ilmasto- ja energiapolitiikan painotuksia, uusia toimijoita, teknisiä innovaatioita tai toimintatapamuutoksia sijoiteltiin teorian tuottamiin skenaariorunkoihin pohjautuen ensisijaisesti haastattelujen myötä syntyneeseen ymmärrykseen erilaisten mahdollisten tulevaisuuksien toteutumiseen vaikuttavista tekijöistä. Valikointia tehtiin siten, että aineistosta poimittiin ensin landscape-tason asioita ja sijoitettiin näitä sopivimpaan kolmesta teorian tunnistamasta kehityskulusta. Tämän jälkeen sijoiteltiin skenaariorunkoihin regiimitason tekijöitä ja viimeiseksi niche-tasolta vaikuttavia muuttujia. Valinta ei kaikkien muuttujien suhteen ollut yksiselitteinen ja osan etenkin yksityiskohtaisemmista hyödynnettäviä teknisiä ratkaisuja tai palveluinnovaatioita koskevista asioista olisi voinut perustellusti sijoittaa useamman kuin yhden skenaarion yhteyteen. Tämä tietty satunnaisuus joidenkin yksityiskohtien sijoittelussa ei ole kuitenkaan merkittävä ongelma, sillä skenaarioiden ydin ei ole niinkään detaljien, vaan laajemman toimintalogiikan ja kiinteistöjen lämmittämisen regiimin muutoksen kuvaamisessa.

7.2 Skenaario 1 – Kilpailukykyisesti kaukolämmöllä (muuntautumispolku, *transformation pathway*)

Ilmasto- ja energiapolitiikan tavoitteet ja sen edistämisen keinot ovat selkeitä ja hyvin ennakoitavissa. Tämä takaa energia-alalla toimiville tai siihen eri tavoin kytkeytyville toimijoille vakaan toimintaympäristön koko 2020-luvun ajan. Vähittäinen muutos suosii energia-alan vakiintuneita toimijoita, joilla on mahdollisuus suunnata omaa toimintaansa vähitellen odotettavissa olevaan tulevaisuuden toimintaympäristöön sopivaksi. Perinteisistä kiinteistöjen lämmitysmarkkinoiden regiimitoimijoista vahvin, kaukolämpö, säilyttää asemansa vuoteen 2030 tultaessa hyvin. Kaukolämmön aseman säilymistä ylläpitää yhdistetyn sähkön ja lämmöntuotannon (CHP) merkityksen korostuminen kansallisessa energiapolitiikas-

sa. CHP-tuotannon energiatehokkuus ja CHP-voimalaitosten kyky tuottaa sähköä kulutushuippujen aikana puoltavat tällaisten laitosten säilyttämistä osana energiantuotantorakennetta. Yhdistetyn sähkön ja lämmöntuotannon kilpailukyky tataan Suomessa tälle tuotantomuodolle suotuisalla vero- ja tukikohtelulla. Tuet kohdistetaan erityisesti erilaisten kotimaisten biopolttoaineiden käyttöön CHP-laitoksissa. Kaukolämpötoimijat pyrkivät ylläpitämään kaukolämmön kiinnostavuutta myös viestimällä aktiivisesti tämän lämmitysmuodon hyvistä puolista sekä hyödyntämällä energiantuotannon rakenteeseen hyvin sovitettavia uusia teknologioita ja toimintatapoja. Kaukolämpö on kiinteistöjen lämmittämisen markkinoilla vahvoilla tiiviisti rakennetuilla alueilla, joilla kaukolämpöinfrastruktuuri on pääosin rakennettu jo menneinä vuosikymmeninä ja on hyvässä kunnossa.

Yksi 2020-luvun lämpömarkkinoille leimallinen toimintamuoto on perinteisten kaukolämpötoimijoiden kasvava yhteistyö jotain energiaressursia omaavien tahojen kanssa. Esimerkiksi erilaisia hukkalämmön lähteitä on hyödynnetty enenevästi kaukolämmön tuotannossa. Oman toimintansa sivutuotteena syntyvää hukkalämpöä lämpöverkkoon tuottavien suurasiakkaiden kanssa käytävä lämpökauppa on kaksisuuntaista. Myös useiden kilometrien syvyydestä saatava geotermistä energiaa käytetään vuonna 2030 lämmönlähteenä useissa lämpöverkoissa. Myydyin kaukolämmön kokonaismäärä laskee 2020-luvun edetessä hieman. Lämmön kysyntää vähentävät erityisesti rakennusten energiatehokkuuden nousu ja kiinteistöjen lämmön talteenottojärjestelmien yleistyminen. Kasvavilla kaupunkialueilla kaukolämpöverkostoja laajennetaan ja uudisrakentamisen myötä verkoston piiriin tulee lisää asiakkaita.

CHP-laitoksissa tuotetun lämmön suotuisan verokohtelun ja tehokkaan tuotannon ohella perinteisten kaukolämpöyritysten kilpailukykyyn lähteitä ovat erilaiset kysynnän joustoja hyödyntävät energiatuotteet, joiden kehittämissä pitkien asiakassuhteiden myötä kertynyt asiakaskäyttäytymisen tuntemus on ollut perinteisille kaukolämpöyhtiöille avuksi. Näiden energian toimitusehtoja ja myydyin energian määrää eri aikoina säätelevien sopimusten avulla energiantuotannon tehokkuutta on saatu entisestään parannettua ja päästöjä vähennettyä. Vuonna 2030 joustavat lämpösopimukset ovat yleisin sopimustyyppi lämpökaupassa. Tehokkuutta lämmöntuotantoon on tuonut myös erilaisten lämpöpumpputeknologioiden hyödyntäminen laajasti osana kaukolämmön ja -kylmän tuotantoa. Kiinteistökohtainen geoenergian hyödyntäminen on kaukolämpöalueilla melko vähäistä, koska näillä alueilla sijaitseville suurille kiinteistöille kaukolämpö on useimmissa tapauksissa kilpailukykyinen vaihtoehto. Kaukolämpöalueilla geoenergiaa hyödynnetään jonkin verran sellaisten suurasiakkaiden kohdalla jotka tarvitsevat jäähdystystä mutta joiden kiinteistö ei ole kaukokylmäverkoston piirissä. Nämä geoenergiailaitokset toimivat usein paikallisen kaukolämpöyhtiön oh-

jauksessa ja toimivat näin yhtenä kaukolämpöjärjestelmän joustavuutta lisäävänä tekijänä.

Kaukolämpöverkkojen ulkopuolella sijaitsevilla suurissa kiinteistöissä geoenergia on edullisin lämmitysmuoto. Erityisesti kerrostalot ja rivitalot, joissa kaukolämpöön liittyminen ei ole mahdollista lämpiävät tavallisimmin maalämmöllä. Johtuen kiinteistömarkkinoiden keskittymisestä suurten asutuskeskusten läheisyyteen, on geoenergiajärjestelmille otollisten suurten kiinteistökohteiden markkina kuitenkin suhteellisen pieni. Geoenergialaitteistojen valmistajat ja palvelutuottajat ovatkin rakennusten ohella enenevästi kehittäneet tuotteitaan erilaisen erikoistuneiden käyttökohteiden markkinoille, joilla erilaiset matalatilaista lämpöä hyödyntävät lämpöpumppuratkaisut ovat kilpailukykyisiä. Esimerkkinä tällaisista ovat mm. ympärivuotisessa käytössä olevat lämmitettävät keino-urmi-kentät.

Pientaloissa, joissa kaukolämpö ei yleensä ole vaihtoehtona suosituimmat lämmitysratkaisut valitaan pääasiallisesti niiden edullisuuden perusteella. Maalämpö on edullinen vaihtoehto sellaisissa rakennuskokonaisuuksissa, joissa energiankulutus on poikkeuksellisen suurta, esimerkiksi vanhat suuret omakotitalot tai erilaiset energiaa kuluttavat mukavuudet kuten uima-altaat tai kiinteistöjen piha-alueiden sulana pitäminen saattavat olla käyttökohteita, joiden myötä geoenergia saattaa osoittautua pientalossa kilpailukykyiseksi vaihtoehdoksi. Muutoin uudehkoissa pientaloissa dominoivat ilma-vesilämpöpumput, lämmön talteenottojärjestelmät sekä uusissa erittäin energiatehokkaissa pientaloissa erilaiset hajautetun energiantuotannon hybridit, joissa hyödynnetään mm. aurinkopaneeleja ja -keräimiä sekä kiertovesitakkoja.

Taulukko 4. Skenaario 1

Skenaario 1: Kilpailukykyisesti kaukolämmöllä (muuntautumispolku)	
Politiikka	Energiapolitiikka vakaata ja ennustettavaa, yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon (CHP) kilpailukyky taataan energiantuotannon biopolttoaineiden vero- ja tukiratkaisuilla Rakennusten energiatehokkuusvaatimukset kiristyneet ennakoidusti
Infrastrukturi	Kaupunkialueilla perinteinen kaukolämpöverkko vahvoilla, rakennettuja verkostoja ylläpidetään ja kasvavilla kaupunkiseuduilla laajennetaan
Keskeiset teknologiat	CHP Suurten ja ennustettavien hukkalämmön lähteiden hyödyntäminen Erilaisen kaukolämmön ja kaukokylmän tuotantoon sopivien lämpöpumppujen hyödyntäminen
Täydentävät teknologiat	Geoterminen energia
Keskeiset toimitukset	Suuret energiayhtiöt ja perinteiset kaukolämpötoimijat

jat	
Täydentäviä toimijoita	Pienet kaukolämmön kanssa hyvin yhteensopivia teknologioita ja palveluja kehittävät toimijat
Pääasiallinen liiketoimintamalli	Pääosin perinteinen, energian tuottaja- ja kuluttajatahot valtaosin erillisiä Joustotuotteita otettu käyttöön Aiempaa monipuolisempi, joustotuotteita otettu käyttöön lämmön myynissä suurilla asiakkailla
Transition prosessi	Regiimi pysyy oleellisilta osiltaan vakaana, regiimitoimijat omaksuvat omaan toimintaansa sopivia perinteistä voimalaitostuotantoa täydentäviä energiantuotantomuotoja Osin regiimitoimijoiden kilpailuaseman säilymistä selittävät CHP-tuotannon tuet
Transitiolle leimalliset oppimisprosessit	Uusien, uusiutuvia energiamuotoja hyödyntävien teknologioiden lisääminen olemassa olevaan tuotantopalettiin Energian kysynnän joustoja hyödyntävien energiatuotteiden kehittyä ja käyttöönotto Kuluttajien valistaminen CHP-tuotannon hyvistä puolista
Geoenergian hyödyntäminen suurissa kiinteistöissä	Lähinnä kaukolämpöverkkojen ulkopuolella, näillä alueilla geoenergia on tärkein hyödynnettävä lämmönlähde Kohteet, jotka hyödyntävät matalatilaista lämpöä
Geoenergian hyödyntäminen pienissä kiinteistöissä	Vähäistä, muut lämpöpumpputyypit ja muita uusiutuvia energiamuotoja hyödyntävät energiaratkaisut dominoivat

Transitioprosessi noudattelee tässä tapauksessa kohtalaisesti oppikirjaversiota muuntautumispolusta. Landscape-tason muutokset ovat maltillisia ja ennustettavissa, eikä niche-tasolta nouse uusia, vallitsevaa regiimiä vahvasti haastavia innovaatioita. Perinteiset toimijat ovat myös taitavia ottamaan kiinteistöjen lämmittämiseen liittyviä uusia ratkaisuja käyttöön ja sulauttamaan niitä osaksi omia toimintamallejaan. Regiimitoimijoiden tarjoamat ja hyödyntämät energiapalvelut ja -ratkaisut monipuolistuvat, mutta regiimi säilyttää oleellisesti aiemman toimintalogiikan, jossa suuret energiayhtiöt tuottavat ja myyvät energiaa kuluttajille. Skenaariossa 1 merkittävin ero tämän transitiotyypin perusmuotoon on, että CHP-laitoksissa energiaa tuottaville toimijoille suunnattu tuki on osa regiimitoimijan kilpailukykyä ylläpitävää kilpailuetua.

7.3 Skenaario 2 – Uusiutuvia paikallisesti (korvaantumispolku, *technological substitution pathway*)

Rakennusten energiatehokkuutta ja lämmittämisestä aiheutuvia päästöjä koskeva ilmasto- ja energiapolitiikan kunnianhimo on 2020-luvun edetessä kasvanut jon-

kin verran siitä miltä tulevaisuus vaikutti vielä 2010-luvun loppupuolella. Koska uusien rakennusten energiankulutus on jo varsin pientä, kohdistuu aktiivisten politiikkatoimien huomio erityisesti vanhojen rakennusten energiasaneerauksiin ja keskitetyn energiantuotannon päästöihin. Päästövähennysten toteuttamisessa noudatetaan teknologianeutraaliuden periaatetta siten, että huomio on päästöissä eikä millään energian tuotanto- tai jakelumuodolla ole sinänsä erityistä suositummuusasemaa. Tukia energiaratkaisujen muutoksiin voi saada myös kohteisiin, joissa siirrytään kaukolämmöstä pois, edellyttäen että korvaava ratkaisu on vähäpäästöisempi kuin alueella tarjolla olevan kaukolämpötuotannon päästöt.

Kivihiilen käytön lopettaminen vuoteen 2030 mennessä, turpeen hyödyntämisen muuttuminen päästöjen tiukentumisen myötä aiempaa hankalammaksi sekä biopolttoaineiden kysynnän kasvusta aiheutunut suhteellisen korkea hinta ajavat kaukolämpötoimijoita ahtaalle. Lisäksi uusiutuvan sähköntuotannon lisääntyminen on pitänyt sähkön hintaa pitkään matalalla ja rapauttanut yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotantolaitosten kannattavuutta. Useita CHP-laitoksia on 2020-luvun kuluessa poistunut tuotannosta kun niitä ei ole taloudellisen käyttöiän päättyessä korvattu uusilla. Näiden tilalle on tavallisesti rakennettu ainoastaan lämpöä tuottavia lämpölaitoksia. CHP-voimalaitosten alasajon riskit sähkömarkkinoiden vakaudelle on tunnistettu yleisesti, mutta verkkoyhtiöiden ja sähköntuottajien on uskottu löytävän ratkaisut teknologian kehittymisen sekä erilaisten sähkötuotteiden ja joustavien sähköntoimitussopimusten avulla. Sähkön varastointitekniikat ovatkin vuoteen 2030 tultaessa kehittyneet huomattavasti ja pienehköt (alle 1MW) varastointiratkaisut ovat jo laajasti käytössä.

Merkittävin paine kiinteistöjen lämmittämisen regiimitoimijoille, erityisesti kaukolämpöyhtiöille, tulee 2020-luvulla hintakilpailusta. Polttoaineiden kalliit hinnat tekevät sekä CHP- että erillisen lämmöntuotannon yksiköissä tuotetun lämmön hintakilpailun hyvin haastavaksi hajautettuja lämmöntuotannon ratkaisuja vastaan. Asiakkaan näkökulmasta kaukolämpö on vertailussa muita energiamuotoja vastaan usein varsin kallis tapa lämmittää rakennus. Kalleimman kaukolämmön alueilla perinteiset kaukolämpöyhtiöt ovat menettäneet asiakkaita edullisemmille ratkaisuille jo 2010-luvun lopulta alkaen ja trendi on vain kiihtynyt 2020-luvun edetessä. Kaukolämpöalueilla sijaitsevat uudet rakennukset valitsevat usein olla liittymättä kaukolämpöverkkoon. Joillain pienten lämpöverkkojen alueilla verkoston ylläpidosta on jopa kaavailtu vähitellen luovuttavan kun asiakkaiden määrä jatkuvasti laskee. Johtuen hankalasta kilpailutilanteesta lämpömarkkinoilla suunnitelmista laajentaa kaukokylmäverkkoa on jouduttu useissa kaupungeissa luopumaan. Kiinteistöjen jäähdytyksen muuttuminen vakiovarusteeksi etenkin toimitilakiinteistöissä kuitenkin korostaa jäähdytysratkaisujen merkitystä rakennuksen energiavalintaa tehtäessä ja se, että jäähdytystä ei kaukolämpöyhtiöillä ole yleensä tarjolla, on entisestään pienentänyt niiden asiakas pohjaa. Mo-

nien kaukolämpöyhtiöiden hankala taloudellinen tilanne on myös heikentänyt niiden mahdollisuuksia kehittää ja investoida uusiin energiaratkaisuihin.

Voittajia suurten kiinteistökohteiden lämmitysmarkkinoilla ovat olleet erilaiset kiinteistökohtaiset lämmitysratkaisut ja niistä erityisesti geoenergia, jonka tehokkuus on noussut laitteistojen kehittyessä ja energiakaivojen syvyyden kasvaessa siten, että 1km lämpökaivot ovat uusissa kohteissa jo arkipäivää. Geoenergian hyödyntämisen kasvun moottoreina ovat olleet energiapalveluyritykset, jotka suunnittelevat ja rakentavat uuden energialaitoksen asiakkaan puolesta ja operoivat laitosta sopimuksessa sovitun ajan. Kysyntä tällaisille palveluille on niin suurta, että markkinoilla toimivilla yrityksillä on vaikeuksia vastata siihen. Osavien yritysten vähäinen määrä, joilla on mahdollisuudet toteuttaa suurten kiinteistökohteiden energiaremontteja, hidastaakin jossain määrin kiinteistöjen lämmitysmarkkinoiden muutosta ja osin ylläpitää perinteisen kaukolämmön asemaa. Energiapalveluyritysten rooli on keskeinen, sillä etenkin asuinrakennuksille on usein kertynyt niin paljon korjausvelkaa, että niiden mahdollisuudet tehdä energiainvestointeja osakkaiden rahalla tai saada edullista lainaa niiden tekemiseen, ovat usein heikot. Energiapalveluyritykset ovat tässä avuksi rahoittamalla alkuinvestoinnin ja perimällä sen ajan kuluessa takaisin kiinteistöltä veloitettavina energiamaksuina. Suurimmat energiapalveluyritykset operoivat satojen kiinteistökohteiden kokonaisuuksia virtuaalisena voimalaitoksena, jossa etäohjattavat talotekniikka- ja energiajärjestelmät mahdollistavat tehokkaan energian käytön etenkin sähkön kulutushuippujen aikana.

Uusien rakennusten alueille ei vuonna 2030 perinteisiä korkean lämpötilan kaukolämpöverkkoja enää rakenneta. Uusissa rakennuksissa lämpöhuolto hoidetaan joko matalamman lämpötilan kevytkaukolämpöverkoin ja niihin liittyvin yksinomaan lämpöä tuottavin voimalaitoksin tai kiinteistökohtaisin lämmitysratkaisuin. Uudet matalamman lämpötilan verkot ovat vaihtelevasti joko perinteisen kaukolämpöyhtiön, verkoston rakentaneen ja määräaikaisesti omistavien energiapalveluyrityksen tai alueen rakennusten omistajien omistamia ja hallinnoimia. Geoenergiaa hyödynnetään yleisesti osana tällaisten lämpöverkkojen lämmön- tuotannon palettia.

Pienissä rakennuskohteissa hyödynnettävissä energiaratkaisuissa erottuvat toisistaan erillisinä markkinoina uudet 2020-luvun alusta alkaen rakennetut ja tätä vanhemmat pientalot. Uusissa pientaloissa vahvoilla ovat erilaiset hybridiratkaisut, joissa hyödynnetään useaa lämmitystapaa rinnakkain. Uusien pientalojen keskikoko on 2020-luvun edetessä hitaasti pienentynyt ja energiatehokkuus noussut. Kodin sähkölaitteiden hukkalämpö, aurinkosähkö, sähkön varastointilaitteet ja erilaiset lämpöpumput ovat tärkeimpiä komponentteja hyödynnetyissä ratkaisuissa. Lämmintä käyttövettä tuotetaan uusissa pientaloissa lämpöpumppujen ohella aurinkokeräimillä sekä kiertovesitakoilla.

Vanhojen pientalojen energiasaneerauksiin ovat kannustaneet 2020-luvun alkupuolelta alkaen tarjolla olleet suhteellisen runsaat ympäristöystävälliseen energiamuotoon vaihtaville suunnatut tuet. Näissä rakennuksissa energiasaneerausten yhteydessä valittava lämmitysvaihtoehto on tyypillisesti ilma-vesilämpöpumppu, joka on geoenergiaa edullisempi asentaa ja jokseenkin yhtä luotettava ratkaisu. Joissain paljon lämpöä, lämmintä vettä ja jäähdytysenergiaa vaativissa kohteissa geoenergia on edelleen hyvä valinta. Myös muita paikallisesti tuotettavia uusiutuvia energiamuotoja hyödynnetään soveltuvasti.

Taulukko 5. Skenaario 2

Skenaario 2: Uusiutuvia paikallisesti (korvaantumispolku)	
Politiikka	Energiantuotantoa ja rakennusten energiatehokkuutta koskevat ilmasto- ja energiapolitiikan vaatimukset kiristyvät Pariisin ilmastosopimuksen velvoitteiden täsmentymisen myötä Saneerattavien rakennusten energiatehokkuusvaatimukset kiristyvät ennakoitua enemmän Tukia ja avustuksia vanhojen kiinteistöjen energiaremontteihin lisätään
Infrastruktuuri	Suurilla kaupunkialueilla perinteinen kaukolämpöverkko säilyttää asemansa kohtalaisesti, uudet rakennukset tosin valitsevat usein jonkin muun ratkaisun Kaukokylmäverkon investointeihin ei ole varaa kuin harvoissa kaupungeissa
Keskeiset teknologiat	Hajautetun energiantuotannon eri tekniikat Aiempaa paremman energiansaannin takaavat geoenergiakentät Rakennusten etäkäytettävät talotekniikka- ja energijärjestelmät
Täydentävät teknologiat	Sähkön varastointitekniikat, erityisesti kiinteistökohtaisessa mittakaavassa Kevytkaukolämpö Rakennusten etäkäytettävät talotekniikka- ja energijärjestelmät
Keskeiset toimijat	Erilaisia uusiutuvaan energiaan pohjaavia lämmöntuotantoratkaisuja tarjoavat yritykset sekä monipuolisia energiatarjousyhteiden kokoavat palveluyritykset Suuret energiayhtiöt ja perinteiset kaukolämpötoimijat
Täydentäviä toimijoita	Energian kuluttajat energian tuottajina
Pääasiallinen liiketoimintamalli	Uusiutuvaan energiaan nojaavien alueellisten tai rakennuskohtaisten energiatarjousyhteiden hyödyntämiseen liittyvät palvelut korostuvat Olellisena osana useita kohteita operoivien yritysten liiketoimintaa on useiden kohteiden hallinta ja käytön optimointi, rakennusten etäkäytettävät talotekniikka- ja energijärjestelmät avainasemassa
Transition prosessi	Sähkön hinta on ollut pitkään matala ja CHP-tuotanto on vaikeuksissa Lämmön kysyntä kaukolämpöverkoissa pienentynyt rakennusten energiatehokkuustoimien myötä Aiempi kaukolämpöregiimi on vaikeuksissa, kaukolämpö on kallis-

	ta eikä kaukokylmää ole asiakkaille tarjota Uudet energiapalveluja tarjoavat, kokoavat ja operoivat yritykset valtaavat alaa perinteisiltä lämpöyhtiöiltä Aiempi regiimi korvautuu osin uusilla, aiemmista toimintatavoista poikkeavasti operoivilla toimijoilla
Transitiolle leimalliset oppimisprosessit	Lämpökaivojen poraamisosaamisen kehittyminen Useiden alueellisten ja kiinteistökohtaisten energiajärjestelmien etänä tapahtuvan hallinnan ja käytön optimointiosaaminen sekä tähän liittyvien ohjelmistotyökalujen kehittäminen
Geoenergian hyödyntäminen suurissa kiinteistöissä	Melko laajaa, geoenergia tärkeä suurten kohteiden lämmönlähde, geoenergiaa hyödynnetään myös paikallisten lämpöverkkojen energiatuotannossa
Geoenergian hyödyntäminen pienissä kiinteistöissä	Melko vähäistä, uusia geoenergiajärjestelmiä ei pientaloihin tehdä juuri lainkaan Maalämpö on lähinnä joihinkin energiankulutukseltaan suhteellisen suuriin pientaloihin sopiva ratkaisu

Tämän skenaarion transitioprosessi noudattelee melko hyvin MLP-kirjallisuuden perustyyppiä korvaantumispolusta, jossa regiimi- ja nichetoimijat kehittelevät tuotteitaan ja palvelujaan paljolti toisistaan erillään. Pienenä eroavaisuutena on tässä skenaariossa oletuksena oleva aiemmin ilmoitetun ilmasto- ja energiapolitiikan kiristyminen, joka ei landscape-tason muutoksena ole sinänsä suuri, mutta yllättävä ja kiinteistöjen lämmitysratkaisujen osalta vaikutukseltaan merkittävä. Erityisesti vanhojen rakennusten energiatehokkuusvaatimusten kiristyminen muuttaa kiinteistöjen lämmitysratkaisujen markkinaa. Kaukolämmön toimintaedellytysten pitkään jatkunut heikentyminen avaa kiinteistöjen lämmitysratkaisujen markkinoille tilaa nicheissä kypsyeille erilaisille uusille suurten rakennusten lämmitysjärjestelmille ja nämä valtaavat markkinoita nopeasti. Uusissa suurissa rakennuksissa aiempi kaukolämpöregiimi korvautuu erilaisilla paikallisen energiantuotannon ratkaisuilla ja erityisesti geoenergialla.

7.4 Skenaario 3 – Kannattavasti kahteen suuntaan (uudelleenasettautumispolku, *reconfiguration pathway*)

Ilmasto- ja energiapolitiikan tavoitteet ja sen edistämisen keinot ovat selkeitä ja hyvin ennakoitavissa. Toimintaympäristö on siten varsin vakaa 2020-luvun ajan. Päähuomio on päästötavoitteen saavuttamisessa joustavasti siten, että eri alojen toimijoille jätetään varsin paljon liikkumavaraa siinä miten alakohtaisiin päästötavoitteisiin päästään. Tukia on saatavilla erilaisten energiaa säästävien ja päästöjä vähentävien ratkaisujen kehittämiseen ja käyttöönottoon niin energia-alan yrityksille kuin myös energian käyttäjille. Osin tukien vaikutuksesta rakennusten

omistajat ovat 2020-luvulla vilkkaasti päivittäneet ja vaihtaneet aiempia lämmöntuotanto ja -jakelulaitteitaan. Vuonna 2030 kaukolämpö on kohdannut kovaa kilpailua uusien lämmöntuotannon tapojen kanssa jo pari vuosikymmentä, mutta on säilyttänyt asemansa erityisesti tiiviisti rakennetuilla kaupunkiseuduilla. Ankara kilpailutilanne on kannustanut alan yrityksiä uusiutumaan ja hyödyntämään uusien energiantuotantotekniikoiden ja energiavirtojen hallintatapojen mahdollisuuksia.

Suurin muutos lämpömarkkinoilla on ollut 2020-luvun edetessä yleistynyt kaksisuuntainen lämmönsiirto. Kaksisuuntaisen lämmönsiirron rooli on lämmittämisen kokonaisuudessa vuonna 2030 vielä melko pieni, mutta erityisesti uusilla alueilla matalan lämpötilan kaukolämpöverkon alueilla toiminnasta on saatu hyviä kokemuksia. Kehityksen ovat mahdollistaneet useisiin lämpöverkkojen alueella sijaitseviin rakennuksiin asennetut lämmöntuotantolaitteet, lämmön tuotannon ja kulutuksen etähallinta sekä lämmön varastointitekniikoissa tapahtunut edistys joiden myötä toiminnasta on saatu kannattavaa niin pienille energian tuottajille kuin myös lämpöverkon hallinnoijalle. Kaksisuuntaisen lämpöverkon alueilla kaukolämpötoimijoilla on tuotevalikoimassaan koko joukko uusiutuviin energiamuotoihin perustuvia ratkaisuja hyödynnettäväksi soveltuvasti kiinteistöjen omistajien toiveiden, tarpeiden ja paikallisesti saatavilla olevien energiaressurssien mukaisesti.

Perinteisen kaukolämpöverkon kiertoveden lämpötilaa on laskettu ja näin mahdollistettu uusien energialähteiden liittäminen osaksi vanhoja kaukolämpöverkkoja. Merkitystä on ollut myös perinteisten kaukolämpötoimijoiden edistyminen erilaisten lämpötuotteiden kehittämisessä. Esimerkiksi joustavat lämmöntoimitussopimukset ovat merkittävä komponentti kaksisuuntaisen lämmöntuotantjärjestelmän hallinnassa. Erilaiset lämpötuotteet mahdollistavat lämmön toimituksen ajoittamisen siten, että kysynnän ja tarjonnan huippuja voidaan tasoittaa ostamalla ja varastoimalla lämpöverkon eri toimijoilta ylijäämälämpöä tai myymällä kaukolämmön paluuv veden lämpöä erilaisissa matalan lämpötilan kohteissa (kuten geoenergialla lämpiävissä kiinteistöissä) hyödynnettäväksi. Monien perinteisten kaukolämpötoimijoiden joustava asenne erilaisten lämmöntuotantotapojen hyödyntämiseen perinteisen kaukolämmön rinnalla on palauttanut näiden yhtiöiden asiakkaisiksi joitain aiemmin kaukolämmöstä pois siirtyneitä kiinteistöjä. Useat perinteiset kaukolämpöyhtiöt ovatkin uusiutuneet palveluorientoituneiksi yrityksiksi, jotka tarjoavat asiakkaille erilaisia vaihtoehtoja rakennusten lämpötilan säätelyyn. Kaikki kaukolämpöyritykset eivät kuitenkaan ole onnistuneet omaksumaan uusia teknologioita ja toimintamalleja. Tällaiset yritykset ovat vakavissa vaikeuksissa kun lämpöverkoissa myytävän energian määrä laskee rakennusten energiatarpeen pienentyessä ja asiakkaiden siirtyessä enenevästi edullisempien energiamuotojen hyödyntäjiksi.

Uusille alueille rakennetaan 2020-luvulla perusratkaisuna matalalämpötilaisia lämpöverkkoja. Näiden verkkojen omistajia ja operoijia ovat tavallisimmin perinteiset kaukolämpöyhtiöt. Koska perinteiset energiayhtiöt suosivat muutamia vaihtoehtoja, jää matalalämpötilaisten verkkojen markkinoille kuitenkin tilaa myös muille toimijoille. Joillakin alueilla operoijia ovat energiapalveluyritykset, joilla on erityisosaamista jonkin tietyn energiasurssin tai -tekniikan hyödyntämisessä taikka halukkuutta kokeilla uusien energiamuotojen kombinaatioita. Yksi yleistyvä ja energiantuotannoltaan hyväksi osoittautunut lämpöverkkojen energialähde on syvältä maankuoresta saatava geoterminen energia. Tähän energiamuotoon erikoistunut yritys on vastannut useiden laitosten rakentamisesta ja operoi niitä Suomessa ja ulkomailla. Geoterminen energia on osoittautunut sikäli luotettavaksi, että sitä hyödynnetään vuonna 2030 myös muutamissa perinteisten kaukolämpöyhtiöiden operoimissa lämpöverkoissa.

Maa- ja kalliolämmön hyödyntäminen on suurissa kohteissa arkipäivää. Lämpöpumppujen toiminnan ja tehokkuuden sekä energiakenttien mallintamisen ja hallinnan kehitys ovat parantaneet geoenergian hyödyntämisedellytyksiä vähitellen koko 2020-luvun. Lisäksi pitkä kokemus geoenergian hyödyntämisessä ja sen toimintavarmuus puoltavat geoenergian valintaa suhteessa uusiin lämmöntuotannon muotoihin. Myös ilma-vesilämpöpumppuja hyödynnetään, joskin johtuen joistain talviaikaisista käyttöongelmista niiden suosio suurissa kiinteistökohteissa ei ole kasvanut sillä nopeudella kuin vielä vuosikymmenen alussa arveltiin mahdolliseksi. Kohteet, joissa rakennukseen halutaan myös viilennystä ja paikallinen lämpöyhtiö ei pysty tarjoamaan tätä kustannustehokkaasti, ovat erityisen otollisia geoenergian hyödyntämiselle. Tällaisessa tapauksessa kiinteistölle saattaa olla houkuttelevaa toteuttaa koko energiaratkaisu geoenergiaa hyödyntäen ja usein kaukolämpötoimijat jopa suosittelevat tällaisille asiakkaille geoenergiaratkaisua, kuitenkin siten että ne omistavat ja hallinnoivat laitteistoa ja hyödyntävät sitä osana omaa kaksisuuntaista energiaverkostaan.

Pientalojen energiatehokkuusvaatimukseen on tullut väljyyttä siten, että jos talo lämpiää lähes 100 % paikallisesti tuotetuilla uusiutuvilla energialähteillä, ei rakennuksesta tarvitse tehdä erityisen energiapihiä. Tämä on tehnyt rakennusten täydelle energiantarpeelle mitoitetuista maalämpöjärjestelmistä jälleen kilpailukykyisiä saneerattavissa pientaloissa. Tällaisissa kohteissa edellytyksenä on, että maalämpöpumpun ja lämmönkeruunesteen kiertopumpun vaatima sähköenergia ostetaan joko sopimuksella, jossa taataan sähkön olevan lähes kaikkina aikoina 100 % uusiutuvista lähteistä peräisin tai sitten sähkö tuotetaan paikallisesti aurinkopaneelein, tuuliruuveilla ym. soveltuvilla tuotantomuodoilla. Myös sähkön varastointiratkaisut on usein yhdistetty tällaisiin järjestelmiin. Lisäksi joillain alueilla maalämmön hyödyntämiseen pientaloissa kannustaa mahdollisuus myydä mahdollista ylijäämälämpöä paikalliseen lämpöverkkoon. Geoenergiaa hyö-

dynnetään lähinnä saneerattavissa pientaloissa. Uusien pientalojen kohdalla suosituin lämmitysratkaisu on tavallisesti jokin useita lämmönlähteitä yhdistelevä hybridiratkaisu, jossa jokin muu lämpöpumppu kuin maalämpöpumppu on usein yhtenä komponenttina kokonaisuudessa.

Taulukko 6. Skenaario 3

Skenaario 3: Kannattavasti kahteen suuntaan (uudelleenasettautumispolku)	
Politiikka	Energiapolitiikka vakaata ja ennustettavaa Tukia saatavilla energiaa säästävien ja päästöjä vähentävien ratkaisujen kehittämiseksi ja käyttöönotolle Rakennusten energiatehokkuusvaatimukset kiristyneet ennakoidusti
Infrastruktuuri	Kevytkaukolämpö Kaksisuuntainen lämmönsiirto, lämpöverkot avattu useille lämmöntuottajille Perinteisen kaukolämpöverkon lämpötilaa laskettu (mahdollistaa lämmön liittämisen ja pienentää lämpöhäviöitä)
Keskeiset teknologiat	Kaksisuuntaisen lämpöverkon teknologiat Lämmön varastointitekniikat Matalalämpötilaiset lämpöverkot (erityisesti alueilla, joille rakennetaan paljon uutta) Rakennusten etäkäytettävät talotekniikka- ja energiajärjestelmät Hajautetun energiatuotannon eri tekniikat
Täydentävät teknologiat	Erilaiset kaukolämmön ja kaukokylmän tuotantoon sopivat lämpöpumput Geoterminen energia kaukolämmön tuotannossa
Keskeiset toimijat	Perinteiset toimijat hyväkuntoisten kaukolämpöverkkojen alueella ja suurilla uudisrakennusalueilla Uusia erilaisiin energiapalveluihin erikoistuneita toimijoita pienemmillä uusilla alueilla, saneerattujen alueellisten lämpöverkkojen alueilla sekä joidenkin uusien tai muutoin vähän hyödynnettyjen teknologioiden soveltamisessa
Täydentäviä toimijoita	Kiinteistöjen (hajautetun energioresurssin) omistajat
Pääasiallinen liiketoimintamalli	Vaihtelee alueittain ja yrityskohtaisesti. Pääasiallinen energian tuottaja ja järjestelmän hallinnoija suurehko, perinteinen yritys Kuluttajat osallistuvat energiantuotantoon, mutta useimmiten passiivisesti siten, että ulkopuolinen energiayritys hoitaa käytännön energiantuotantoon liittyvät toimet
Transition prosessi	Regiimitoimijat säilyttävät asemansa melko hyvin, mutta niiden toimintalogiikka muuttuu aiempaa enemmän energiapalveluyritykseksi (energian tuottajasta energian hallinnoijaksi) Kaksisuuntainen lämmöntuotanto tekee aiemmista asiakkaista kumppaneita Yhteistyö erilaisten toimijoiden, niin aiempien asiakkaiden kuin myös muiden energia-alalla toimivien yritysten kanssa lisääntyy Aiemmat regiimitoimijat jakautuvat voittajiin ja häviäjiin
Transitiolle lei-	Energiajärjestelmän hallinta

malliset oppimisprosessit	Erilaisten asiakkuuksien hallinta Yhteistyöverkoston hallinta
Geoenergian hyödyntäminen suurissa kiinteistöissä	Melko laajaa, geoenergiaa hyödynnetään sekä suurissa kohteissa että alueellisissa lämpöverkoissa. Kohteissa, joissa tarvitaan viilennystä geoenergia erityisen kustannustehokasta.
Geoenergian hyödyntäminen pienissä kiinteistöissä	100 % tarpeelle mitoitettu geoenergiaratkaisu suosittu keskimääräistä enemmän energiaa kuluttavissa saneerauskohteissa, näissä tapauksissa maalämpöpumpun käyttämä sähkö tuotetaan mahdollisimman pitkälle uusiutuvien energialähtein Uusissa pientaloissa geoenergiaa hyödynnetään vain vähän

Tämän skenaarion kuvaama muutos vastaa regiimin muutoksen osalta hyvin teorian kuvausta uudelleenasettautumispolusta. Regiimitoimijat pysyvät omaksumaan ja sovittamaan omaan tuotantorakenteeseensa erilaisia nichetoimijoiden kehittämiä käytänteitä parhaita säilyen edelleen tärkeinä toimijoina energiahuollon markkinoilla. Perinteisten lämpöyhtiöiden toimintalogiikka on kuitenkin muuttunut kaksisuuntaisen lämpöverkon käyttöönoton myötä. Tuotanto, verkoston hallinta ja hinnoittelu ovat muuttuneet aiemmasta. Keskeisenä erona uudelleenasettautumispolun oppikirjamalliin tässä skenaariossa on muiden kuin regiimitoimijoiden rooli lämmöntuottajina ja tuotantolaitteiden omistajina joko rinnakkaisina tai regiimitoimijoiden kanssa yhteistyötä tekevinä toimijoina.

7.5 Skenaarioiden yleistä arviointia

Skenaarioiden laatua voidaan arvioida erilaisin kriteerein. Yksiselitteisiä kriteerejä, jotka sopisivat kaikkien kuviteltavissa olevien skenaarioprosessien tulosten arviointiin ei ole, vaan arviointi on tehtävä tapauskohtaisesti huomioiden tavoitteet, joiden saavuttamiseksi skenaariot on laadittu. Erilaisia tavoitteita voivat olla esimerkiksi yhteisen ymmärryksen luominen tulevaisuuden mahdollisuuksista ja uhista, uuden tulevaisuustiedon tuottaminen ja havainnollistaminen taikka strategisten valintojen esille tuominen, tarvittavien toimenpiteiden sekä niiden vaiheistuksen määrittely ja toiminnan käynnistäminen (Lauttamäki 2016, 157). Tämän työn tavoitteiden ja skenaarioiden rakentamistavan kannalta käypä määrittely on löydettävissä Nowackin et al. (2011, 1607) laatimasta katsausartikkelista, jossa esitellään viisi muuttujaa, joiden kautta skenaarioiden hyvyttä voi arvioida: objektiivisuus, uskottavuus, sovellettavuus laajemmassa kontekstissa⁸¹, legitimitet-

⁸¹ Alkuperäisessä tekstissä englanniksi transferability

ti ja luovuus. Nowackin et al.(2011) kuvaamien määreiden kautta tarkasteltuna tässä työssä hyödynnetty MLP-kehyksessä tunnistettuihin kehityskulkuihin pohjaava tapa rakentaa skenaarioita on varsin objektiivinen. Tutkijan rooli skenaarioiden kehityskulkujen muovaamisessa on melko vähäinen kun muutoksen keskeinen dynamiikka pohjautuu aiemmin tunnistettuun kehitykseen ja skenaarion sisältöelementit on tuotettu lähdeaineistosta. Skenaariot ovat varsin uskottavia, koska niiden ydin nojaa aiempaan teoriaan ja valittujen skenaarioiden sisältö pohjaa monipuoliseen aineistoon. Laajan näkökulman ja monipuolisen lähdeaineiston hyödyntäminen takaa myös skenaarioiden sovittamisen geoenergiaa laajempaan kiinteistöjen lämmitysmarkkinoiden kontekstiin.

Nowack et al. (2011) ymmärtävät skenaarioiden legitimitetin skenaarioiden hyväksyttävyydeksi ja soveltuvuudeksi erilaisten käytännön suunnittelua tekevien käytössä, esimerkiksi osana ilmasto- ja energiapolitiikan tekoa. Koska tässä työssä tällainen käytännöllinen tarve ei ollut läsnä, ei tämän työn skenaarioiden legitimitetin onnistumista voi arvioida. Kuitenkin, huomioiden MLP:n kehystistoria ja läheiset linkit muihin kestäväen kehityksen transitiotutkimuksen tarkastelutapoihin, joissa aktiivinen tulevaisuuden tekemisen komponentti on vahvasti mukana, voisi uskoa tällä tavoin olevan mahdollista tuottaa skenaarioita, jotka ovat relevantteja päätöksentekijöille. Sikäli kun skenaariot olisi laadittu tätä tavoitetta varten, olisi nyt tehtyä täsmällisemmin pitänyt määritellä toivottavan tulevaisuuden ominaisuuksia sekä tunnistaa tahoja, jotka pystyvät edistämään määritellyn päämäärän saavuttamista toteuttavaa muutosta. Skenaarioiden laatulementeistä viimeinen, luovuus, toteutuu teoriaohjatuissa skenaarioissa kenties heikoimmin. Teoria antaa tietyt raamit, joiden ulkopuolelle on usein hankalaa kurottaa. Vaikka pitäisikin avoimen suhtautumisen mahdollisiin kehityskulkuihin siten, että uusien dynaamisten konfiguraatioiden toteutuminen olisi mahdollista, on riskinä että tällaista ei tutkijan tule rakennettua. Houkuttelevampaa on pyrkiä sovittamaan kerätty aineisto johonkin jo olemassa olevista malleista. Yhtenä mahdollisena luovuutta parantavana lisäyksenä tässä toteutettuun skenaarioiden laatimisen tapaan voisi olla hyödyntää tulevaisuustyöpajamenetelmiä skenaarioiden laatimisessa tai arvioinnissa.

7.6 Skenaarioiden arviointi Delfoin 2. kierroksella

Delfoi-tutkimuksen toisen kierroksen kyselyssä vastaajia pyydettiin arvioimaan edellä esiteltyjä skenaarioita ja yleisemminkin pohtimaan kiinteistöjen lämmittämisen tulevan kehityksen ominaisuuksia. Tyypillisistä skenaarioiden arvioimisen tavoista poiketen näiden skenaarioiden yhteydessä ei asiantuntijoilta kysytty niiden keskinäistä toteutumisen toivottavuutta. Keskeisenä syynä tähän valintaan oli, että kysymys ei tarkastelunäkökulma ja valitun asiantuntijajoukon koostumus

huomioiden vaikuttanut mielekkäältä. Tässä tehty tarkastelu kohdistuu yhteen kiinteistöjen energiamarkkinoiden teknologiaan kun mielekäs tarkastelutaso siinä, mikä nähdään toivottavana tulevaisuutena vaikkapa uusiutuvan energian hyödyntämisen kasvattamisen näkökulmasta olisi oltava tätä laajempi; joko kiinteistömarkkinoiden energiaratkaisujen tai vieläkin korkeampi energijärjestelmän taso. Tällaisen laajan kysymyksen arvioiminen olisi edellyttänyt erilaisen asiantuntijajoukon kokoamista kuin mitä tässä oli tehty. Tämän tutkimuksen informantteina toiminut joukko oli koottu kattamaan monipuolisesti geoenergiaan liittyviä näkemyksiä. Jo haastattelujen yhteydessä kävi ilmi, että geoenergia-alalla toimiville tämän energiamuodon hyödyntämisen kasvu on toivottavaa, muiden energiamuotojen, esim. kaukolämmön puolestapuhujille toivottavaa vain rajoitusti ja joillekin geoenergian hyödyntäjille kuten rakennusyhtiöille ja kiinteistösijoittajille jokseenkin yhdenmukaista, kunhan vain jotain edullista ja asiakkaiden tarpeisiin vastaavaa energiamuotoa on saatavilla. Toteutetussa kyselyssä keskiarvoiksi tiedusteltiin erilaisten tunnistettujen skenaarioiden ja niiden elementtien toteutumistodennäköisyyttä sekä täsmentämään kuvaa geoenergian hyödyntämiskohteista tulevaisuudessa.

Vastaajien näkemysten perusteella skenaarioiden toteutumisen todennäköisyyksissä on selviä eroja. Kyselyyn vastanneet asiantuntijat pitivät todennäköisimpänä skenaariota 3, ”Kannattavasti kahteen suuntaan”. Toiseksi todennäköisimpänä nähtiin skenaario 2, ”Uusiutuvia paikallisesti” ja vähiten todennäköisenä pidettiin skenaariota 1 ”Kilpailukykyisesti kaukolämmöllä”. Skenaarioiden 1 ja 2 todennäköisyyksien arvioissa näkemykset hajosivat jonkin verran osan vastaajista pitäessä kumpaakin skenaariota jossain määrin epätodennäköisenä ja osan taas todennäköisenä. Skenaariota 3 kohdalla vastaajat olivat lähes yksimielisiä. Kahta vastaajaa lukuun ottamatta kaikki pitivät kuvattua kehityskulkua melko tai erittäin todennäköisenä. Vastausten keskiarvot ja keskihajonnat ovat nähtävillä taulukossa 7. Arvioinnissa käytettiin asteikkoa 1-5, jossa 1=ei lainkaan todennäköinen, 5=erittäin todennäköinen.

Taulukko 7. Skenaarioiden keskinäinen todennäköisyys ja vastausten keskihajonnat

Skenaario	1	2	3
Todennäköisyys	3,21	3,64	3,86
Keskihajonta	1,12	1,22	0,92

Seuraavassa käydään lyhyesti läpi miten skenaarioiden elementtejä kyselyn vastauksissa arvioitiin. Argumentteja käydään läpi aloittaen todennäköisimpänä pidetystä skenaariosta 3.

7.6.1 Näkemykset koskien skenaariota 3, “Kannattavasti kahteen suuntaan”

Skenaarion 3 ytimenä oli kehityskulku, jossa perinteiset kaukolämpötoimijat muuttuvat aiempaan verrattuna energian tuottajasta paremminkin energian hallinnoijaksi. Asiakaslähtöisyys ja yhteistyö erilaisia energiaresursseja hallussaan pitävien tahojen kanssa ovat keskeisiä uusia toimintatapoja. Kyselyssä skenaariokuvausta seuranneissa avoimissa kysymyksissä, joissa pyydettiin täsmentämään mikä skenaariossa oli erityisen uskottavaa tai epäuskottavaa, vastaajat näkivät erityisen uskottavina tekijöinä lämpöyhtiöiden toimintalogiikan muutoksen ja monipuolisten lämmönlähteiden laajenevan hyödyntämisen. Myös lämmön varastointitekniikoiden uskottiin yleistyvän lämmitysratkaisujen osana. Skenaarion eri elementeistä muutamia kuten geotermisen energian hyödyntämistä ja paikallisesti tuotetun sähkön käyttöä lämpöpumpun kuluttaman sähkön energialähteenä pidettiin epäuskottavina, mutta mikään yksittäinen asia ei saanut avoimissa kommentteissa yhtä useampaa mainintaa. Erillisessä kysymyksessä tiedusteltiin tälle skenaariolle leimallisten elementtien toteutumistodennäköisyyttä asteikolla 1-5, jossa 1= ei lainkaan todennäköinen, 5=erittäin todennäköinen. Kuviossa 30 on nähtävillä kaikkien vastausten keskiarvot.



Kuvio 30. Skenaarion 3 keskeisten elementtien toteutumistodennäköisyyksiä.

Kuvion havainnollistamissa vastauksissa toistuvat jotkin jo avoimien kysymysten kohdalla suosiota saaneet tekijät kuten lämmitysratkaisujen markkinoiden toimintalogiikan muutoksesta kielivät hajautettujen energiateknologioiden merkityksen kasvu joustavien sähkö- ja lämpötuotteiden tarjoamisen lisääntyminen

sekä lämmön varastointitekniikoiden kasvanut hyödyntäminen. Kaksisuuntainen lämmönsiirto, joka on edellytys monipuolisten lämmöntuotantopisteiden energian hyödyntämiselle lämpöverkoissa, nähtiin myös varsin todennäköisesti vuonna 2030 käytössä olevana toimintatapana.

7.6.2 Näkemykset koskien skenaariota 2, “Uusiutuvia paikallisesti”

Skenaario 2 oli esitellyistä skenaarioista ehkä radikaalein, sillä siinä muutokset suhteessa nykyiseen kiinteistöjen energiatarkeisuja tuottavien toimijoiden joukkoon olivat kaikkein suurimpia. Perinteiset energia-alan toimijat olivat tässä skenaariossa vaikeuksissa ja uudet kiinteistöjen lämmittämisen toimijatahot olivat merkittävässä roolissa tekemässä kiinteistöjen energiatransitiota. Vastaajat näkivät skenaarion kohtalaisen todennäköisenä, joskin näkemyksissä oli pientä hajontaa. Vastanneista 14 henkilöstä 3 piti skenaarion toteutumista joko ei lainkaan tai ei kovinkaan todennäköisenä. 10 vastaajaa näkivät kuvatun kehityskulun joko melko tai erittäin todennäköisenä. Avointen kysymysten vastauksissa uskottavina tekijöinä pidettiin energiapalveluyritysten määrän kasvua ja niiden merkityksen korostumista osana energiatoimijoiden joukkoa. Epäuskottavimpina piirteinä tämän kehityskulun osalta nähtiin etenkin kuvatut politiikkatoimet ja niistä erityisesti vanhojen rakennusten saneerauksiin ja energiamuodon muutoksiin kohdistuvat tuet. Kuviossa 31 on nähtävillä erillisen skenaarion elementtejä käsitellessen kysymykseen annettujen vastausten keskiarvot.



Kuvio 31. Skenaariion 2 keskeisten elementtien toteutumistodennäköisyyksiä.

Tiedusteltaessa näiden tälle skenaariolle leimallisten elementtien todennäköisyyttä todennäköisinä esiin nousivat avointen kysymysten vastausten kautta esille tulleiden asioiden ohella sähköverkon tasapainoa varmistavien tuote- ja ohjelmistopalvelujen kehittyminen, matalan lämpötilan lämpöverkkojen yleistyminen, energiapolitiikan veloitteiden kiristyminen tulevaisuudessa sekä kaukokylmäverkkojen melko maltillinen laajentuminen. Jo avoimien kysymysten kautta esille tulleen vanhojen rakennusten energiasaneerausten ohella melko epäuskottavana nähtiin pienen mittakaavan sähkön varastointilaitteiden yleistyminen.

7.6.3 Näkemykset koskien skenaariota 1, “ Kilpailukykyisesti kaukolämmöllä ”

Kerättyyn tulevaisuusaineistoon ja soveltuviin teoriassa tunnistettuihin kehityskulkuihin pohjaavista skenaarioista skenaario 1 oli kaikista esitellyistä lähinnä ”business-as-usual”-skenaariota. Tällaisen skenaarion taustaoletuksena on tyypillisesti kehityksen jatkuminen paljolti lähimenneisyyden kaltaisena ja näin oli tässäkin tapauksessa. Skenaariion ytimenä oli ajatus siitä, että kaukolämpö säilyy suosituimpana kiinteistöjen lämmitysmuotona myös tulevaisuudessa, tarvittaessa CHP-tuotantoon suunnattujen tukien avulla. Kyselyn tuloksissa näkemykset skenaarion toteutumistodennäköisyydestä jakoutuivat lähes tasan. Vastanneista 5 ei

pitänyt tätä skenaariota kovinkaan tai lainkaan todennäköisenä, 3 ei osannut ottaa kantaa suuntaan tai toiseen ja 6 vastaajaa näki esitetyn kuvauksen toteutumisen melko tai erittäin todennäköisenä. Sitä, että tätä eniten nykytilaa muistuttavaa skenaariota pidettiin toteutumistodennäköisyydeltään kaikkein vähäisimpänä kyselyssä esittelystä kolmesta skenaariosta, voinee pitää merkinä odotettavissa olevasta muutoksesta kiinteistöjen lämmitysratkaisujen markkinoilla. Tiedusteltaessa mikä skenaariossa 1 oli uskottavaa, toistuivat avoimissa vastauksissa kaukolämmön aseman säilyminen vahvana etenkin taajama-alueilla sekä lämpökaupan kysyntäjoustotuotteiden kasvava rooli tulevaisuudessa. Epäuskottavina tekijöinä taas nähtiin geenergian vähäinen rooli skenaariossa sekä tukien maksaminen yhdistetylle sähkön ja lämmön tuotannolle.

Muutamien skenaariolle 1 leimallisten elementtien toteutumistodennäköisyyksiä koskevaan erilliseen kysymykseen saatujen näkemysten keskiarvot ovat nähtävillä kuviossa 32. Avointen vastauksen tuottamien näkemysten ohella, todennäköisesti kehittyvinä asioina pidettiin lämpöverkon kulutusposteista saatavaan informaatioon pohjaavaa verkon hallinnan parantumista sekä kaksisuuntaista lämpökauppaa sellaisten toimijoiden kanssa, joilla on paljon hukkalämpöä. Jo avoimissa vastauksissa mainittujen lisäksi epätodennäköisinä tiedustelluista mahdollisista tulevaisuutta muuttavista tekijöistä pidettiin ennustettavaa energiapolitiikkaa ja geotermisen energian hyödyntämisen lisääntymistä.

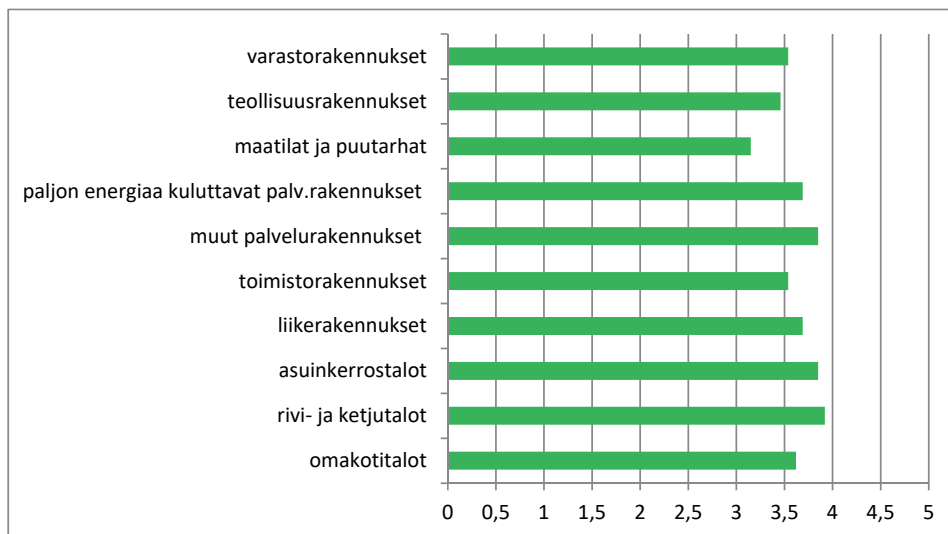


Kuvio 32. Skenaariion 1 keskeisten elementtien toteutumistodennäköisyyksiä.

7.6.4 Geoenergian tulevaisuutta koskevat näkemykset

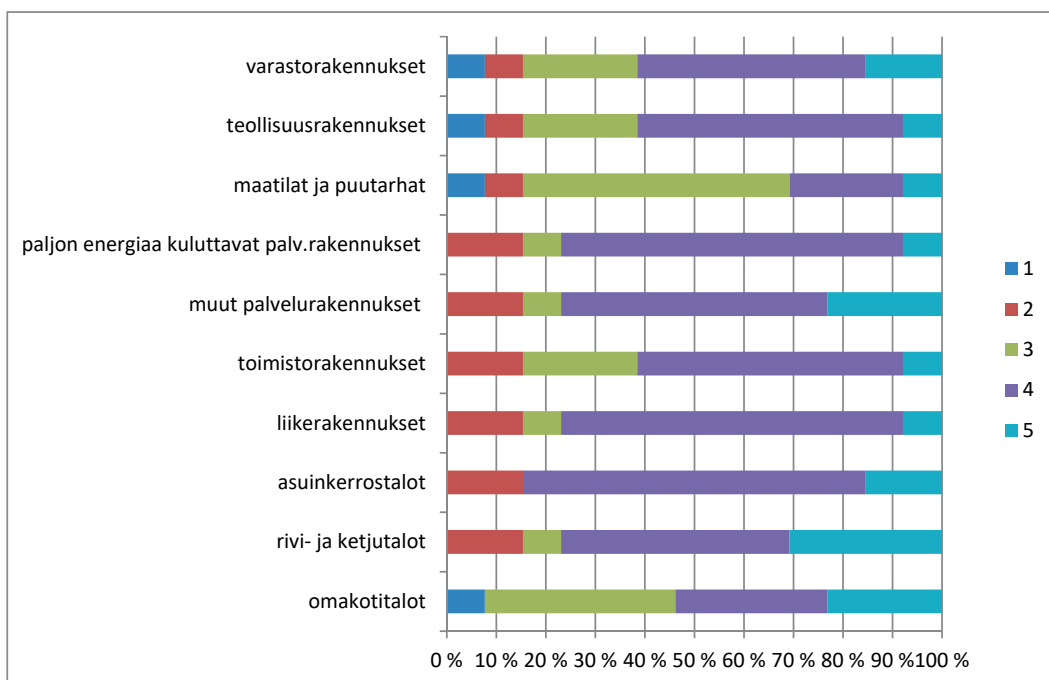
Kyselyssä tiedusteltiin erillisinä kysymyksinään myös vastaajien näkemyksiä geoenergian hyödyntämisen kehittymisestä nykyhetken ja vuoden 2030 välillä. Vaikka näitä seikkoja oli tiedusteltu jo haastatteluissa ja käsitelty jossain määrin myös skenaarioiden yhteydessä, oli perusteltua tiedustella näitä asioita vielä erikseen, jotta kuva geoenergian tulevaisuudesta muodostuisi mahdollisimman yksiselitteinen kuva. Kysymyksessä tiedusteltiin geoenergialaitteistojen lukumääriä erilaisissa hyödyntämiskohteissa kahdenlaisilla alueilla; alueilla, jotka ovat kaukolämpöverkon piirissä sekä alueilla, joille kaukolämpöverkostoa ei ole ulotettu. Geoenergian suhteellisen merkittävyyden jäljittämisen kannalta geoenergialla tulevaisuudessa eri kohteissa tuotettavien energiamäärien tiedustelu olisi voinut olla myös kiinnostavaa, mutta koska laitteistojen määrän muutoksen arvioinnin voi ajatella olevan helpommin arvioitavissa, päädyttiin tässä tiedustelemaan laitteistojen lukumäärien muutosta eri käyttökohteissa.

Vastaajien näkemysten keskiarvoja geoenergialaitteistojen lukumäärien kehityksestä kaukolämpöverkkojen alueilla havainnollistaa kuvio 33. Kysymyksessä hyödynnetty asteikko oli: 1=uusien geoenergialaitteistojen lukumäärä on vähentynyt nykyisestä selvästi, 2=on vähentynyt nykyisestä jonkin verran, 3= on joko- seenkin nykytasolla, 4=on kasvanut nykyisestä jonkin verran, 5=kasvaa nykyisestä selvästi.



Kuvio 33. Geoenergialaitteistojen määrän kehitys kaukolämpöalueilla vuoteen 2030 tultaessa.

Keskiarvojen perusteella vastaajajoukko näkee geoenergian hyödyntämisen kasvavan maltillisesti kaukolämpöalueilla tulevaisuudessa. Eniten geoenergian hyödyntämisen uskotaan kasvavan rivitaloissa, asuinkerrostaloissa ja palvelurakennuksissa. Kuitenkaan erilaisista kiinteistötyypeistä mikään ei erottaudu geoenergian hyödyntämisen suhteen erityisen vähän tai paljon geoenergiaa tulevaisuudessa hyödyntävänä. Koska geoenergian hyödyntämistä kaukolämpöalueilla koskevissa vastauksissa oli jonkin verran hajontaa, esitetään kuviossa 34 vastausten jakaumaa hieman tarkemmin. Kuviossa numerot 1-5 kuvaavat yksittäisten vastaajien näkemyksiä aiemmin kuvatulla asteikolla. Eri värien osuus palkeissa havainnollistaa vastausten jakaumaa annettujen vaihtoehtojen suhteen.

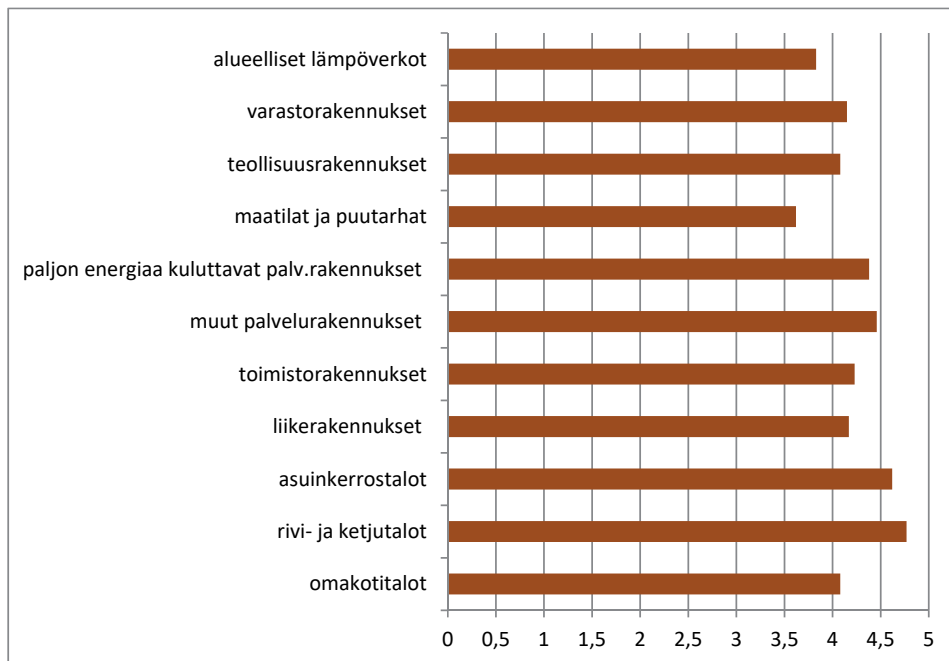


Kuvio 34. Vastausjakaumat koskien geoenergiailaitteistojen määrän kehitystä kaukolämpöalueilla vuoteen 2030 tultaessa.

Kuviosta voidaan havaita asuin kerrostalojen olevan kohde, jossa selkeä enemmistö vastaajista näkee geoenergian hyödyntämisen kasvavan. Joidenkin rakennustyyppien kohdalla muutamat vastaajat näkivät geoenergian hyödyntämisen vähenevän selvästi tulevaisuudessa. Huomioiden geoenergian varsin vähäinen hyödyntäminen nykyhetkessä useissa suurissa kiinteistöissä, olisi ollut kiinnostavaa tietää perusteita näille näkemyksille. Kysymyksen yhteydessä oli mahdollisuus perustella annettua vastausta, mutta vähenemistä ennakoineet eivät olleet tässä yhteydessä kantaansa selventäneet. Ainoat kasvukriittiseksi tulkittavat

perustelut koskivat geoenergiainvestointien kallista hintaa ja kaukolämmön mahdollista suosituimmuusasemaa taajamissa. Mahdollista on, että joidenkin vastaajien kohdalla kysymyksen oli tulkittu tarkoittavan geoenergialaitteistojen kysyntää vuonna 2030 suhteessa nykyhetken kysyntätilanteeseen (siis vastasivat koskien kasvun vauhtia paremminkin kuin laitekannan kokonaismäärää). Saadut avoimet vastaukset perustelivat lähinnä miksi hyödyntäminen on tulevaisuudessa kasvamassa. Hyvien kokemusten uskottiin kannustavan geoenergian hyödyntämisen lisääntymiseen. Kahdessa vastauksessa pohdittiin, että lämpöpumppujen hyödyntäminen kasvaa todennäköisesti, mutta että mahdollista on myös geoenergian korvaantuminen jollain muulla lämpöpumpputekniikalla.

Geoenergian hyödyntämisen kehittymistä tiedusteltiin myös koskien alueita, joille kaukolämpöverkko ei ulotu. Vastauksia tähän kysymykseen voi tarkastella kuvioista 35, jossa on näkyvillä kaikkien vastausten keskiarvot. Kysymyksessä hyödynnetty arviointiasteikko oli sama kuin aiemmassa, geoenergian hyödyntämisestä kaukolämpöverkon alueilla koskevassa kysymyksessä.



Kuvio 35. Geoenergialaitteistojen määrän kehitys kaukolämpöalueiden ulkopuolisilla alueilla.

Vastausten keskiarvojen perusteella havaitaan vastaajien uskovan varsin vahvasti geoenergian hyödyntämisen lisääntymiseen kaukolämpöverkkojen ulkopuolisilla alueilla. Vastaajajoukko oli näkemyksissään varsin yksimielinen, sillä yk-

sikään vastaaja ei nähnyt geoenergialaitteistojen lukumäärän olevan vuonna 2030 nykyistä alhaisempi (vastausarvot 1 tai 2)⁸². Erityisen selvästi geoenergian hyödyntämisen ennakoitiin vuoteen 2030 mennessä kasvavan kaukolämpöverkon ulkopuolisissa rivitaloissa, asuinkerrostaloissa, julkisissa rakennuksissa ja palvelurakennuksissa. Yleisesti geoenergian suosion ennakoitiin olevan kaukolämpöverkkojen ulkopuolisilla alueilla selvästi suurempi kaikissa kiinteistötyypeissä verrattuna alueisiin, joilla kaukolämpöä on tarjolla.

Geoenergian suosion muutoksia käsitteleviin kysymyksiin saadut vastaukset eivät tuottaneet suuria yllätyksiä. Vastausten oleellinen anti vastasi käsitystä, joka oli muotoutunut jo haastattelujen ja kirjallisen lähdeaineiston analyysin perusteella. Geoenergian hyödyntämisen suurin lisäys tapahtuu luultavimmin kaukolämpöverkon ulkopuolisilla alueilla kohteissa, jotka joko lämpiävät nyt paljolti öljyllä (kuten esimerkiksi rivitalot) ja joissa on suuri energiankulutus.

7.7 Geoenergian hyödyntämisen tulevaisuus MLP-kehityksen termein

Aineiston pohjalta laadituista skenaarioista todennäköisimpänä kyselyyn vastanneet pitivät skenaariota 3 – Kannattavasti kahteen suuntaan. Tässä luvussa pohditaan MLP-kehityksen termein vielä lyhyesti miten tämä kehityskulku etenee ja kuinka se suhtautuu aiemmissa luvuissa tunnistettuihin kiinteistöjen energiaratkaisujen markkinoiden kehityspolkuihin. Koska skenaario esiteltiin kattavasti jo aiemmin luvussa 7.4, ei sen ominaisuuksia kuvata tässä yhteydessä täsmällisesti uudelleen.

Kuten jo aiemmin on todettu, on vuotta 2030 kohti mentäessä merkittävin landscape-tasolta tuleva kiinteistöjen energiamarkkinoihin vaikuttava muutosvoima pyrkimys vähäpäästöiseen ja mahdollisimman paljon uusiutuvien energiamuotojen hyödyntämiseen nojaavaan energiajärjestelmään. Tätä pyritään edistämään aiemmissa luvuissa kuvatuin energia- ja ilmastopoliittisin toimin. Skenaariossa 3 energia- ja ilmastopoliittikan edistämisen toteuttamiskeinojen oletettiin olevan hyvin ennakoitavissa, käytännössä tämä tarkoittanee paljolti nykyisen kaltaista toimintatapaa, jossa politiikan laajat suuntaviivat tulevat EU:n päätöksenteon tasolta ja Suomessa määritellään täsmälliset tavat täyttää nämä velvoitteet.

⁸² Koska vastausten hajonta oli varsin pientä, ei tässä esitetä vastaavaa hajontakuviota kuin aiemman kysymyksen yhteydessä.

Todennäköisimpänä pidetty tulevaisuuden kehityskulku kiinteistöjen lämmitysratkaisujen markkinoilla noudattelee MLP-teoriassa tunnistetuista kehityspolkujen tyypeistä uudelleenasettautumispolkua (*reconfiguration pathway*). Tässä kehityspolussa vahvat regiimitoimijat säilyttävät ajan kuluessa asemansa, mutta niiden toimintalogiikka muuttuu aiemmasta uusien olosuhteiden, toimintamahdollisuuksien ja vaatimusten yhteisvaikutuksesta. Oleellisin muutos tässä kehityspolussa verrattuna nykytilaan on lämpöverkon useissa eri pisteissä tuotettavien lämmönlähteiden hyödyntäminen ja regiimitoimijan roolin muutos lämmityksen tuotantoketjun kaikkien vaiheiden omistajasta aiempaa enemmän lämpövirtojen kokonaisuuden hallinnoijaksi. Kiinnostavaa suhteessa aiempia työssä käsiteltyjä ajanjaksoja on kiinteistöjen energiaratkaisujen toimintalogiikan asteittainen muutos pois keskitettyjen voimalaitosten dominoimasta rakenteesta kohti hajautettua, mutta edelleen suurelta osin keskitetysti hallittua järjestelmää. Paljolti niche-tasojen toimijoiden kehittäemät uudet kiinteistöjen lämmitysratkaisut ovat merkittäviä tekijöitä, jotka jouduttavat tulevaa kehitystä tarkastelluilla markkinoilla.

Aiemmin 2000-luvun alun kehitystä tarkastelleessa osiossa 5.4.3 todettiin kiinteistöjen energiamarkkinoiden kehityksen tuolloin muistuttaneen suurten kohteiden osalta lähimmin muuntautumispolkua (*transformation pathway*) ja pienten kohteiden osalta toteutuneen kehityskulun lähinnä korvaantumispolkua (*technological substitution pathway*). Skenaarioiden laatimisessa käytetty tarkastelutaso oli koko kiinteistöjen energijärjestelmän taso, mutta skenaariotarkastelun aineistosta on mahdollista ottaa erikseen tarkasteluun suuret ja pienet kiinteistökohteet. Suurten kiinteistöjen kohdalla tulevaa kehitystä osuvimmin kuvaava kehityspolku on sama kuin edellä koko markkinoiden näkökulmasta tuotettu ja todennäköisimpänä Delfoin toisen kierroksen kyselyn perusteella pidetty polku, uudelleenasettautumispolku. Muutospaineet regiimille ovat tulevinakin vuosina ja vuosikymmeninä samankaltaisia kuin 2000-luvun alussa, painetta regiimille aiheuttavat pyrkimys puhtaampaan energiantuotantoon ja polttoaineiden hinnannousu. Kiinteistöjen lämmittämisen toteutunut kehitys 2000-luvun alkuvuosina selittyi paljolti niche-tason ratkaisujen kehittymättömyydellä ja regiimitoimijoiden kyvyllä tehdä olosuhteiden vaatimia parennuksia omiin tuotteisiinsa. Tulevina vuosikymmeninä yhä useammat nicheissä kehittyneet suurille kiinteistökohteille soveltuvat ratkaisut – geoenergia yhtenä näistä – kypsyvät luotettaviksi ja helposti käyttöön otettaviksi vaihtoehdoiksi. Ajan kuluessa regiimitoimijat pyrkivät ja pystyvät enenevästi ottamaan osaksi omaa toimintaansa nicheissä kehittyneitä innovaatioita. Hajautettujen energiantuotannon tekniikoiden ja energiaverkon hallintaratkaisujen kehittymisen myötä energian tuotantorakenne muuttuu ja samalla muuttuu myös regiimin toimintalogiikka.

Pienten rakennusten kohdalla voidaan tulevaisuuden osalta nähdä korvaantumispolun kaltaisen kehityskulun jatkuvan edelleen. Landscape-muutoksen tekijät ovat samankaltaisia kuin aiemmin, mutta uusien rakennusten energiatarpeen väheneminen muuttaa toimintaympäristöä samalla kun lämmitysratkaisujen teknologinen kehitys tekee aiempaa suuremman joukon uusia lämmitystapoja ja niiden yhdistelmiä varteenotettaviksi vaihtoehdoiksi. Kehitys noudattelee vuosituhannen alun mukaista kehityspolkua, mutta tässä tapauksessa geoenergia voi olla öljyn ohella yksi niistä vaihtoehdoista, joka alkaa korvautua muilla energiaratkaisuilla. Geoenergia-alan toimijoista jotkut ottavat luultavasti muita lämmitysmuotoja ja erityisesti lämpöpumppuratkaisuja osaksi omaa tuotevalikoimaansa, osa ehkä erikoistuu kohteisiin, joissa geoenergiajärjestelmät säilyttävät kilpailukykyä.

Kokonaisuutena koko tässä työssä tarkastellun ajanjakson osalta pitkän aikavälin kehitys kiinteistöjen energiaratkaisujen markkinoilla muistuttaa sekoittuvien kehityspolkujen (*mixing pathways*) tapausta, jossa ajan kuluessa regiimi muuttuu vaiheittain. Sekoittuvien kehityspolkujen tyyppitapauksessa vaiheittaista kehitystä selittää ajan kuluessa vähitellen voimistuva landscape-tason muutos. Muutoksen hitaus antaa regiimitoimijoille aikaa ensin reagoida regiimin sisällä, mutta voimistuva muutos pakottaa myöhemmin omaksumaan myös uusia tapoja toimia.

8 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä luvussa kerrataan tiiviisti tutkimuksen keskeistä antia, käsitellään kertyneisiin kokemuksiin perustuen MLP-kehyksen käyttöä energiamuotojen kehitystä tarkastelevassa tutkimuksessa, arvioidaan tehdyn tutkimuksen laajempaa kontribuutiota ja tunnistetaan mahdollisia jatkotutkimuksen kohteita.

8.1 Geoenergian hyödyntämisen muutoksesta ja tulevaisuudesta

Tutkimuksessa on kuvattu geoenergian toteutuneeseen suosioon Suomessa menneisyydessä vaikuttaneita tekijöitä sekä hahmoteltu kiinteistöjen lämmittämisen tulevaisuuden toimintaympäristöä ja geoenergian osuutta kuvatussa ympäristössä. Luvussa 1.3 esitettyihin tutkimuskysymyksiin on vastattu perusteellisesti kutakin tutkimuskysymystä käsitelleen luvun (luvut 4-7) yhteydessä. Tässä luvussa käydään kokoavasti läpi geoenergian hyödyntämiskehitykseen liittyviä yleisiä teemoja.

Kullakin tarkastellulla ajanjaksolla landscape-tasolla tapahtuvat muutokset voidaan nähdä keskeisinä muutoksen liikkeellepanijoina. 1970-luvulla äkilliset energiamarkkinaa laajasti vaikuttavat shokit kyseenalaistivat vakavasti aieman, pääosin öljyyn pohjautuneen lämmitysregiimin toimintalogiikan. Öljyn hinta palautui kuitenkin 1980-luvulla energiakriisejä edeltäneelle tasolle. Pysyväksi vaikutukseksi shokeista kiinteistöjen energiaratkaisujen markkinoille jäi kaukolämmön vahvistuva asema. 1990-luvulta alkaen keskeinen landscape-tason voima on ollut painoarvoltaan ja vaikutuksiltaan voimistuva ilmasto- ja energiapolitiikka. Pyrkimys päästöjen vähentämiseen ja uusiutuvien energialähteiden kasvavaan hyödyntämiseen on tehnyt fossiilisten polttoaineiden hyödyntämisestä aiempaa kalliimpaa. 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä tätä kehitystä vahvisti myös useiden raaka-aineiden, mukaan luettuna öljyn voimakas markkinahinnan nousu.

Ensimmäiset kaupalliset geoenergalaitteistot tulivat Suomen markkinoille 1970-luvun puolivälissä. Kuluttajien kiinnostus tätä uutta lämmöntuotantomuotoa kohtaan pysyi yllä 1980-luvun alkuun asti, jolloin öljyn hinnanlasku ja kiinteistöjen lämpöpumppuratkaisujen maineen menetys hiljensivät markkinat. 2000-luvun vaihteessa tavanomaisten energialähteiden hinnannousun myötä geoenergia alkoi jälleen kiinnostaa pientalorakentajia. Asennusmäärien nousua tukevia

tekijöitä olivat geoenergian aiempaa helpompi hyödyntäminen, laitteistojen parantunut tehokkuus ja geoenergiaan liitetty ympäristöystävällisyys. 2000-luvulta alkaen geoenergia tuli uusissa pientaloissa nopeasti osaksi tavanomaisten lämmitysratkaisujen joukkoa.

Geoenergian 2000-luvun alkupuolella tapahtuneelle suosion kasvulle ei ole löydettävissä yhtä yksittäistä selitystekijää. Kysymys on useiden tekijöiden yhteisvaikutuksesta ja oikeasta ajoituksesta. Verrattuna 1970- ja 1980-lukujen tilanteeseen oli 2000-luvulle tultaessa merkittäviä muutoksia tapahtunut niin laitteissa, geoenergia-alan toimijoissa kuin myös potentiaalisten asiakkaiden mahdollisuuksissa saada tietoa hankintapäätöksen tueksi. Lämpöpumppujen kehitys ja lämpökaivojen hyödyntäminen energiankeruussa tekivät geoenergiasta aiempaa tehokkaamman lämmöntuotantotavan ja lattialämmityksen yleistymisen paransi entisestään geoenergian hyödyntämismahdollisuuksia. Merkittävimpien toimijoiden järjestäytyminen Suomen lämpöpumppuyhdistyksen piiriin ja yhdistyksen panos geoenergia-alan kehittymiselle (standardisoidut yrittäjät, laitteistot ym.) loi luottamusta ja uskottavuutta alan toimijoita kohtaan. Potentiaalisten asiakkaiden tietopohjaa tukevoittivat Motivan ja muiden tahojen kuten kuntien energianeuvontatoimistojen tuottama energianeuvonta sekä raportoidut hyvät kokemukset geoenergiasta kotimaassa ja ulkomailla. Tärkeä rooli kuluttajaluottamuksen rakentumisessa oli myös Internetin lämpöpumppuja käsittelevillä keskustelufoorumeilla. Myös tukijärjestelmät kuten uusiutuville energiamuodoille suunnattu avustus ja kotitalousvähennys jouduttivat kehitystä. Näiden tekijöiden yhteisvaikutuksena geoenergia pääsi positiiviseen kierteeseen, jossa useat samanaikaisesti vaikuttavat tekijät tukivat alan menestystä.

Tekijä, joka osaltaan selittää geoenergiajärjestelmien yleistymistä ensinnä ja voimakkaimmin pientaloissa, on geoenergiajärjestelmien hyvä vastaavuus aiemmin samaan tarkoitukseen hyödynnetyn teknologian ajatusmalleihin⁸³. Pienissä kiinteistöissä pääasiallinen lämmitysratkaisu oli pitkään jokin kiinteistökohtainen ratkaisu, vanhemmissa rakennuksissa tyypillisimmin puu ja uudemmissa öljy. Näissä kohteissa uuden, vaikkakin teknologiselta perustaltaan erilaisen lämmitysratkaisun hyödyntäminen, ei vaatinut suurta asennemuutosta suhteessa tapaan jolla lämpö taloon toimitetaan; sekä aiemmassa että uudessa tilanteessa rakennuksen käyttämä lämpö tuotetaan rakennuksen sijaintipaikalla. Suurissa, etenkin kaukolämpöverkoston piirissä olevilla kiinteistöillä, muutos geoenergian hyödyntämiseen on suurempi ja tämä ero voi osin selittää pienten ja suurten kiinteistökohteiden välillä geoenergian hyödyntämisessä havaittuja eroja. Tällöin aiemmin

⁸³ Eng. social fit, ks. Kemp et al. 1998

lämpö, tai paremminkin tasaiset sisälämpötilaolosuhteet, on ostettu ulkopuoliselta toimijalta eikä lämmitykseen liittyvistä asioista ole tarvinnut laskun maksamisen lisäksi huolehtia.

Suurten kiinteistöjen kohdalla toinen geoenergian hidasta yleistymistä ja edelleen vähäistä suosiota selittää jossain määrin myös lämmittämisen vakioratkaisujen (kaukolämpö ja öljy) vakaa kehitys ja vahva asema. Näiden ratkaisujen vakiintunut asema on vuosikymmenten kuluessa mukauttanut suurten kohteiden lämmittämiseen liittyvää ymmärrystä ja osaamista niin viranomaisten kuin järjestelmien toteuttajien ja hankkijoidenkin parissa siten, että uusien lämmitysratkaisujen laajempi käyttöönotto nopeasti on jokseenkin vaikeaa. Hyvä esimerkki tällaisen pitkän vakaan kehityksen aiheuttaman lukkiuman vaikutuksesta on Saksa, jossa maan itäosissa erilaisia lämpöpumppuja käytetään selvästi yleisemmin kuin entisen Länsi-Saksan alueella. Yhtenä selittäjänä havaitulle erolle voidaan pitää siten kuinka lännessä lämmittämisvaihtoehtojen hyödyntämiskehitys on vahvasti sidoksissa pitkän aikavälin kuluessa muodostuneeseen ymmärrykseen soveltuvimmista lämmitysmuodoista ja rakenteisiin, jotka tukevat näiden tavanomaisten lämmitystapojen hyödyntämistä. Tämä hankaloittaa tai ainakin hidastaa uudenlaisten ratkaisujen käyttöönottoa. Idässä Saksojen yhdistymisen myötä tapahtunut aiempien toimintatapojen ja rakenteiden uudistaminen on mahdollistanut länttä paremman tilaisuuden hyödyntää uusia lämmitystekniikoita (Bleicher & Gross 2015, 8-9).

Suhteessa moniin muihin uusiutuvan energian lajeihin kiinnostavaa 2000-luvun taitteessa Suomessa alkaneessa geoenergian suosion kasvussa on sen markkinavetoisuus. Tämän energiamuodon yleistyminen on tapahtunut lähtien pientaloista, joissa valintapäätöksen tekee energian loppukäyttäjä. Näistä kohteista geoenergian hyödyntäminen on vähitellen laajentunut suurempiin kohteisiin. Kenties juuri johtuen pienimuotoisesta alusta ja jokseenkin vaatimattomasta teollisesta perinteestä lämpöpumppujen valmistamisessa geoenergian hyödyntämistä ei missään vaiheessa lähdetty Suomessa valtion toimin laajasti edistämään. Kerätyn aineiston perusteella on vaikeaa arvioida millainen geoenergia-alan kehityspolku olisi ollut jos kotimaista tuotekehitystä tai käyttöönottoa tukevia ohjelmia olisi ollut. Ruotsissa lämpöpumppujen kehitystyötä ja erityisesti markkinoille tuloa tuettiin verrattain voimakkaasti ja siellä tuen voidaan katsoa myötävaikuttaneen siihen, että ruotsalaiset yritykset ovat vahvoja maalämpölaitteiden maailmanmarkkinoilla.

Lämpöpumppujen menestys Ruotsissa on kuitenkin ehkä paremminkin poikkeus kuin edustava esimerkki tuloksesta, jonka valtion tukiohjelmat tavallisesti tuottavat. Valtaosa kansainvälisistä esimerkkitaapauksista koskien erilaisien uusien energiateknologioiden tukiohjelmia osoittaa, että ne eivät läheskään aina onnistu tuottamaan toivottuja lopputuloksia. Kestävän kehityksen transitiotutki-

muksessa on tarkasteltu useita tapauksia, joissa jokin uusiutuvan energian muoto ei ole yleistynyt huolimatta julkisen vallan tai alan toimijoiden tarmokkaista pyrkimyksistä edistää kyseistä energiateknologiaa. Usein siteerattuja esimerkkejä ovat esim. aurinkosähkö tai biokaasu Hollannissa (Verhees et al. 2013 sekä Raven & Geels 2010). Epäonnistuneita yrityksiä on usein leimannut liiallisen teknologialähtöinen ”technology push” -lähtökohta, vaiheessa, jossa sen ominaisuudet eivät vielä tukeneet markkinoilla selviytymistä, tuotantolähtöinen ”top-down” -ajattelu ja ylimitoitettut odotukset, jotka osoittautuessaan kateettomiksi pilaavat edistettävien teknologioiden maineen. Usein epäonnistumisen vielä täydentää tempoileva energiapolitiikka, joka tekee toimintaympäristöstä epävakaa (Verbong et al. 2008b). Tyypillistä uusiutuvien energiateknologioiden kehitysohjelmille on myös, että niissä keskitytään muihin tekijöihin kuin varsinaisen energiaratkaisun käyttäjien tarpeisiin. Tällöin tapahtuva ohjaus saattaa johtaa liian teknologia- ja järjestelmäorientoituneeseen kehitystyöhön (Verbong & Geels 2007, 1035). Näitä yleensä valtion johdolla tehtyjä yrityksiä ovat motivoineet energialähteen laajamittaisesta hyödyntämisestä odotettavissa olevat ympäristöhyödyt ja toisaalta halu tukea kansallisesti merkittäväksi tunnistetun teknologisen osaamisen kehittymistä ja tähän osaamiseen nojaavan toimialan kasvua. Lisäksi tuettujen uusien teknologioiden hyödyntämisen yleistymistä on usein hankaloittanut harjoitetun energiapolitiikan tempoilevuus ja lyhytjänteisyys (Verbong & Geels 2008, 208).

Geoenergian hyödyntämisen tulevaisuus riippuu useista tekijöistä, mutta geoenergia tuskin enää häviää samalla lailla markkinoilta kuin mitä tapahtui 1980-luvun puolessa välissä. Geoenergialaitteistojen luotettavuus, hyödyntämiskohteiden laajeneva kirjo ja jäähdytyksen kasvava merkitys rakennuksissa tukevat käsitystä geoenergian hyödyntämisen jatkumisesta myös tulevaisuudessa. Se, millaisilla alueilla ja millaisissa kohteissa geoenergia on kaikkein taloudellisimmin ja ympäristön kannalta suotuisimmin sovellettavissa riippuu useista tekijöistä. Näitä ovat mm. uudet kiinteistöjen lämmittämisen ympäristöystävälliset energiaratkaisut, kaavoittaminen, rakentamisen ja asumisen trendit, lämmityksen energialähteiden hintakehitys ja sähkömarkkinoiden mahdolliset muutokset (esim. hintajoustojen laajentuva hyödyntäminen) sekä eri energiamuotoihin kohdistuvat tukijärjestelmät. Kuitenkin tämän tutkimuksen perusteella muodostetuissa tulevaisuuksissa geoenergialle vaikuttaisi lähivuosisikymmeninä jäävän oma paikkansa lämmön ja jäähdytyksen ratkaisujen joukossa.

Vaikka tässä työssä on keskitytty geoenergian tarkasteluun ja tutkimuksen taustalla on kenties ollut luettavissa positiivinen asennoituminen geoenergian suosion kasvuun, ei tämän työn laatijalla ole toiveena tai kuvitelmana että suurin osa Suomen kiinteistöistä lämpiäisi tulevaisuudessa geoenergialla. Lämpöpumput eivät suuresti yleistyessään ole täysin ongelmaton tapa tuottaa lämmitys- ja vii-

lennysenergiaa. Lämpöpumppujen laajamittainen käyttö saattaa aiheuttaa ongelmia sähköverkkojen hallinnalle aiheuttaessaan kasvavaa sähkötehon tarvetta kovimpien pakkasten aikoina, jolloin sähköntarve on muutoinkin korkein. Korkean sähkön kysynnän tilanteessa myös sähköntuotannon päästöt nousevat. Rakennusten lämmittämisestä aiheutuvien hiilidioksidipäästöjen rajoittamisen kannalta oleellista olisi kohdistaa ilmasto- ja energiapoliittiset toimet siten, että tavoiteltava tilanne toteutuu yhteiskunnan kokonaisedun kannalta mahdollisimman tasapainoisesti. Hiilidioksidipäästöjen rajoittamisen näkökulmasta kaukolämmön säilymistä ensisijaisena lämmitysvaihtoehtoa etenkin jo olemassa olevan kaukolämpöverkoston alueilla voidaan perustella kaukolämmön tuotannossa tavanomaisen yhdistetyn sähkön ja lämmöntuotannon tehokkuudella sekä sillä, että kaukolämpöä tuotetaan enenevästi uusiutuvilla polttoaineilla. Geoenergian rooli tasapainoisen energiajärjestelmän osana voisi olla lyhyellä aikavälillä nyt vahvan pientalomarkkinan ohella suurissa kiinteistökohteissa etenkin kaukolämpöverkon ulkopuolella ja hieman pidemmällä aikavälillä tämän lisäksi osana lämpöverkkoja.

8.2 Ajatuksia MLP-kehysten soveltamisesta pitkän aikavälin kehityksen tarkastelussa

Luvussa 2 todetusti MLP-kehys on varsin yleinen kuvaus sosiotekniseen muutokseen vaikuttavista tekijöistä, joka ei tarjoa tutkijalle työkalua joka suoraan malliin arvot syöttämällä tuottaisi vastauksia tarkasteltavaan kysymykseen. Lisäksi aiemmin todettiin, että mallin operationalisoinnista on löydettävissä varsin vähän esimerkkejä, joissa kuvattaisiin täsmällisesti mitä tutkimuskohdetta ja käytettyjä menetelmiä koskevia rajoituksia ja valintoja MLP:tä sovellettaessa on tehty. Tämän tutkimuksen osalta tehtyjä rajoituksia ja valintoja on kuvattu etenkin työn ensimmäisissä luvuissa ja vähäisemmin päälukujen alussa. Tässä työssä toteutettu operationalisointi on kuitenkin vain yksi monista mahdollista tavoista hyödyntää MLP:tä tutkimuksen teon taustana. Tässä luvussa kuvatut ajatukset MLP-kehysten soveltamisesta koskevat ensisijaisesti kokemuksia tässä työssä noudatetusta tavasta.

Käytännön tutkimuksenteossa MLP on kohtalaisen hyvä tiedonkeruuta ja kerätyn tietoa järjestämistä ohjaava kehikko. Ensimmäinen ominaisuus kävi tutkimusta tehtäessä ilmi kun haastattelujen yhteydessä tapanani oli tiedustella keitä minun kannattaisi vielä haastatella (ns. lumipallomenetelmä). Osoittautui, että haastateltavat osasivat kyllä ehdottaa uusia haastateltavia, mutta tyypillisesti ehdotetut olivat haastatellun henkilön itsensä kanssa samasta tarkastelunäkökulmasta ja samalta tarkastelutasolta asiaa lähestyviä haastateltavia. Näin toimien lumipallo-otos ei olisi välttämättä tuottanut monipuolista joukkoa informanteja vaan

ollut mahdollisesti vinoutunut ensimmäisten haastateltujen henkilöiden osaamisalueiden suuntaan. MLP-kehikko mahdollisti varmistumisen siitä, että tutkimuksessa kuultu asiantuntijajoukko oli riittävän laaja-alainen käsiteltävän aiheen ymmärtämisen kannalta. Saman lopputuloksen olisi toki voinut saavuttaa rakentamalla kirjalliseen aineistoon ja omaan ymmärrykseen perustuvan asiantuntijamatriisin. Tähän verrattuna MLP:n etuna voi nähdä sen kehittämisen ja soveltamisen taustalla olevan empiirisen aineiston. Erilaisten historiallisten transitioiden tarkasteluissa oleellisiksi havaittuja tekijöitä kokoava MLP-kehikko oli itse tuotettua ymmärrystä tukevampi selkänaja.

Tiedon järjestämisen kannalta MLP-kehys helpotti sisällönanalyysin tekemistä. Erityisen hyödyllinen jakoperuste oli eritasoisten vaikuttimien kolmitasoinen luokittelu (niche, regiimi ja landscape). Lisäksi suhteellisen laaja empiiristen julkaisujen määrä, joissa MLP:tä on sovellettu, mahdollisti tehtyjen analyysien vertaamisen aiemmin samasta tai samankaltaisesta aihealueesta kirjoitettuun. Käytännön tutkimuksenteossa suhteellisen runsas aiempi samaa kehystä hyödyntäen tuotettu ymmärrys edesauttoi haastattelukysymysten kohdistamista niihin tekijöihin, joiden on todettu vaikuttavan jonkin ympäristöystävällisen teknologian menestymisen edellytyksiin. Mallin aiemman soveltamisen myötä esiin nousseet teemat toimivat hyödyllisenä lähtökohtana ja vertailupohjana analyysin toteuttamisessa. Tämä siitäkkin huolimatta, että MLP:tä ei voi soveltaa staattisena mallina, jossa samat tekijät eri aiheissa ja konteksteissa tuottaisivat vastaukset kehityksen luonnetta käsitteleviin kysymyksiin. MLP:n soveltamisessa korostuvat kulloinkin käsiteltävälle aiheelle ominaiset kehityksen elementtejä ja mahdollisia kehityspolkuja luonnehtivat seikat.

Tulevaisuusosiossa MLP:tä hyödynnettiin mahdollisia tulevaisuuden kehityskulkuja havainnollistavien skenaarioiden laatimisessa. Teoriassa tunnistetuista tyypeistä ne, jotka olivat kerätyn empiirisen aineiston perusteella mahdollisia, valittiin skenaarioiden pohjaksi. Tiedostin teorialähtöisen skenaarioiden rakentamisessa olevan riskin siitä, että skenaariot tulee rakennettua siten, että aineistoa sijoitetaan valmiisiin kehityspolkujen aihioihin ja näin rajaudutaan tuottamaan ainoastaan teorian jo tunnistamisen kehityskulkujen mukaisia kuvauksia tulevaisuudesta. Tämä riski huomioiden pidin skenaarioita laadittaessa auki mahdollisuuden, että sikäli kun aineistosta olisi noussut teorialle aiemmin vieraita kehitysdynamiikan muotoja, olisin pyrkinyt hyödyntämään tällaisia laadittavien skenaarioiden pohjana. Aineisto ei kuitenkaan tuottanut selkeästi uusia kehitysdynamiikan tyyppejä vaan MLP:n sovelluksissa tunnistetut tavoittivat varsin hyvin uskottavina pidetyt kehityskulut. Skenaarioiden laatimisessa hyödyntämättä jääneet kehityskulkujen tyypit olisivat tarjonneet mahdollisuuksia hyvinkin yllättävien kehityskulkujen käsittelyyn. Aineiston niin salliessa esimerkiksi erilaisia ”villi kortti” -skenaarioita, joissa jokin yllättävä mutta laajasti vaikuttava tekijä

olisi muuttanut kehitystä merkittävästi, olisi ollut mahdollista huomioida vaikkapa uudelleenjärjestäytymispolun tai sekoittuvien kehityspolkujen tapausten kautta. Tämä osoittaa, että teorialähtöisiä skenaarioita hyödyntämällä on mahdollista käsitellä myös vakiintuneen kehityksen mahdollisia epäjatkuvuuksia. Tämän työn yhteydessä kertyneen kokemuksen perusteella voi todeta MLP:n toimivan hyvin skenaarioiden rakentamisen taustalla. Tässä toteutetun kaltaisen teorialähtöisen skenaarioiden laatimistavan erityisinä etuina voi pitää laatimisperiaatteiden läpinäkyvyyttä ja perusteellista ymmärrystä prosesseista, joilla muutoksen ja pysyvyyden kannalta keskeisen regiimitason muutos tapahtuu.

Erityisen hyödyllinen tässä noudatettu muutoksen teorioita hyödyntävä skenaarioiden rakentamisen tapa on verrattuna malleihin, jotka pohjaavat joidenkin historiallisten kehityskulkujen jatkamiseen. Menneeseen kehitykseen pohjaavat ennustemallit, jollaisia usein hyödynnetään esimerkiksi erilaisissa poliittisen päätöksenteon tulevaisuusarvioissa⁸⁴, ovat olennaisesti jo tapahtuneen kehityksen projektioita. Tällaisissa malleissa uusien teknologioiden ja toimintatapojen merkityksen kasvua on hyvin vaikeaa tunnistaa ja saada näkyviin. MLP:n kehitysdynamiikkaa kuvaavissa malleissa ja tässä työssä toteutetuissa MLP:n teoriapohjaan nojaavissa skenaarioissa ydin on taasen keskeisen toimintalogiikan muutoksen sekä uusien toimintatapojen ja teknologioiden mahdollistaman ja tuottaman kehityksen tunnistamisessa. Tällaisissa malleissa on tilaa uusien toimintatapojen ja teknologioiden merkityksen huomattavallekin kasvulle.

MLP:n tavoitteena on kuvata transitiota tilasta toiseen. Koska transitiot ovat tyypillisesti hitaita, on tarkasteluhorisontti MLP:tä sovellettaessa tavallisesti varsin pitkä. Tarkastelussa hyödynnettävä pitkä aikaväli muodostaa kuitenkin tiettyjä ongelmia, näin voi olla etenkin jos muutos tapahtuu hyvin vähittäisesti (aiemmin mainituista kirjallisuudessa tunnistetuista poluista joko uudistumisprosessi tai uudelleenasettautumispolku). Miten tällaisen hitaan kehityksen tapauksessa pystyy tunnistamaan eri tarkastelutasojen muuttujissa tapahtuvat vähäiset muutokset jotka ajan myötä kasautuessaan tuottavat havaittavan muutoksen? Entä miten voi päästä kiinni tällaisia hyvin hitaasti kehittyviä ilmiöitä selittäviin tekijöihin? Pitkän aikavälin tarkastelussa huomiota kun ei kuitenkaan voi kohdistaa edes joka vuonna tarkasteltavaan aiheeseen vaikuttaneisiin asioihin ilman että tutkimus paisuu hallitsemattoman suureksi. Tulisiko tällöin tarkastella kiinnostuksen kohteena olevan ilmiön tilannetta tietyin väliajoin ja verrata ajan kuluessa tapahtuneita muutoksia? Tässä työssä tarkastelun kohteena oli kehityskulku, jossa oli selkeästi nähtävissä muutamia murroskohtia ja tarkastelu oli suhteellisen

⁸⁴ ks. luku 6.2.2

vaivatonta keskittää näihin ajanjaksoihin. Entä jos näin ei olisikaan ollut; millaisiin ajanjaksoihin tarkastelu tulisi keskittää, jotta vähittäisen kehityksen ja siihen vaikuttavien tekijöiden liikahdukset saisi näkyviin?

Toinen pitkän tarkasteluajan mukanaan tuoma haaste liittyy huomion keskiössä olevan teeman sisäisiin muutoksiin. Vuosikymmenten kuluessa tarkastelun kohde (esim. jonkin teknologia ja sen käyttö) voi muuttua paljonkin ja näin ollen tutkija joutuu pohtimaan milloin kohde – tai sen hyödyntämisen tapa – on muuttunut niin paljon, että kyseessä on eri asia kuin tarkastelun lähtöpisteessä? Milloin jotain aihetta voi tarkastella samoin kriteerein ja milloin aihe on syytä jakaa useisiin osatarkasteluihin, joita kaikkia tarkastellaan niille uniikein tavoin? Jos kiinnostuksen kohteena olisi vaikkapa lämpöpumppujen hyödyntäminen yleensä, pakottaisi ajan myötä tapahtunut ja odotettavissa oleva erilaisten lämpöpumppujen käyttötapojen ja -kohteiden laajeneminen pohtimaan josko ja millaisiin erilaisiin osatutkimuksiin aihe olisi syytä jakaa. Geoenergian osalta yksi mahdollinen kohta jakaa tutkimus useampaan osaan, olisi ollut 2000-luvun alku. Uuden vuosituhannen edetessä ratkaisuiltaan suurkohteita yksinkertaisemmissa pientaloissa geoenergia oli uusissa taloissa tuolloin jo vakiintunut ratkaisu. Suurkohteissa geoenergia oli tuolloin ja on vielä edelleenkin jossain määrin nichetuote, joskin joissain standardoitavissa olevissa suurkohteissa kuten kerrostaloissa geoenergiaa käytetään jo jonkin verran. Tulevaisuudessa geoenergian hyödyntämisen suosio pientaloissa saattaa olla hiipumassa ja muissa kiinteistökohteissa jäädytys saattaa nousta lämmitystä merkittävämmäksi käyttökohteeksi.

Jokaisella teoriarakennelmalla on tyypillisesti jokin sovellusalue tai sopivin tarkastelutaso, jolla teoria on vahvimmillaan. Havainto geoenergian suosion mahdollisesta hiipumisesta ainakin yhdellä kiinteistöjen lämmitysmarkkinoiden osamarkkinalla osoittaa hyvin MLP-kehityksen käyvän soveltamistason. MLP:n eri kehityspolkujen tyypittely ei tunne tapausta, jossa tarkastelun keskiössä oleva aihe hiipuisi. Kehys käykin parhaiten yhtä teknologiaa laajemman tason teemojen tarkasteluun, jossa perustarve (tämän tutkimuksen tapauksessa kiinteistön lämmönsäätely) on olemassa aina ja tarkastelu kohdistuu kehitykseen, jossa tätä tarvetta pyritään täyttämään eri tavoin. Tästä näkökulmasta tarkastellen eri teknologiat voivat ajan kuluessa korvautua aiempaa tehokkaammilla ja muuttuneisiin olosuhteisiin paremmin sopivilla.

Tämän työn puitteissa transitiotarkastelu toteutettiin valitsemalla tarkastelutasoksi kiinteistöjen lämmitysratkaisujen kokonaisuus. Joillain ajanjaksolla tuntui, että tämäkin oli liian suppea taso mielekkään transitiotarkastelun toteuttamiseen. Erityisesti asia oli näin pienten kiinteistökohteiden osalta, jossa erilaisten lämmitysratkaisujen suosion muutokset saattoivat olla nopeita suuntaan ja toiseen. Tällöin korostuivat jotkin yksittäiset kysyntäshokkeja aiheuttavat tekijät laajojen ja monipuolisten asiakokonaisuuksien sijaan. Kapeasti rajatuissa aiheissa tavan-

omaisemmat kysyntää ja tarjontaa suoraviivaisemmin kuvaavat lähestymistavat lienevät osuvampia. Transitiotutkimuksen ominta alaa on laajojen teemojen käsittely ja transition käsite olisikin syytä rajata selkeämmin koskemaan suhteellisen laajojen, pitkän ajan kuluessa tapahtuvien systeemisten muutosten tarkastelua. Tämä ohjaisi myös transitioiden käsittelyyn tarkoitettujen viitekehysten soveltamista ja jatkokehittämistä kohti muutosta tuottavien tekijöiden systeemisen logiikan ja kehitykseen vaikuttamisen tapojen syvempää ymmärtämistä. Transitiota ei ole mielekästä tarkastella vain jonkin yksittäisen teknologian yleistymisen näkökulmasta, vaan transiatio on kuvaus laajemmasta muutoksesta jostain tasapainotilan kaltaisesta tilasta uuteen tasapainotilan kaltaiseen tilaan. Tämän muutoksen yhtenä ilmenemismuotona voi olla joidenkin teknologioiden suosion kasvaminen tai heikkeneminen. Yksityiskohtaisemmat tarkastelut, esimerkiksi liittyen syihin jonkin yksittäisen teknologian tai toimintatavan kehityksessä eivät ole transitiotarkasteluja vaan paremminkin suppeampia teknologian diffuusiotarkasteluja. Käsitteellisesti laajempien teemojen transitiodynamiikan tunteminen tarjoaa tällaisille suppeammille tarkasteluille erinomaisen kehyksen.

Tämän tutkimuksen tapauksessa kaksi ajan myötä toisistaan eroavaa geoenergian markkinaa ja mahdolliset käyttötapojen muutokset oli vielä mahdollista tarkastella paljolti samoin periaattein, mutta entä jos erilaisia markkinoita olisi ollut useampia? Tällöin kattavan kuvan muodostamiseksi olisi kenties ollut perusteltua muuttaa hyödynnettyä tarkastelutapaa uusien markkinoiden eriytyessä toisistaan ja toteuttaa moniregiimitarkastelu. Yksi tavallisimmista tarkastelun kohteista MLP:tä hyödyntävissä tutkimuksissa on jonkin energiantuotantotavan menestyminen jollain tietyllä maantieteellisellä alueella tai joissain käyttökohteessa. Näissä tarkasteluissa kuitenkin hyvin harvoin tunnistetaan tarkasteltavan innovaation käyttökohteiden laajenemisen vaikutuksia tai innovaatiota hyödyntävien markkinoiden eriytymisen mahdollisuutta. MLP:n soveltamisen kannalta tärkeitä kysymyksiä ovatkin mitä tapahtuu transitiotasapainojen välissä ja milloin tarkasteluympäristöt ovat niin erilaisia, että niitä tulisi käsitellä erikseen? Tässä työssä siirtymää transitiosta toiseen pyrittiin kuvaamaan erottelemalla muutokseen vaikuttavat tekijät tarkasti, mutta teoriaan ei näiltä osin tuotettu tämän työn puitteisissa lisäyksiä.

Tutkimuksessa toteutetun sisällönanalyysin alkuvaiheessa hyödynnettiin valmiita, MLP-kirjallisuudesta johdettuja luokittelukategorioita. Toinen vaihtoehto toteuttaa sisällönanalyysiä olisi ollut rakentaa kategoriat yksinomaan aineistosta käsin. Valmiiden kategorioiden käyttö uskoakseni joudutti tehtävän analyysin tekemistä. Kun alusta saakka oli käytettävissä vaihtoehtoja kategorioista, joihin aineistosta nousevia asioita pystyi sijoittamaan, alkoi aineistosta hahmottua sitä luonnehtivia teemoja alusta alkaen. Riskinä tässä toimintatavassa toki oli, että valmiit kategoriat olisivat saattaneet ohjata tehtävää analyysiä. Aineistoa kooda-

tessani pyrin olemaan kriittinen kirjallisuudesta nousseisiin kategorioihin siten, että olin valmis joko luomaan uuden kategorian tai muuttamaan kirjallisuudesta poimittua kategoriaa kun vastaan tuli havaintoja, jotka eivät tuntuneet sopivan olemassa jo oleviin. Osin riskiä siitä, että valmiit kategoriat olisivat ohjanneet aineiston analyysiä, vähensi se, että välittömästi suoritettujen teemahaastattelujen jälkeen tehtyjen muistioiden keskeinen sisältö oli analyysin ensimmäistä kierrosta tehtäessä melko hyvin mielessä. Sisällönanalyysin edetessä alkuperäisiä, teoriasta johdettuja kategorioita jouduttiin muuttamaan jonkin verran. Esimerkiksi kulttuurisiin tekijöihin liittyviin kategorioihin ei tullut juurikaan merkintöjä ja ne poistettiin analyysikategorioiden joukosta. Tämä ei kuitenkaan ole varsinaisesti luettavissa teorian puutteeksi, sillä teoriassa eri tarkastelutasoille liitettyjä keskeisiä muuttujia ei liene tarkoitettu sovellettavaksi sellaisenaan tutkimusta tehtäessä. Ne ovat paremminkin oleellisten toimijoiden tunnistamista helpottavia heuristisia apuvälineitä. Koska tarkasteltavat aiheet ja niiden kehityshistorian (ja tulevaisuuden) tekijät ja olosuhteet ovat tapauskohtaisesti eroavia, tulee kutakin tarkasteltavaa aihetta koskevat muuttujat tunnistaa tarkastelun edetessä.

Tässä työssä MLP-kehikkoa ja sen sovelluksien tuloksina tuotettuja sosioteknisen transition kehityspolkuja hyödynnettiin tulevaisuuden tarkasteluun. Verratuna menneen kehityksen tarkasteluun (luvussa 4 ja 5), vaati tulevaisuustarkastelu syvempää ymmärrystä ja täsmällisempää erilaisten kehityskulkujen elementtien pohtimista. Tapahtuneita menneisyyksiä kun on vain yksi, mutta vielä tapahtumattomia tulevaisuuksia voi olla lukuisia. MLP:n kehityspolkujen tyypit auttoivat kohdistamaan huomion muutamaisiin keskeisiin muuttujiin, jotka ovat historiallisissa tapauksissa vaikuttaneet merkittävästi siihen millaiseksi kehitys on muotoutunut. Skenaarioita laadittaessa tuli hyvin havaittua kuinka tiiviisti ne ovat kiinnittyneitä mahdollisiin muutoksiin regiimitasolla. Tämä ei sinänsä ole yllätys, regiimihän on MLP-tarkastelujen keskiössä, mutta asia tuli erityisen selväksi skenaarioiden laatimisen vaatiman työmäärän myötä. Jotta pystyi arvioimaan maalämmön tulevaisuutta, tuli ensinnä pohtia koko kiinteistöjen lämmitysmarkkinoiden muutosta. Jonkin teknologian tai toimintatavan yleistyminen ei ole yksinomaan tekninen, osaamiseen liittyvä tai taloudellinen kysymys vaan kokoelma useita eri vaikuttimia, joiden merkitys vaihtelee eri olosuhteissa. MLP-kehitys tuo tämän monipuolisuuden ja dynamiikan erittäin hyvin esiin pakottaessaan tutkijaa pohtimaan käsittelemäänsä aihetta monipuolisesti ja perusteellisesti. MLP:n hyödyntäminen skenaarioiden tuottamisessa on hyvä tapa varmistaa skenaarioiden kattavuus ja että mahdollisia kehityskulkuja ohjaava sisäinen logiikka tulee pohdittua ja esitettyä selkeästi.

MLP:tä hyödynnettiin tulevaisuuden tarkasteluun tässä työssä tapauksessa, jossa keskiössä oleva teknologia oli jo melko kypsä. Tavallisimmin MLP:tä on hyödynnetty vasta idulla olevan innovaation menestymisen edellytysten tai toteu-

tuneen kehityspolun tarkasteluun ja kuvaamiseen (kuten geoenergian historiaa kuvaavissa luvuissa 4 ja 5). Kiinteistöjen lämmittämisen tulevaisuuden niche-tason tekijöiden käsittely jäi tässä työssä melko ohueksi. Laaja kiinteistöjen nichetason innovaatioiden mahdollisten kehityspolkujen tarkastelu ei ollut tämän työn puitteissa mahdollista. Tämä olisi edellyttänyt uusia tiedonkeruun ja analyysin kierroksia. Kokonaiskuvan saamiseksi tällainen tarkastelu olisi kuitenkin eittämättä täydentänyt ja rikastanut kuvaa mahdollisista tulevaisuuksista entisestään.

MLP:n operationalisointiin ja kehyksen sovelluskohteisiin liittyen voi kootusti todeta, että MLP-kehys soveltuu hyvin jonkin laajan asiakokonaisuuden, kuten tässä kiinteistöjen lämmitysmarkkinoiden, tarkasteluun. Yksittäisen teknologian tarkasteluun MLP soveltuu hyvin vain välillisesti, jonkin määritellyn markkinan kautta ja suhteessa muihin vaihtoehtoihin markkinoilla.

8.3 Tutkimuksen kontribuutio

Tämän väitöskirjatyön keskeinen sisällöllinen anti on suomalaisen geoenergian hyödyntämisen kehityshistorian ja mahdollisten tulevaisuuden kehityskulkujen kuvaus. Tämän energiamuodon historiallista kehitystä tuntemattomuudesta Suomen suosituimmaksi pientalojen lämmitysmuodoksi ei ole tiettävästi aiemmin tässä laajuudessa tutkittu. Myöskään geoenergian hyödyntämisen tulevaisuuden kehityspolkuja ei tiettävästi ole aiemmin laadittu tulevaisuudentutkimuksen menetelmä hyödyntäen. Harvat aiemmin toteutetut geoenergian tulevaisuutta hahmottelevat tarkastelut on tehty osana käytännöllisesti orientoituneita raportteja, joissa maalämpö on huomioitu yhtenä mahdollisesti tulevaisuudessa osuuttaan kasvattavana lämmitysmuotona (ks. esim. Rinne & Syri 2013). Tutkimuksen tulokset tuovat uutta ymmärrystä siitä millaisia seikkoja uuden innovaation laaja käyttöönotto ja suosion säilyttäminen kiinteistöjen energiaratkaisujen markkinoilla edellyttävät. Tehty tutkimus täydentää kuvaa siitä, kuinka jonkin toimintatavan tai tekniikan hyödyntäminen riippuu monipuolisesti eritasoisista ajan kulumisen myötä merkitykseltään muuttuvista vaikuttimista ja miten näiden vaikuttimien erilaiset yhdistelmät jouduttavat tai hankaloittavat muutosta. Tulosten perusteella on mahdollista arvioida uusien innovaatioiden menestymisen mahdollisuuksia ja potentiaalisia suosioon liittyviä riskejä kiinteistöjen energiaratkaisujen markkinoilla sekä tunnistaa toimia, joita kehittymässä olevan innovaatioiden edistämiseksi olisi kyettävä huomioimaan.

Tutkimuksen tärkeimpiä teoreettisia kontribuutioita ovat sisällöllistä sisällyönanalyyysiä hyödyntävä MLP:n operationalisoinnin tapa ja tulevaisuusorientoitunut MLP, jossa tulevaisuustietoa kerättiin Delfoi-menetelmää hyödyntäen. Jul-

kaistuja MLP:n käytännöllisiä sovelluksia on arvosteltu epäselvistä operationalisoinneista. Geelsin (2011, 31–32, 36–38) mukaan mallin käytännön soveltamiseen liittyvät valinnat on jokaisen tutkijan tehtävä itse tapauskohtaisesti perustellulla tavalla, mutta jostain syystä näitä valintoja ei yleensä artikkeleissa, joissa MLP:tä on hyödynnetty, ole selkeästi esitetty. Tässä väitöskirjassa toteutettu perusteellinen ja läpinäkyvästi esitetty tapa hyödyntää MLP:tä toimii yhtenä esimerkkinä siitä kuinka tätä teoreettista rakennelmaa voi hyödyntää pitkän aikavälin kehityksen tarkasteluun. Läpinäkyvyys mahdollistaa tulosten ja samalla myös tarkastelua kehystävän teorian arvioinnin ja jatkokehittämisen paremmin verrattuna tapaan, jossa tutkijan tekemiä valintoja ei ole esitetty. Toinen kontribuutio koskee yhtä MLP:hen kohdistetun kritiikin kohdetta: mallin kyvyttömyyttä huomioida erilaisten toimijoiden monipuolisia vaikuttimia ja niiden linkejä toteutuvaan kehitykseen. Tässä työssä toimijanäkökulmien esilletulo on pyritty takaamaan kokoamalla informanteiksi joukko, joka edustaa rikkaasti erilaisia sosioteknisen järjestelmän toimijoita sekä näiden näkemyksiä, käsityksiä, tavoitteita ja motiiveja. Tämän työn käytännöllinen kontribuutio toimijanäkökulmien esilletulon varmistamiseen on asiantuntijamatriisin hyödyntäminen informanttien valinnassa.

Tulevaisuudentutkimuksen näkökulmasta työn tärkein uutuusarvo on kahden tutkimusperinteen, kestäväen kehityksen transitiotutkimuksen ja tulevaisuudentutkimuksen yhteennivominen. Tutkimuksen tulevaisuusosiossa toteutettu tulevaisuusorientoitunut MLP on MLP:n jatkosovellus, jossa teoriassa tunnistetuista historiallisten kehityskulujen tyypeistä niitä, joiden toteutumisen mahdollisuuksille on löydettävissä empiiristä tukea, hyödynnetään tulevaisuutta kartoittavien vaihtoehtoisten skenaarioiden runkoina. Tässä työssä toteutetun kaltaista skenaarioiden laatimisen tapaa ovat aiemmin hahmotelleet Hofman & Elzen (2010), mutta huomattavasti tässä toteutettua suppeammin. Täysin uutta tässä tutkimuksessa oli Delfoi-menetelmällä kerätyn tietoainekseen yhdistäminen MLP-kehikkoon tulevaisuustarkastelun tekemisessä. Yhtenä tämän työn antina voidaan pitää myös huomion kiinnittäminen laadittavien skenaarioiden taustalla vaikuttavien maailmankuvallisten käsitysten pohtimisen ja esilletuomisen merkitykseen. Skenaarioita laadittaessa muutoksen dynamiikan perusteellisen hahmottelun ja sen läpinäkyvän kuvauksen soisi olevan huomattavasti nykyistä yleisempää. Tämän muutosdynamiikan kuvauksen ei tarvitse skenaariotyössä välttämättä pohjata valmiiseen teoriaan, vaan sen voi laatia osana skenaariotyötä, mutta jonkinlainen esitys laajoista muutosvoimista ja käsiteltävän aiheen kannalta relevanttien toimijoiden tavoista suhtautua muutokseen olisi tulevaisuustarkasteluissa aina oltava mukana.

8.4 Jatkotutkimuksen mahdollisia kohteita

Mahdolliset jatkotutkimuksen kohteet voidaan jakaa kahteen ryhmään: teoreettisesti orientoituneisiin ja käytännöllisiin kysymyksiin vastauksia hakeviin.

Teoreettisessa kehitystyössä olisi kiinnostavaa syventää tässä työssä aloitettua tulevaisuudentutkimuksen ja MLP:n, tai laajemmin kestäväen kehityksen transiitiotutkimuksen yhteennivomista. Näiden alojen teorioiden ja menetelmien soveltuva yhdistely voisi rikastuttaa ymmärrystä kestäväen kehitykseen vaikuttavien prosessien muotoutumisesta ja tuottaa välineitä kestäväen kehityksen hallintaan. Tällainen yhdistelmä edellyttäisi tässä työssä tehdyn MLP:n ja tulevaisuudentutkimuksen yhteisen teoriapohjan täsmentämistä ja syventämistä edelleen sekä täysin uutena komponenttina kestäväen kehityksen toteutumista edistävien työkalujen liittämisen osaksi kokonaisuutta. Kestäväen kehityksen transiitiotutkimuksen perinteestä tässä yhteydessä kiinnostavia teoreettisia näkökulmia voisi olla löydettävissä aktiivisen tulevaisuuden tekemisen komponentin omaavista lähestymistavoista kuten *Transition Management* tai *Strategic niche management*.

Tässä tutkimuksessa kehitetty ja sovellettu tulevaisuusorientoitunut MLP on yksi mahdollinen kohde kestäväen kehityksen transiitiotutkimusta ja tulevaisuudentutkimusta yhteen nivovan kehitystyön aiheeksi. Erityisen hedelmällistä voisi olla osallistavien työpajamenetelmien hyödyntäminen skenaarioiden arvioinnissa ja toivottavimpana pidetyn kehityskulun toteuttamistoimien käynnistämisessä. Lisäksi näitä täydentäviä ajatuksia siitä kuinka muutoksia saadaan erilaisissa olosuhteissa ja erilaisten toimijajoukkojen parissa käytännössä toteutettua saattaisi olla löydettävissä strategiaprosessien tutkimuksesta. Koska kestäväen kehityksen transiitiotutkimuksen keskeisenä tehtävänä on tuottaa ratkaisuja kestäväen kehityksen toteutumiseen, olisi luonteva kohde tulevaisuusorientoituneelle MLP:lle esimerkiksi ilmasto- ja energiapolitiikan toteuttamisen vaihtoehtojen muotoilu. MLP:n tyypittelyihin pohjaten ja Delfoi-menetelmää hyödyntäen tuotettaisiin normatiivisia skenaarioita (Börjeson et al. 2006, 725–730), jotka kaikki toteuttaisivat kestäväen ilmasto- ja energiapolitiikkaa. Viimeisessä vaiheessa asiantuntijatyöpajoissa pohdittaisiin eri skenaarioiden ominaisuuksia ja arvioitaisiin skenaarioiden taustalla vaikuttavan kehitysdynamiikan elementtejä. Tämänkaltaisia backcasting-tyyppisiä skenaarioita onkin mm. Suomen ilmasto- ja energiastategiatyössä laadittu (Heinonen & Lauttamäki 2012), mutta ilman selkeästi esille tuotua sosioteknistä muutosta kuvaavaa teoriapohjaa taikka kuvausta dynamiikasta, jolla eri skenaarioissa kehitys tapahtuu.

Koska tässä tutkimuksessa muita kuin geoenergiaan liittyviä tekijöitä pystyttiin huomioimaan vain melko vähäisellä tarkkuudella, olisi käytännöllisempien kysymysten osalta kiinnostava jatkotutkimuksen aihe tarkastella kestäväen kehityksen transiitiotutkimuksen kiinteistöjen lämmittämistä Suomessa tässä tehtyä laajem-

min. Uusiutuvien energialähteiden käytön kustannustehokkuuden kasvaessa niiden hyödyntäminen lisääntyy tulevaisuudessa. Koska monien uusiutuvien energiamuotojen hyödyntäminen eroaa toimintalogiikaltaan aiemmin käytetyistä energialähteistä, on koko energia-ala lähivuosikymmeninä voimakkaassa murroksessa. Laaja energia-alan muutos vaikuttaa kiinteistöjen lämmittämisen markkinoihin. Suuri muutostekijä on myös selkeästi ilmaistu tulevaisuuden tavoite muuttaa kiinteistöjen lämmittämistä energiatehokkaammaksi, vähäpäästöisemmäksi ja enenevästi uusiutuvaa energiaa hyödyntäväksi. Kiinteistöjen lämmittämisen transition edistymisen ja siihen vaikuttamisen tarkastelu edellyttäisi sekä energiantuotannon ja -kulutuksen eri vaihtoehtojen että lämmönkulutukseen vaikuttavien tekijöiden laajaa tarkastelua.

Energia- ja sähkömarkkinoiden mahdollisia muutoksia ei tässä työssä pystytty käsittelemään erityisen laajasti ja uudet kiinteistöjen lämmittämisen ratkaisut, jotka eivät liittyneet geoenergiaan, tulivat tässä tutkimuksessa huomioituksi vain melko pintapuolisesti. Koko kiinteistöjen lämmönhuollon kenttää tässä tehtyä syvemmin käsittelevä tutkimus olisi kiinnostava ja tarpeellinen pyrittäessä ymmärtämään millaiset mekanismit kestävän energiatulevaisuuden saavuttamiseen rakennuksissa vaikuttavat ja kuinka tätä tavoitetta voitaisiin edistää. Lisäksi olisi kiinnostavaa määritellä millainen olisi tulevaisuuden eri kehityskulut huomioiden robusti kiinteistöjen lämmittämisen kansallinen strategia, jossa pystyttäisiin yhdistämään useita energijärjestelmän toimivuuteen, tehokkuuteen ja vähäpäästöisyyteen liittyviä tavoitteita. Tällainen neutraali ja uusien toimintatapojen ja teknologioiden mahdollisuudet huomioiva tarkastelu tuottaisi hyödyllistä ja tähän työhön verrattuna syvempää ja täsmällisempää tietoa esimerkiksi siitä, millainen olisi kaukolämmön hyödyntämisen toivottava tulevaisuus kansantalouden kannalta, millainen rooli paikallisesti tuotettavilla energialähteillä voisi olla sekä mihiin energijärjestelmän tai energiamarkkinoiden toimintoihin tai teknologioihin aktiiviset kehittämistoimet olisivat tarpeen.

Yllä kuvatut teoreettiset ja käytännölliset tavoitteet eivät kehity toisistaan erillisinä vaan ne ovat vahvasti toisiinsa kytköksissä. Käytännön kysymyksiin vastaaminen edellyttää teoriaa, johon pohjautuen esitetään kysymyksiä ja etsitään niihin vastauksia. Käytännön tutkimus- ja kehitystyön kokemuksiin pohjautuen voidaan taasen jalostaa teoreettista ymmärrystä edelleen. Yllä kuvattujen tavoitteiden yhdistäminen ja monipuolinen edistäminen edistäisi sekä tulevaisuudentutkimusta että kestävän kehityksen transitiotutkimusta. Tulevaisuudentutkimus hyötyisi kestävän kehityksen transitiotutkimuksen teoreettisesta ymmärryksestä erityisesti muutoksen kehitysdynamiikkaa koskien. Lisäksi työ vahvistaisi tule-

vaisuudentutkimuksessa tarpeellisiksi tunnistettujen kehityssuuntien mukaista ongelmanasettelua, teorianmuodostusta ja menetelmäkehitystä⁸⁵. Kestävän kehityksen transitiotutkimus taas voisi hyötyä tulevaisuudentutkimuksen piirissä kehittyneistä tavoista kartoittaa mahdollisia tulevaisuuksia kuten (esimerkiksi erilaisten asiantuntijamenetelmien hyödyntäminen) ja edistää toivottavien tulevaisuuksien toteutumista.

⁸⁵ Ks. luku 2.5

LÄHDELUETTELO

- Aalto, Esa (toim.) (2015) *Kylmäala muutosten pyörteissä*. Suomen kylmäyhdistys, 2015, Helsinki. Painopaikka: Keuruu: Otavan kirjapaino.
- Ahlqvist, Toni & Rhisiart, Martin (2015) Emerging pathways for critical futures research: Changing contexts and impacts of social theory. *Futures* 71 (2015) 91–104.
- Alanen, Pekka (1980) Pientalojen osuus kasvaa. *Suomen Kunnallislehti* 3/1980 6–7.
- Aligica, Paul Dragos (2011) A critical realist image of the future Wendell Bell's contribution to the foundations of futures studies. *Futures* 43 (2011) 610–617.
- Amara, Roy (1981) The Futures Field, Searching for Definitions and Boundaries. *The Futurist*. Vol. XV, No. 1 25–29.
- Ansoff, Igor, H. (1975) Managing strategic surprise by response to weak signals. *California Management Review*, Vol 18, 21–33.
- Anttila, Pirkko (2014) Tutkimisen taito ja tiedon hankinta. Metodix - metoditietämystä kaikille -verkkosivusto. <https://metodix.fi/2014/05/17/anttila-pirkko-tutkimisen-taito-ja-tiedon-hankinta/> (haettu 30.3.2017)
- ARA, Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus (2016) Korjaus- ja energia-avustusohje 2016. <http://www.ara.fi/download/noname/77FDAC80-FE30-4194-8E94-847E3426D85F/115972> (haettu 15.11.2016)
- Auvinen, Heidi; Ruutu, Sampsa; Tuominen, Anu; Ahlqvist, Toni & Oksanen, Juha (2015) Process supporting strategic decision-making in systemic transitions, *Technological Forecasting and Social Change* 94 (2015) 97–114.
- Bayer, Peter; Saner, Dominik; Bolay, Stephan; Rybach, Ladislaus & Blum, Philipp (2012) Greenhouse gas emission savings of ground source heat pump systems in Europe: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 1256–1267.
- Bell, Wendell (1997) *Foundations of Futures Studies: Human Science for a New Era, volume 1: History, Purposes, and Knowledge*. Transaction Publishers, New Brunswick, New Jersey, 1997.

- Bengtsson, Bo & Ruonavaara, Hannu (2011) Comparative Process Tracing in Housing Studies. *International Journal of Housing Policy*, 11 (2011) 395–414.
- Bennett, Simon J. (2012) Using past transitions to inform scenarios for the future of renewable raw materials in the UK. *Energy Policy* 50 (2012) 95–108.
- Berg, Bruce L. & Lune, Howard (2012) *Qualitative Research Methods for the Social Sciences*. Eight Edition. Pearson Education.
- Berkhout, F., Smith, A. & Stirling, A. (2004) Socio-technical regimes and transition contexts. Teoksessa: Elzen, B., Geels, F.W., Green, K. (eds.) *System Innovation and the Transition to Sustainability. Theory, Evidence and Policy*. Edward Elgar, Cheltenham, 48–75.
- Bijker, Wiebe E.; Hughes, Thomas P. & Pinch, Trevor (Eds.) (2012) *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts & London, England.
- Bleicher, Alena & Gross, Matthias (2015) User motivation, energy prosumers, and regional diversity: sociological notes on using shallow geothermal energy. *Geothermal Energy* 3 (2015).
- Blum, Philipp; Campillo, Gisela, Münch, Wolfram & Köbel, Thomas (2010) CO₂ savings of ground source heat pump systems – A regional analysis. *Renewable Energy* 35 (2010) 122–127.
- Bradfield, Ronald, Derbyshire, James & Wright, George (2016) The critical role of history in scenario thinking: Augmenting causal analysis within the intuitive logics scenario development methodology. *Futures* 77 (2016) 56–66.
- Börjeson, Lena; Höjer, Mattias; Dreborg, Karl-Henrik; Ekvall, Tomas & Finnveden, Göran (2006) Scenario types and techniques: Towards a user's guide. *Futures* 38 (2006) 723–739.
- Carson, Rachel (1962) *Silent Spring*. Houghton Mifflin Company.
- Checkland, Peter (1985) From Optimizing to Learning: A Development of Systems Thinking for the 1990s. *The Journal of the Operational Research* 36 (1985) 757–767.
- Checkland, Peter (1986) *Systems Thinking, Systems Practice*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Coates, Joseph F. (1975) In Defense of Delphi: A Review of Delphi Assessment, Expert Opinion, Forecasting and Group Press by H Sackman. *Technological Forecasting and Social Change* 7 (1975) 193–194.

- Coates, Joseph F. (2000) Scenario Planning. *Technological Forecasting and Social Change* 65 (2000) 115–123.
- Dalkey, Norman & Helmer, Olaf (1963) An Experimental Application of the Delphi Method to the Use of Experts. *Management Science* 9 (1963) 458–467.
- Dator, James A. (2002) *Advancing Futures: Futures Studies in Higher Education*. Praeger studies on the 21st century. Praeger. Westport, Connecticut, London.
- Dzebo, Adis & Nykvist, Björn (2015) *Deliverable D2.2: Analysis of stability and tensions in incumbent socio-technical regimes. Country report 3: Regime analysis of the Swedish heating system*. Pathways project. Exploring transition pathways to sustainable, low carbon societies. <http://www.pathways-project.eu/output> (haettu 15.9.2015)
- Dzebo, Adis & Nykvist, Björn (2017) A new regime and then what? Cracks and tensions in the socio-technical regime of the Swedish heat energy system. *Energy Research & Social Science* 29 (2017) 113–122.
- Edquist, Charles (2005) Systems of Innovation. Perspectives and Challenges. Teoksessa: *The Oxford handbook of innovation*. Edited by Jan Fagerberg, David C. Mowery & Richard R. Nelson. Oxford University Press.
- Ekholm, Tommi & Lindroos, Tomi J. (2016) Pariisin ilmastopimus – panoksia jo pöydällä, riittävätkö ne? *Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan artikkelisarja* 13/2016. <http://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=13604> (haettu 22.9.2016)
- Elo, Satu & Kyngäs, Helvi (2008) The qualitative content analysis process. *Journal of Advanced Nursing*, 62 (2008) 107–115.
- Energia-asennetutkimus 1983. Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto, Tampere.
- Energia-asennetutkimus 1995. Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto, Tampere.
- Energia-asenteet 1999 – Tutkimus kansalaismielipiteestä. Tiedote tutkimustuloksista 30.12.1999. http://www.sci.fi/~yhdys/eas_99/luku12.htm (haettu 2.5.2016)
- Energia-asenteet 2011 – Seurantatutkimustietoa suomalaisten suhtautumisesta energiapolitiittisiin kysymyksiin 1983–2011. Tutkimusraportti 29.08.2011. http://www.sci.fi/~yhdys/eas_11/eas-tied_11.htm Energiateollisuus ry
- Energia-asenteet 2012 [koodikirja]. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto [tuottaja ja jakaja], 2013.

- Energiateollisuus ry (2011) Energiavuosi 2010 Kaukolämpö (lehdistötiedote) <http://energia.fi/ajankohtaista/lehdistotiedotteet/energiavuosi-2010-kaukolampo> (haettu 30.10.2012)
- Energiateollisuus ry (2014) Geoterminen energia <http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/energiالاhteet/geoterminen-energia> (haettu 15.12.2014)
- Energiateollisuus ry (2014b) Sähkömarkkinoiden kehitysaskelia <http://energia.fi/sahkomarkkinat/tukkumarkkinat/sahkomarkkinoiden-kehitysaskelia> (haettu 15.12.2014)
- Energiateollisuus ry (2016) Kaukojäähdytystilasto http://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/kaukojaahdytystilasto.html#material-view (haettu 21.12.2016)
- Energiateollisuus ry (2016b) Kaukolämpötilasto http://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/kaukolampotilasto.html#material-view (haettu 21.12.2016)
- Energiateollisuus ry (2016c) Sähköttilasto https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/tilastot/sahkotilastot (haettu 21.12.2016)
- Energiavirasto (2015) [sahkonhinta.fi](http://www.sahkonhinta.fi) –hintavertailusivusto. <http://www.sahkonhinta.fi/summariesandgraphs> (haettu 7.12.2015)
- Energiavirasto (2015b) Yleistä päästökaupasta <https://www.energiavirasto.fi/yleista-paastokaupasta> (haettu 7.12.2015)
- Energimyndigheten (2014) Geotermisk energi <http://www.energikunskap.se/sv/FAKTABASEN/Vad-ar-energi/Energibarare/Geotermisk-energi/> (haettu 15.12.2014)
- Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler 2014 (2015). Statens energimyndighet. Sverige. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=5517> (haettu 18.12.2015)
- EHPA (2010) Outlook 2010. *European Heat Pump Statistics*. The European Heat Pump Association EEIG, Brussels.
- EUL (2014) Euroopan Unionin Virallinen Lehti 18.6.2010 Euroopan Parlamentin ja Neuvoston Direktiivi 2010/31/EU. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:FI:PDF> (haettu 22.9.2016)

- EU:n komissio (2011) Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle sekä alueiden komitealle. Energia-alan etenemissuunnitelma 2050. Bryssel 15.12.2011. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0885&from=EN> (haettu 17.2.2015)
- EU:n komissio (2011b) Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle sekä alueiden komitealle. Etenemissuunnitelma – siirtyminen kilpailukykyiseen vähähiiliseen talouteen vuonna 2050. Bryssel 8.3.2011. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0112&from=EN> (haettu 17.2.2015)
- Euroopan komissio (1997) Komission tiedonanto. *Tulevaisuuden energia: uusiutuvat energialähteet. Yhteisön strategiaa ja toimintasuunnitelmaa koskeva valkoinen kirja.* Verkkoersio: http://europa.eu/documents/comm/white_papers/pdf/com97_599_fi.pdf
- Eurooppa-neuvosto (2014) Päätelmät – 23. ja 24. lokakuuta 2014. http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/fi/ec/145409.pdf (haettu 22.9.2016)
- Euroopan parlamentin teollisuus-, tutkimus- ja energiavaliokunta (2008) *Mietintö ehdotuksesta Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviksi uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä* 26.9.2008. <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+REPORT+A6-2008-0369+0+DOC+XML+V0//FI> (haettu 22.9.2016)
- Euroopan Yhteisöjen komissio (1996) *Tulevaisuuden energia: Uusiutuvat energialähteet. Yhteisön strategiaa koskeva vihreä kirja.* Verkkoersio: <http://publications.europa.eu/fi/publication-detail/-/publication/cc2c79e2-c8e6-4e60-a386-846580bf42fc/language-fi/format-PDF/source-search>
- European Commission (2014) http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-54_fi.htm (haettu 17.2.2015)
- European Commission (2015) The EU Emissions Trading System (EU ETS). http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm (haettu 2.5.2017)
- European Commission (2016) *The new energy efficiency measures. Technical memo.* Dokumentti ladattavissa osoitteesta: <https://ec.europa.eu/energy/en/news/commission-proposes-new-rules-consumer-centred-clean-energy-transition> (haettu 1.2.2017)

- European Commission (2016b) The revised renewable energy directive. Technical memo. Dokumentti ladattavissa osoitteesta: <https://ec.europa.eu/energy/en/news/commission-proposes-new-rules-consumer-centred-clean-energy-transition> (haettu 1.2.2017)
- EYVL (2009) Euroopan Unionin Virallinen Lehti 5.6.2009. Euroopan Parlamentin ja Neuvoston Päätös N:o 406/2009/EY. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0136:0148:EN:PDF> (haettu 29.10.2012)
- Falldé, Magdalena & Eklund, Mats (2015) Towards a sustainable socio-technical system of biogas for transport: the case of the city of Linköping in Sweden. *Journal of Cleaner Production* 98 (2015) 17–28.
- Farla, Jacco; Markard, Jochen; Raven, Rob & Coenen, Lars (2012) Sustainability transitions in the making: A closer look at actors, strategies and resources. *Technological Forecasting and Social Change* 79 (2012) 991–998.
- Fingrid (2016) Sähkömarkkinat korjauksen tarpeessa – mitä voimme tehdä? Keskustelupaperi. Fingrid, Helsinki. <http://www.fingrid.fi/fi/ajankohtaista/Ajankohtaista%20liitteet/Lehdist%C3%B6tiedoteliitteet/2016/FINGRID-Sahkomarkkinatulevaisuus-2016-WEB.PDF> (haettu 22.9.2016)
- Finlex (545/2015) Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545#Pidm2102976> (haettu 28.9.2016)
- FInZEB (2015) FInZEB –hankkeen loppuraportti. *Lähes nollaenergiarakennuksen käsitteet, tavoitteet ja suuntaviivat kansallisella tasolla*. Raportti ladattavissa TEM:n [www-sivuilta: http://tem.fi/documents/1410877/2735615/FInZEB_loppuraportti.pdf/6527928a-809b-4870-9e3e-425fe26c15d1](http://tem.fi/documents/1410877/2735615/FInZEB_loppuraportti.pdf/6527928a-809b-4870-9e3e-425fe26c15d1) (haettu 21.9.2016)
- Fouquet, Roger (2016) Historical energy transitions: Speed, prices and system transformation. *Energy Research & Social Science* 22 (2016) 7–12.
- Frantzeskaki, Niki; Wittmayer, Julia & Loorbach, Derk (2014) The role of partnerships in ‘realising’ urban sustainability in Rotterdam’s City Ports Area, The Netherlands. *Journal of Cleaner Production* 65 (2014) 406–417.
- Fuenfschilling, Lea & Truffer, Bernhard (2014) The structuration of socio-technical regimes–Conceptual foundations from institutional theory. *Research Policy* 43 (2014) 772–791.

- Förster, Bernadette & von der Gracht, Heiko (2014) Assessing Delphi panel composition for strategic foresight – A comparison of panels based on company-internal and external participants. *Technological Forecasting & Social Change* 84 (2014) 215–229.
- Garud, Raghu & Gehman, Joel (2012) Metatheoretical perspectives on sustainability journeys: Evolutionary, relational and durational. *Research Policy* 41 (2012) 980–995.
- Geels, Frank (2002) Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case study. *Research Policy* 31 (2002) 1257–1274.
- Geels, Frank W. (2004) From sectoral systems of innovation to socio-technical systems. Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research Policy* 33 (2004) 897–920.
- Geels, Frank W. & Schot, Johan (2007) Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy* 36 (2007) 399–417.
- Geels, Frank W.; Hekkert, Marko P. & Jacobsson, Staffan (2008) The dynamics of sustainable innovation journeys *Technology Analysis & Strategic Management* 20 (2008) 521–536.
- Geels, Frank W. (2010) Ontologies, socio-technical transitions (to sustainability), and the multi-level perspective. *Research Policy* 39 (2010) 495–510.
- Geels, Frank W. (2011) The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 1 (2011) 24–40.
- Geels, Frank W. & Schot, Johan (2011) The Dynamics of Transitions. A Socio-Technical Perspective. pp. 9-102. Teoksessa: Grin, John; Rotmans, Jan & Schot, Johan (2011) Transitions to Sustainable Development. New Directions in the Study of Long Term Transformative Change. Routledge. New York.
- Geels, Frank W.; Kern, Florian; Fuchs, Gerhard; Hinderer, Nele; Kungl, Gregor; Mylan, Josephine; Neukirch, Mario & Wassermann, Sandra (2016) The enactment of socio-technical transition pathways: A reformulated typology and a comparative multi-level analysis of the German and UK low-carbon electricity transitions (1990-2014). *Research Policy* 45 (2016) 896–913.
- Geng, Yong; Sarkis, Joseph; Wang, Xinbei; Zhao, Hongyan & Zhong, Yongguang (2013) Regional application of ground source heat pump in China: A case of Shenyang. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 18 (2013) 95–102.

- Genus, Audley & Coles, Anne-Marie (2008) Rethinking the multi-level perspective of technological transitions *Research Policy*. *Research Policy* 37 (2008) 1436–1445.
- Glenn, Jerome C., Florescu, Elizabeth & The Millennium Project Team (2015) *2015-2016 State of the Future*. The Millennium Project. Washington, D.C.
- Green, Alix (2012) Continuity, contingency and context: Bringing the historian's cognitive toolkit into university futures and public policy development. *Futures* 44 (2012) 147–180.
- von der Gracht, Heiko A. (2012) Consensus measurement in Delphi studies: Review and implications for future quality assurance. *Technological Forecasting and Social Change* 79 (2012) 1525–1536.
- Grin, John; Rotmans, Jan & Schot, Johan (2011) *Transitions to Sustainable Development. New Directions in the Study of Long Term Transformative Change*. Routledge. New York.
- Grübler, Arnulf (2012) Energy transitions research: Insights and cautionary tales. *Energy Policy* 50 (2012) 8–16.
- Grübler, Arnulf; Wilson, Charlie & Nemet, Gregory (2016) Apples, oranges, and consistent comparisons of the temporal dynamics of energy transitions. *Energy Research & Social Science* 22 (2016) 18–25.
- GTK (2012) Geoenergian määritelmä <http://www.gtk.fi/geologia/luonnonvarat/geoenergia/> (haettu 10.10.2012)
- GTK (2016) Uraani - ydinvoiman energiametalli. <http://www.gtk.fi/geologia/luonnonvarat/uraani/> (haettu 23.6.2016)
- Hähnlein, Stefanie; Bayer, Peter & Blum, Philipp (2010) International legal status of the use of shallow geothermal energy *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 14 (2010) 2611–2625.
- Hähnlein, Stefanie; Bayer, Peter; Ferguson, Grant & Blum, Philipp (2013) Sustainability and policy for the thermal use of shallow geothermal energy. *Energy Policy* 59 (2013) 914–925.
- Hammersley, M. & Gomm, R. (2008). Assessing the radical critiques of interviews. In: M. Hammersley, (Ed.), *Questioning Qualitative Inquiry: Critical Essays* (pp. 89-100) London: Sage.
- Hanova, J. & Dowlatabadi, H. (2007) Strategic GHG reduction through the use of ground source heat pump technology. *Environmental Research Letters* 2 (4) IPO Publishing.

- Haukioja, Raimo (1991) *Pientalojen lämpöpumppuratkaisut*. Imatran Voima Oy T&K-tiedotteita. IVO-B-06/91. Helsinki.
- Heinonen, Sirkka & Lauttamäki, Ville (2012) Backcasting scenarios for Finland 2050 of low emissions. *Foresight* 14 (2012) 304–315.
- Heiskanen, Eva & Lovio, Raimo (2010) User–Producer Interaction in Housing Energy Innovations. *Journal of Industrial Ecology, Special Issue: Sustainable Consumption and Production* 14 (2010) 91–102.
- Heiskanen, Eva; Lovio, Raimo & Jalas, Mikko (2011) Path creation for sustainable consumption: promoting alternative heating systems in Finland. *Journal of Cleaner Production* 19 (2011) 1892–1900.
- Heiskanen, Eva; Hyysalo, Sampsa; Jalas, Mikko; Juntunen, Jouni K. & Lovio, Raimo (2014) User Involvement in heating systems transition: The Case of Heat Pumps in Finland. In: Juninger, S. & Christensen, P. (Eds.) *Highways and Byways of Radical Innovation: The Perspective of Design*, 171–196. Kolding Design School: Kolding, DK.
- Heiskanen, Eva; Lovio, Raimo & Louhija, Kimmo (2014) Miten uusi teknologia tulee uskottavaksi: esimerkkinä maalämpö Suomessa. *Liiketaloudellinen aikakauskirja LTA*, 4/14 277–298.
- Hekkert, M. P.; Suurs, R. A. A.; Negro S. O.; Kuhlmann, S. & Smits, R. E. H. M. (2007) Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change* 74 (2007) 413–432.
- Henkel, Johannes (2012) Modelling the Diffusion of Innovative Heating Systems in Germany - Decision Criteria, Influence of Policy Instruments and Vintage Path Dependencies. Technische Universität Berlin, Fakultät III – Prozesswissenschaften Berlin 2012 D83. <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-3189> (haettu 20.10. 2014)
- Hiltunen, Elina (2000) Heikot signaalit: teoriakatsaus. *Futura* 19 (2000) 72–77.
- Hirsjärvi, Sirkka & Hurme, Helena (2004) *Tutkimushaastattelu*. Yliopistopaino: Helsinki.
- Hirsjärvi, Sirkka; Remes, Pirkko & Sajavaara, Paula (1997) *Tutki ja kirjoita*. Kirjayhtymä Oy. Helsinki.
- Hirvonen, Jussi (2016) Sähköpostiviesti Suomen lämpöpumppuyhdistyksen toiminnanjohtaja Jussi Hirvoselta 18.4.2016.
- Hodgson, Geoffrey M. (1998) The Approach of Institutional Economics. *Journal of Economic Literature* Vol. XXXVI (1998) 166–192.

- Hofman, Peter S. & Elzen, Boelie (2010) Exploring system innovation in the electricity system through sociotechnical scenarios. *Technology Analysis & Strategic Management*. 22 (2010) 653–670.
- Holopainen, Riikka; Vares, Sirja; Ritola, Jouko & Pulakka, Sakari (2010) *Maa-lämmön ja -viilennyksen hyödyntäminen asuinkerrostalon lämmityk-sessä ja jäähdytyksessä*. VTT Tiedotteita 2546.
- Holtz, Georg; Brugnach, Marcela & Pahl-Wostl, Claudia (2008) Specifying “re-gime” — A framework for defining and describing regimes in transi-tion research. *Technological Forecasting and Social Change* 75 (2008) 623–643.
- Hoogma, Remco; Kemp, Rene; Schot, Johan & Truffer, Bernhard (2002) *Exper-imenting for Sustainable Transport: The Approach of Strategic Niche Management*. Spon Press, London.
- HP Best Practice Database. FIZ-Karlsruhe.
http://www.groundmed.eu/hp_best_practice_database/ (haettu 31.10.2012)
- Hsieh, Hsiu-Fang & Shannon, Sarah E. (2005) Three Approaches to Qualitative Content Analysis. *Qualitative Health Research* 15 (2005) 1277–1288.
- Huber, Joseph (2008) Pioneer countries and the global diffusion of environmen-tal innovations: Theses from the viewpoint of ecological moderniza-tion theory. *Global Environmental Change* 18 (2008) 360–367.
- Huutoniemi, Katja & Willamo, Risto (2014, 27) Thinking outward: heuristics for systemic understanding of environmental problems. Teoksessa: *Transdisciplinary Sustainability Studies. A Heuristic Approach*. Edited by Katri Huutoniemi and Petri Tapio. Routledge: London and New York.
- Hyysalo, Sampsa; Juntunen, Jouni K. & Freeman, Stephanie (2013) User innova-tion in sustainable home energy technologies. *Energy Policy* 55 (2013) 490–500.
- Hyysalo, Sampsa; Juntunen, Jouni K. & Freeman, Stephanie (2013b) Internet Forums and the Rise of the Inventive Energy User. *Science & Tech-nology Studies* 26 (2013) 25–51.
- Hyysalo, Sampsa; Johnson, Mikael & Juntunen, Jouni K. (2017) The diffusion of consumer innovation in sustainable energy technologies. *Journal of Cleaner Production* 162 (2017) 70–82.
- Hyysalo, Sampsa; Juntunen, Jouni & Martiskainen, Mari (2018) Energy Internet forums as acceleration phase transition intermediaries. *Research Pol-icy* xx (2018) Article in press.

- Hyytinen, Kirsi & Toivonen, Marja (2015) Future energy services: empowering local communities and citizens. *Foresight* 17 (2015) 349–364.
- Häkämies, Suvi (edit.); Hirvonen, Jussi; Jokisalo, Juha; Knuuti, Antti; Kosonen, Risto; Niemelä, Tuomo; Paiho, Satu & Pulakka (2015) *Heat pumps in energy and cost efficient nearly zero energy buildings in Finland*. VTT Technology 235.
- Ilmatieteen laitos (2016) Lämmitystarveluvut Ilmatieteen laitoksen verkkosivulla. <http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut> (haettu 28.10. 2016)
- IPCC (2014) *Climate Change 2014 Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R. K. Pachauri, and L. A. Meyer (Eds.)] IPCC; Geneva, Switzerland 155pp. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/> (haettu 23.6.2016)
- Inayatullah, Sohail (1990) Deconstructing and Reconstructing the Future: Predictive, Cultural and Critical Epistemologies. *Futures* 22 (1990) 115–14.
- Ison, R. (2010) *Systems Practice: How to act in a climate change world*. Dordrecht: Springer
- Jacobsson, Staffan & Johnson, Anna (2000) The diffusion of renewable energy technology: An analytical framework and key issues for research. *Energy Policy* 28 (2000) 625–640.
- Jalas, Mikko; Hyysalo, Sampsa; Heiskanen, Eva; Lovio, Raimo; Nissinen, Ari; Mattinen, Maija; Rinkinen, Jenny; Juntunen, Jouni K.; Tainio, Pasi & Nissilä, Heli (2017) Everyday Experimentation in Energy Transition: A Practice-Theoretical View. *Journal of Cleaner Production*. 169 (2017) 77–84.
- Jalovaara, Veli-Matti (2016) Geoenergiapotentiaalin arvioinnit ohjaavat energiamuutokset. *Geofoorumi*, Geologian tutkimuskeskuksen sidosryhmälehti 1/2016.
- Jamison, A. (2001) *The making of green knowledge: Environmental politics and cultural transformation*. Cambridge,UK: Cambridge University Press.
- Jenkins, D.P.; Tucker, R. & Rawlins, R. (2007) Modelling the carbon-saving performance of domestic ground-source heat pumps. *Energy and Buildings* 41 (2009) 587–595.
- Johansson, Petter (2016) Value network dynamics in sustainability transitions: The role of industry incumbents in the Swedish heat pump transition. *Konferenssipaperi, IST 2016 konferenssi*, Wuppertal, 6.-6.9.2016

- Jørgensen, Ulrik (2012) Mapping and navigating transitions – The multi-level perspective compared with arenas of development *Research Policy* 41 (2012) 996–1010.
- Juntunen, Jouni K. & Hyysalo, Sampsa (2015) Renewable micro-generation of heat and electricity – Review on common and missing socio-technical configurations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 49 (2015) 857–870.
- Juuti, Petri (2001) *Kaupunki ja vesi: Tampereen vesihuollon ympäristöhistoria 1835–1921*. Electronic dissertation, Acta Electronica Universitatis Tamperensis 141.
- Jussila, Risto (2003) *Lämpöässä, Kaksi vuosikymmentä*. Suomen Lämpöpumpputekniikka Oy 1983–2003. (ei painopaikkaa)
- Juva, Henri (1982). *Maalämpö ja lämpöpumput*. Talo ja koti -kirjasarja. 11. Rakentajain kustannus Oy, Helsinki
- Juvonen, Janne & Lapinlampi, Toivo (2013) *Energiakaivo. Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa*. Ympäristöopas 2013. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Edita Prima Oy, Helsinki
- Kaivo-oja, Jari; Katko, Tapani & Seppälä, Osmo (2004) Seeking convergence between history and futures research. *Futures* 36 (2004) 527–547.
- Kamppinen, Matti; Malaska, Pentti & Kuusi, Osmo (2002) Tulevaisuudentutkimuksen peruskäsitteet. Pp. 19–52 Teoksessa: *Tulevaisuudentutkimus. Perusteet ja sovellukset*. Toim. Kamppinen, Matti; Kuusi, Osmo & Söderlund, Sari (2002) Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran Toimituksia 896. Painopaikka: Kirjakas/Tallprint 2002.
- Kamppinen, Matti & Malaska, Pentti (2002) Mahdolliset maailmat ja niistä tietäminen. Pp 55–115 Teoksessa: *Tulevaisuudentutkimus. Perusteet ja sovellukset*. Toim. Kamppinen, Matti; Kuusi, Osmo & Söderlund, Sari (2002) Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran Toimituksia 896. Painopaikka: Kirjakas/Tallprint 2002.
- Kamppinen, Matti & Kuusi, Osmo (2002) Tulevaisuuden tekeminen. Pp. 115–168 Teoksessa: *Tulevaisuudentutkimus. Perusteet ja sovellukset*. Toim. Kamppinen, Matti; Kuusi, Osmo & Söderlund, Sari (2002) Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran Toimituksia 896. Painopaikka: Kirjakas/Tallprint 2002.
- Kansallisen energia- ja ilmastostrategian taustaraportti (2013) https://www.tem.fi/files/36279/Kansallinen_energia-ja_ilmastostrategia_taustraraportti.pdf (haettu 18.2.2015)
- Kansallinen tietoaarkisto, Sarjakuvaukset. <http://www.fsd.uta.fi/fi/aineistot/luettelo/sarjat.html#energia> (haettu 2.5.2016)

- Karjalainen, Kari (1989) *Politiikka, talous ja energiatalouden poliittinen ohjaus Suomessa*. Imatran Voima Oy Tutkimusraportteja. IVO-A-13/89. Helsinki
- Kasanen, Pirkko & Lakshmanan, P. R. (1989) Residential Heating Choices of Finnish Households *Economic Geography* 65 (1989) 130–145.
- Kaukolämmön käsikirja (2006) Energiateollisuus ry, Helsinki 2006. Kirjapaino Libris Oy, Helsinki.
- Kemp, R., Schot, J. & Hoogma, R. (1998) Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: the approach of strategic niche management. *Technology Analysis and Strategic Management* 10, 175–195.
- Kerkkänen, Anu (2010) *Ilmastonmuutoksen hallinnan politiikka. Kansainvälisen ilmastokysymyksen haltuunotto Suomessa*. Acta Electronica Universitatis Tamperensis: 995 (<http://acta.uta.fi/pdf/978-951-44-8207-6.pdf>)
- Kero, Jukka (1992) *Neuvostoliton ja Venäjän ulkomaankauppa*. Idäntalouksien katsauksia. Review of Economies in Transition 1992. No 4. Suomen Pankki. Siirtymätalouksien tutkimuslaitos, BOFIT (Uudelleenjulkaisu pdf-muodossa 2002). www.suomenpankki.fi/pdf/0492JK.PDF (haettu 29.1.2015)
- Kiotoon pöytäkirja (2013) Ympäristöministeriö http://www.ymp.fi/fi-fi/ymparisto/ilmasto_ja_ilma/ilmastonmuutoksen_hillitseminen/kansainvaliset_ilmastoneuvottelut/Kiotoon_poytakirja (haettu 1.2.2016)
- Kiss, B., Neij, L. & M. Jakob (2012). Heat Pumps: A Comparative Assessment of Innovation and Diffusion Policies in Sweden and Switzerland. Historical Case Studies of Energy Technology Innovation. Teoksessa: Grubler A., Aguayo, F., Gallagher, K.S., Hekkert, M., Jiang, K., Mytelka, L., Neij, L., Nemet, G. & C. Wilson (2012). *The Global Energy Assessment*, chapter 24. Cambridge University Press: Cambridge, UK.
- Koljonen, Tiina; Pursiheimo, Esa; Lehtilä, Antti; Sipilä, Kai; Nylund, Nils-Olof; Lindroos, Tomi J. & Honkatukia, Juha (2014) *EU:n 2030 -ilmasto- ja energiapaketin vaikutukset Suomen energiajärjestelmään ja kansantalouteen*. Taustaraportti. VTT Technology 170. www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2014/T170.pdf (haettu 29.9.2016)
- Konrad, Kornelia; Truffer, Bernhard & Voß, Jan-Peter (2008) Multi-regime dynamics in the analysis of sectoral transformation potentials: evidence from German utility sectors. *Journal of Cleaner Production* 16 (2008) 1190–1202.

- Koskinen, Ilpo; Alasuutari, Pertti & Peltonen, Tuomo (2005) *Laadulliset menetelmät kauppatieteissä*. Vastapaino 2005, Tampere.
- Kraftsamling för framtidens energi (2017) Betänkande av Energikommissionen, Stockholm 2017. Statens Offentliga Utredningar SOU 2017:2 http://www.regeringen.se/48dd32/globalassets/regeringen/dokument/miljo--och-energidepartementet/pdf/sou-2017_kraftsamling-for-framtidens-energi.pdf (haettu 10.1.2017)
- Kukkonen, Ilmo T. (2002) Geothermal energy in Finland. *Proceedings of World Geothermal Congress 2000*. Kyushu - Tohoku, Japan, May 28 - June 10, 2000.
- Kuusi, Osmo (2002) Delfoi–menetelmä. Pp. 202–223 Teoksessa: *Tulevaisuudentutkimus. Perusteet ja sovellukset*. Toim. Kamppinen, Matti; Kuusi, Osmo & Söderlund, Sari (2002) Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran Toimituksia 896. Painopaikka: Kirjakas/Tallprint 2002.
- Kuuva, Petteri (2016) Energia- ja ilmastostrategian ja keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman perusskenaario. Esittelykalvot 15.6.2016 tilaisuudesta TEM:n verkkosivuilla. <http://tem.fi/documents/1410877/2909937/Perusskenaarion+esittelykalvot.pdf/8819fde6-270b-4f7c-9ea1-c032f2f93e39> (haettu 29.9.2016)
- Laitinen, Ari; Tuominen, Pekka; Holopainen, Riikka; Tuomaala, Pekka; Jokisalo, Juha; Eskola, Lari & Sirén, Kai (2014) *Renewable energy production of Finnish heat pumps*. Final report of the SPF-project. VTT Technology 164.
- Lamarche, Louis (2011) Analytical g-function for inclined boreholes in ground-source heat pump systems. *Geothermics*. 40 (2011) 241–249.
- Lauttamäki, Ville & Kallio, Jarmo (2013) *Geoenergiasta liiketoimintaa: perusteita geoenergian hyödyntämiselle erilaisissa rakennuskohteissa*. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 206 http://arkisto.gtk.fi/tr/tr_206.pdf (haettu 16.9.2014)
- Lauttamäki, Ville (2016) ACTVOD-futures workshop – a generic structure for a one-day futures workshop, *Foresight* 18 (2016) 156–171.
- Liao, Pin-Chao; Zhang, Kenan; Wang, Tao & Wang, Yanqing (2016) Integrating bibliometrics and roadmapping: A case of strategic promotion for the ground source heat pump in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 57 (2016) 292–301.
- Liimatainen, Heikki; Kallionpää, Erika; Pöllänen, Markus; Stenholm, Pekka; Tapio, Petri & McKinnon, Alan (2014) Decarbonizing road freight in the future — Detailed scenarios of the carbon emissions of Finnish road freight transport in 2030 using a Delphi method approach. *Technological Forecasting and Social Change* 81 (2014) 177–191.

- Lindroos, Tomi J. & Ekholm, Tommi (2016) *Taakanjakosektorin päästökehitys ja päästövähennystoimet vuoteen 2030*. VTT technology 245. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2016/T245.pdf> (haettu 24.11.2016)
- Linstone, Harold .A. & Turoff, Murray (2002) *The Delphi method: techniques and applications* Verkkokirja <http://is.njit.edu/pubs/delphibook/> (haettu 30.6.2014). Kirjan ensimmäinen painettu versio (1975) Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts.
- Linstone, Harold A. & Turoff, Murray (2011) Delphi: A brief look backward and forward. *Technological Forecasting and Social Change* 78 (2011) 1712–1719.
- Loveridge, Denis (2016) Models, simulation and convergence in the polity: An essay. *Futures* 81 (2016) 4–14.
- Lovio, Raimo & Kivimaa, Paula (2012) Comparing Alternative Path Creation Frameworks in the Context of Emerging Biofuel Fields in the Netherlands, Sweden and Finland. *European Planning Studies* 20 (2012) 773–790.
- Loorbach, Derk (2007) Transition Management, New mode of governance for sustainable development. Erasmus universiteit Rotterdam. <http://repub.eur.nl/pub/10200/proefschrift.pdf> (haettu 10.7.2015)
- Loorbach, Derk (2010) Transition management for sustainable development: a prescriptive, complexity-based governance framework. *Governance* 23 (2010) 161–183.
- Lund, P.D. (2007) The link between political decision-making and energy options: Assessing future role of renewable energy and energy efficiency in Finland. *Energy* 32 (2007) 2271–2281.
- Maa- ja vesilämpötyöryhmä (2010) *Maa- ja vesilämpötyöryhmän raportti. Lainsäädäntöön, lupakäytäntöön, kaavoitukseen ja tontinluovutukseen ehdotettavat muutokset*. Helsingin kaupunki. www.hel.fi/static/helsinki/paatosasiakirjat/Kh2011/Esityslista5/Liitteet/Maa- ja vesilampotyoryhman_raportti_9.6.2010.pdf (haettu 15.11.2010)
- Mahapatra, Krushna (2007) *Diffusion of innovative domestic heating systems and multi-storey wood-framed buildings in Sweden*. Mid Sweden University Doctoral Thesis 33.
- Mahapatra, Krushna & Gustavsson, Leif (2008). An adopter-centric approach to analyze the diffusion patterns of innovative residential heating systems in Sweden. *Energy Policy* 36 (2008) 577–590.

- Majuri, Pirjo (2016) Ground source heat pumps and environmental policy – The Finnish practitioner’s point of view. *Journal of Cleaner Production* 139 (2016) 740–749.
- Mannermaa, Mika (1991) In search of an evolutionary paradigm for futures research. *Futures*, 23 (1991) 349–372.
- Mannermaa, Mika (1992). *Evolutionaarinen tulevaisuudentutkimus: tulevaisuudentutkimuksen paradigmojen ja niiden metodologisten ominaisuuksien tarkastelua*. Tulevaisuuden tutkimuksen seura. Acta Futura Fennica nro 2. VAPK-kustannus, Helsinki. 362 s
- Markard, Jochen & Truffer, Bernhard (2008) Technological innovation systems and the multi-level perspective: Towards an integrated framework. *Research Policy* 37 (2008) 596–615.
- Markard, Jochen; Raven, Rob & Truffer, Bernhard (2012). Sustainability transitions: An emerging field and its prospects. *Research Policy* 41 (2012) 955–967.
- Martikainen, Timo (2014) Suomen geoenergian potentiaali on merkittävästi arvioidua suurempi. *Geofoorumi* 1/2014, 8–9.
- Massa, Ilmo (1998) *Toinen ympäristötiede. Kirjoituksia yhteiskuntatieteellisestä ympäristötutkimuksesta*. Gaudeamus Kirja/Oy Yliopistokustannus. Tammer-Paino Oy, Tampere.
- Massa, Ilmo (2009) Yhteiskuntatieteellisen ympäristötutkimuksen paradigmat ja keskeisimmät suuntaukset. Teoksessa: *Vihreä teoria. Ympäristö yhteiskuntateorioissa*. Toim. Ilmo Massa. Gaudeamus Helsinki University Press.
- Mattinen, Maija, Heljo, Juhani & Savolahti, Mikko (2016) *Rakennusten energiankulutuksen perusskenaario Suomessa 2015–2050*. Suomen Ympäristökeskuksen raportteja 35/2016. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/166673> (haettu 5.1.2017)
- McDowall, Will (2014) Exploring possible transition pathways for hydrogen energy: A hybrid approach using socio-technical scenarios and energy system modelling. *Futures* 63 (2014) 1–14.
- McGrail, Stephen (2012) Cracks in the System: Problematisation of the Future and the Growth of Anticipatory and Interventionist Practices. *Journal of the Futures Studies* 16 (2012) 21–46.
- Meadows, Donella H.; Meadows, Dennis L.; Randers, Jørgen; & Behrens, William W. III. *The limits to growth*. Universe Books.

- Motiva (2012) *Lämpöä omasta maasta, opas maalämmöstä.* http://www.motiva.fi/ajankohtaista/julkaisut/lammitysjarjestelmat/lampo_omasta_maasta_maalampopumput.10752.shtml (haettu 5.6.2017)
- Motiva (2015) *Lämmitysjärjestelmän valinta* http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta (haettu 30.6.2016)
- Motiva (2016) *Lämpöpumppujen soveltuvuus eri talotyyppeihin.* https://www.motiva.fi/files/9469/Lampopumppujen_soveltuavuus_eri_talotyyppeihin.pdf (haettu 20.12.2017)
- Motiva (2016b) *Direktiivit* <http://www.motiva.fi/taustatietoa/ohjauskeinot/direktiivit> (haettu 30.6.2016)
- Michopoulos, A.; Papakostas, K.T. & Kyriakis, N. Potential of autonomous ground-coupled heat pump system installations in Greece. *Applied Energy* 88 (2011) 2122–2129.
- Mickwitz, Per; Hildén, Mikael; Seppälä, Jyri & Melanen, Matti (2011) Sustainability through system transformation: lessons from Finnish efforts. *Journal of Cleaner Production* 19 (2011) 1779–1787.
- Mäki, Maija (2012) *Hyvää energiaa helsinkiläisille – kaukolämmön ja kaukojäähdytyksen menestystarina jatkuu.* 100 vuotta energiarakentamista Helsingissä, osa 5. Helsingin Energia 2012.
- Määttä, Kalle ja Reimavuo, Seppo (2015) *Kilpailuvirasto kilpailupolitiikan suunnannäyttäjänä.* Kilpailu- ja kuluttajaviraston selvityksiä 4/2015. Kilpailu- ja kuluttajavirasto. Helsinki.
- Nathan, Sally; Newman, Christy & Lancaster, Kari (2018) Qualitative Interviewing. Teoksessa: *Handbook of Research Methods in Health Social Sciences.* Ed. Liamputtong, Pranee. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2018
- NEEAP-2 (2011) Suomen toinen kansallinen energiatehokkuuden toimintasuunnitelma. 27.6.2011 http://www.motiva.fi/files/6845/Suomen_toinen_kansallinen_energia_tehokkuuden_toimintasuunnitelma_NEEAP-2.pdf (haettu 30.6.2016)
- NEEAP-3 (2014) Suomen kansallinen energiatehokkuuden toimintasuunnitelma. 29.4.2014. ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2014_neep_fi_finland.pdf (haettu 30.6.2016)
- Nelson, Richard R. & Nelson, Katharine (2002) Technology, institutions and innovation systems. *Research Policy* 31 (2002) 265–272.

- Negro, Simona O.; Alkemade, Floortje & Hekkert, Marko P. (2012) Why does renewable energy diffuse so slowly? A review of innovation system problems. *Renewable and Sustainable energy reviews* 16 (2012) 3836–3846.
- Nilsson, Lars J.; Johansson, Bengt; Åstrand, Kerstin; Ericsson, Karin; Svenningsson, Per; Börjesson, Pål & Neij, Lena (2004) Seeing the wood for the trees: 25 years of renewable energy policy in Sweden. *Energy for Sustainable Development*, Volume VIII (2004) 76–81.
- Nowack, Martin; Endrikat, Jan & Günther, Edeltraud (2011) Review of Delphi-based scenario studies: quality and design considerations *Technological Forecasting and Social Change* 78 (2011) 1603–1615.
- Nykvist, Björn & Dzebo, Adis (2014) *Deliverable D2.1: Analysis of green niche-innovations and their momentum in the two pathways. Country report 3: Green niche-innovations in the Swedish heating system.* Pathways project. Exploring transition pathways to sustainable, low carbon societies. <http://www.pathways-project.eu/output> (haettu 15.9.2015)
- Nygård, Henry (2004) *Bara ett ringa obehag? Avfall och renhållning i de Finländska städernas profylaktiska strategier 1830–1930.* Åbo Akademis förlag, 2004. Åbo.
- Næss, Arne (1973) The Shallow and the Deep, Long-Range Ecology Movement. *Inquiry* 16 (1973) 95–100.
- Olleros, Francisco-Javier (1986) Emerging industries and the burnout of pioneers. *Journal of Product Innovation Management* 3 (1986) 5–18.
- Patokorpi, Erkki & Ahvenainen, Marko (2009) Developing an abduction-based method for futures research. *Futures* 41 (2009) 126–139.
- Peltoranta, Jari (2011). *Suomen suurin geoenergiaan tukeutuva hybridiennergialaitos S-ryhmälle.* Projektiiutiset 6/2011, 185–190.
- Perälä, Rae (2013) *Lämpöpumput: suomalainen käsikirja aikamme lämmitysjärjestelmästä.* 3. uudistettu painos. Alfamer/Karisto Oy 2013.
- Piipponen, Kaarina (2010) Suomen ja Neuvostoliiton välisen clearingmaksujärjestelmän purkaminen ja neuvostovelkojen loppuhoito. BOFIT Online 2/2010, Suomen Pankki. Siirtymätalouksien tutkimuslaitos, BOFIT www.suomenpankki.fi/pdf/165984.pdf (haettu 29.1.2015)
- Pohl, Christian (2014) From complexity to solvability. The praxeology of transdisciplinary research. Teoksessa: *Transdisciplinary Sustainability Studies. A Heuristic Approach.* Edited by Katri Huutoniemi and Petri Tapio. Routledge: London and New York.

- Popa, Florin; Guillermin, Mathieu & Dedeurwaerdere, Tom (2015). A pragmatist approach to transdisciplinarity in sustainability research: From complex systems theory to reflexive science. *Futures* 65 (2015) 45–56.
- Powell, Walter W. & DiMaggio Paul (1991) *The New Institutionalism in Organizational Analysis*. University of Chicago Press, Chicago.
- Ratkaisujen Suomi* (2015) Pääministeri Juha Sipilän hallituksen strateginen ohjelma 29.5.2015. Hallituksen julkaisusarja 10/2015. http://valtioneuvosto.fi/documents/10184/1427398/Ratkaisujen+Suomi_FI_YHDISTETTY_netti.pdf/801f523e-5dfb-45a4-8b4b-5b5491d6cc82 (haettu 29.9.2016)
- Raven, Robertus P. J. M. (2005) *Strategic Niche Management for Biomass: A comparative study on the experimental introduction of bioenergy technologies in the Netherlands and Denmark*. Eindhoven : Technische Universiteit Eindhoven, 2005. Proefschrift.
- Raven, R.P.J.M & Geels, F.W. (2010) Socio-cognitive evolution in niche development: Comparative analysis of biogas development in Denmark and the Netherlands (1973-2004) *Technovation* 30(2010) 87–99.
- Raven, Rob (2015) Luento Aalborgin yliopiston jatko-opintokurssilla ”Theories of Sustainable transitions” 21.5.2015
- Rawlins. R.H.D. & Sykulski, J.R. (1999) Ground source heat pumps: a technology review. *Building Services Engineering Research and Technology* 20 (1999) 119–129.
- Rehn, Olli (2016) Kansallisen energia- ja ilmastostrategian linjaukset. Puhe suomalaisen energian päivä 2016 -tapahtumassa, Finlandia-talossa 22.9.2016. <http://ollirehn.fi/kansallisen-energia-ilmastostrategian-linjaukset/> (haettu 29.9.2016)
- Rikkinen, Pari & Tapio, Petri (2009) Future prospects of alternative agro-based bioenergy use in Finland—Constructing scenarios with quantitative and qualitative Delphi data. *Technological Forecasting and Social Change* 76 (2009) 978–990.
- Rinne, Samuli & Syri, Sanna (2013) *Lämpöpumput ja kaukolämpö energiajärjestelmässä*. Suomen ilmastopaneeli. Raportti 3/2013.
- Rip, A. & Kemp, R. (1998) Technological change. Teoksessa: Rayner, S., Malone, E.J. (Eds.), *Human Choice and Climate Change, vol. 2. Resources and Technology*. Battelle Press, Columbus, Ohio, pp. 327–399.
- Rogers, Everett (1995): *Diffusion of Innovations*, Fourth edition. The Free Press, New York, NY.

- Rotmans, Jan; Kemp, René & van Asselt, Marjolein (2001) More evolution than revolution: transition management in public policy. *Foresight* 3 (2001) 15–31.
- Rubin, Anita (2002) Pehmeä systeemimetodologia tulevaisuudentutkimuksessa. Pp. 171–203. Teoksessa: *Tulevaisuudentutkimus. Perusteet ja sovellukset*. Toim. Kamppinen, Matti; Kuusi, Osmo & Söderlund, Sari (2002) Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran Toimituksia 896. Painopaikka: Kirjakas/Tallprint 2002.
- Rubin, Anita (2016) Tietoteoreettisesta ajattelusta tulevaisuudentutkimuksessa. TOPI-Tulevaisuudentutkimuksen oppimateriaali. Tulevaisuuden tutkimuskeskus, Turun kauppakorkeakoulu, Turun yliopisto. <https://tulevaisuus.fi/filosofiset-perusteet/tulevaisuutta-koskevien-toimintapaatosten-ja-arvolauseiden-legitimoininen/tietoteoreettisesta-ajattelusta-tulevaisuudentutkimuksessa/> (haettu 31.10.2016)
- Ruggiero, Salvatore; Varho, Vilja & Rikkonen, Pasi (2015) Transition to distributed energy generation in Finland: Prospects and barriers. *Energy Policy* 86 (2015) 433–443.
- Saarno, Tero (2017) (tuotantojohtaja St1 Deep Heat). Vierailu Otaniemen voimalaitostyömaalla 27.2.2017.
- Safarzyńska, Karolina; Frenken, Koen & van den Bergh, Jeroen C.J.M. (2012) Evolutionary theorizing and modeling of sustainability transitions. *Research Policy* 41 (2012) 1011–1024.
- Sairinen, Rauno (2009) Ympäristöhallinnan monet teorit. Teoksessa: *Vihreä teoria. Ympäristö yhteiskuntateorioissa*. Toim. Ilmo Massa. Gaudeamus Helsinki University Press.
- Saarikko, Marja (2017) Turun ydinkeskustan geoenergiapotentiaali on hyvä ja jopa erinomainen. *Geofoorumi*, Geologian tutkimuskeskuksen sidoryhmälehti 1/2017.
- Salo, Miikka (2014) *Uusiutuva energia ja energijärjestelmän konsensus. Mekanisminen näkökulma liikenteen biopolttoaineiden ja syöttötariffin käyttöönottoon Suomessa*. Jyväskylä studies in education, psychology and social research 499. University of Jyväskylä. Jyväskylä University Printing House, Jyväskylä 2014.
- Salo, Miikka (2015) *Energiäkäänne, Saksan ja Suomen energiapoliittiset valinnat*. Vihreä sivistysliitto, Helsinki. Painopaikka: Hämeen Kirjapaino Oy, Tampere 2015

- Saner, Dominik; Juraske, Ronnie; Kübert, Markus; Blum, Philipp, Hellweg, Stefanie & Bayer, Peter (2010) Is it only CO₂ that matters? A life cycle perspective on shallow geothermal systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14 (2010) 1798–1813.
- Sanner, Burkhard (1996) Die “Erdgekoppelte” wird 50. 50 Jahre Erdgekoppelte in den USA, 15 Jahre Erdwärmesonden in Mitteleuropa. *Geothermische Energie, Mitteilungsblatt der Geothermischen Vereinigung e.V.* 5. Jahrgang, Heft 13 (1996). <http://www.geothermie.de/uploads/media/Geothermische.Energie.Nr.13.pdf> (haettu 2.10.2012)
- Sanner, Burkhard (2001) Some history on shallow geothermal energy use. International Summer School on Direct Application of Geothermal Energy. <http://www.docstoc.com/docs/2198805/Some-history-of-shallow-geothermal-energy-use> (haettu 2.10.2012)
- Sanner, Burkhard; Karytsas, Constantine; Mendrinou, Dimitrios & Rybach, Ladislaus (2003) Current status of ground source heat pumps and underground thermal energy storage in Europe *Geothermics* 32 (2003) 579–588.
- Sardar, Ziauddin (2010) Welcome to postnormal times. *Futures* 42 (2010) 435–444.
- Sardar, Ziauddin (2015) Postnormal times revisited. *Futures* 67 (2015) 26–39.
- Sarrica, Mauro; Brondi, Soria; Cottone, Paolo & Mazzara, Bruno M. (2016) One, no one, one hundred thousand energy transitions in Europe: The quest for a cultural approach *Energy Research & Social Science* 13 (2016) 1–14.
- Sarvaranta, Anni; Jääskeläinen, Jaakko; Puolakka, Juha & Kouri, Pekka (2012) *Kaukolämmön hinnoittelun nykytila ja tulevaisuuden mahdollisuudet*. Loppuraportti. www.energia.fi/sites/default/kaukolammonhinnoittelunnykytilajatuulevaisuudenmahdollisuudet.pdf (haettu 26.4.2013)
- Saunders, M.; Lewis, P.; Thornhill, A. (2009) *Research Methods For Business Students*. 5th edition. Pearson Education Ltd. Harlow, UK.
- Schienstock, Gerd (2011) Path Dependency and Path Creation: Continuity vs. Fundamental Change in National Economics. *Journal of Futures Studies* 15 (2011) 63–76.
- Schot, J.W. & Geels, F.W., (2008) Strategic niche management and sustainable innovation journeys: theory, findings, research agenda, and policy. *Technology Analysis & Strategic Management* 5 (2008) 537–554.

- Seyboth, Kristin; Beurskens, Luuk, Langniss, Ole & Sims, Ralph E.H. Recognising the potential for renewable energy heating and cooling. *Energy Policy* 36 (2008) 2460–2463
- Shove, Elizabeth (1998) Gaps, barriers and conceptual chasms: theories of technology transfer and energy in buildings. *Energy Policy*. 26 (1998) 1105–1112.
- Slaughter, Richard A. (1999) Professional standards in futures work. *Futures* 31 (1999) 835–851
- Slaughter, Richard A. (2015) The global emergency – Perspectives, overviews, responses. *Futures* 73 (2015) 78–85.
- Slaughter, Richard A. (2016) Academic Publishing in Transition: The Case of Foresight. *World Future Review* 8 (2016) 63–74.
- Smith, A., Stirling, A. & Berkhout, F. (2005) The governance of sustainable socio-technical transitions. *Research Policy* 34 (2005) 1491–1510.
- Smith, Adrian (2007) Translating sustainabilities between green niches and socio-technical regimes. *Technology Analysis and Strategic Management* 19 (2007) 427–450.
- Smith, Adrian & Raven, Rob (2012) What is protective space? Reconsidering niches in transitions to sustainability. *Research Policy* 41 (2012) 1025–1036.
- Snape, J.R.; Boait, B.J. & Rylatt, R.M. (2015) Will domestic consumers take up the renewable heat incentive? An analysis of the barriers to heat pump adoption using agent-based modelling. *Energy Policy* 85 (2015) 32–38.
- Snäkin, Juha-Pekka; Muilu, Toivo & Pesola, Tuomo (2010) Bioenergy decision-making of farms in Northern Finland: Combining the bottom-up and top-down perspectives. *Energy Policy* 38, (2010) 6161–6171.
- Sovacool, Benjamin K. (2016) How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions. *Energy Research & Social Science* 13 (2016) 202–215.
- Sovacool, Benjamin K. & Geels, Frank W. (2016) Further reflections on the temporality of energy transitions: A response to critics. *Energy Research & Social Science* 22 (2016) 232–237.
- Spaargaren, Gert (2000) Ecological Modernization Theory and the Changing Discourse on Environment and Modernity. Teoksessa: *Environment and Global Modernity* Pp. 41-71. Edited by Gert Spaargaren, Arthur P.J. Mol & Frederick H. Buttel. SAGE Studies in International Sociology 50. Athenaeum Press, Gateshead, UK.

- Spinardi, Graham & Slayton, Rebecca (2015) Greener Aviation Take-off (Delayed): Analysing Environmental Transitions with the Multi-Level Perspective. *Science & Technology Studies* 1 (2015) 28–51.
- Stern, Nicholas (2006) *Stern Review on The Economics of Climate Change*. Kooste raportin keskeisestä annista: www.wwf.se/source.php/1169157/Stern%20Report_Exec%20Summary.pdf (haettu 10.10.2014)
- STRN (2010) A mission statement and research agenda for the Sustainability Transitions Research Network. http://www.transitionsnetwork.org/files/STRN_research_agenda_20_August_2010%282%29.pdf
- Suarez, Fernando F. & Oliva, Rogelio (2005) Environmental Change and Organizational Transformation. *Industrial and Corporate Change* 14 (2005) 1017–1041.
- SULPU (2018) Lämpöpumpputilastot 2015. Sähköpostiviesti Suomen lämpöpumppuyhdistyksen toiminnanjohtaja Jussi Hirvoselta 18.4.2016. Vuosien 2015-2017 tiedot verkkosivulta www.sulpu.fi/tilastot
- Sundell, Lasse; Kauhanen, Keijo & Kansikas, Risto (1981) *Energiavaihtoehdot : aurinko, tuuli, maalämpö*. IP-tietokirjat. Infopress, Helsinki 1981.
- Suominen, Pekka ; Suominen, Teuvo (1980) *Järkevään energiaan*. Hki: Tammi, 1980
- Sutherland, Lee-Ann; Peter, Sarah & Zagata, Lukas (2015) Conceptualising multi-regime interactions: The role of the agriculture sector in renewable energy transitions. *Research Policy*, 44 (2015) 1544–1554.
- Suurs, R. A. A.; Hekkert, M. P.; Kieboom, S. & Smits, R. E. H. M. (2010) Understanding the formative stage of technological innovation system development: The case of natural gas as an automotive fuel. *Energy Policy* 38(2010) 419–431.
- Svenska kyl- och värmepumpföreningen (2018) <https://skvp.se/aktuellt-opinion/statistik/varmepumpsforsaljning> (haettu 21.2.2018)
- Sørensen, Bent (1991) A history of renewable energy technology. *Energy Policy* 19 (1991) 8–12.
- Tapio, Petri (2002) *The Limits to Traffic Volume Growth. The Content and Procedure of Administrative Futures Studies on Finnish Transport CO₂ Policy*. Acta Futura Fennica 8. Finnish Society for Futures Studies. Painosalama Ltd. Turku, Finland.
- Tapio, Petri (2003) Disaggregative policy Delphi: Using cluster analysis as a tool for systematic scenario formation. *Technological Forecasting and Social Change* 70 (2003) 83–101.

- Tekes (2002) Menestyvät innovaatiot syntyvät arvoketjuissa. Ilmastovaikutukset ja ohjaukset kansainvälisessä vertailussa. Tekes, Helsinki.
- TEM (2014) Työ- ja elinkeinoministeriö, Päästökauppa <http://www.tem.fi/index.phtml?s=1017> (haettu 18.2.2015)
- TEM (2014b) Energia- ja ilmastotiekartta 2050. Parlamentaarisen energia- ja ilmastokomitean mietintö 16. päivänä lokakuuta 2014. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Energia ja ilmasto 31/2014. Edita Publishing Oy/Ab/Ltd. Verkkojulkaisu: <http://tem.fi/documents/1410877/2628105/Energia-+ja+ilmastotiekartta+2050.pdf/1584025f-c5c7-456c-a912-aba0ee3e5052> (haettu 18.2.2015)
- TEM (2016) Työ- ja elinkeinoministeriö, Energia- ja ilmastostrategian valmistelu. <http://tem.fi/strategia2016> (haettu 29.9.2016)
- TEM (2016b) Toimialaraportti: Uusiutuvan energian EU-maali vuodelle 2020 alkaa olla saavutettu http://tem.fi/artikkeli/-/asset_publisher/uusiutuvan-energian-eu-maali-vuodelle-2020-alka-olla-saavutettu (haettu 24.11.2016)
- TEM (2016c) Ilmasto- ja energiastrategia 2016, Taustaskenaariot, Perus- ja politiikkaskenaarion energiataseet. <http://tem.fi/perusskenaario> (haettu 24.11.2016)
- Thorne, Sally (1994) Secondary Analysis in Qualitative Research: Issues and Implications. Teoksessa: Critical Issues in Qualitative Research Methods, pp 263-279. Edited by Janice M. Morse. Sage Publications. Thousand Oaks, CA.
- Tiberius, Victor (2011) Towards a "Planned Path Emergence". View on Future Genesis. *Journal of Futures Studies* 15 (2011) 9–24.
- Tilastokeskus (2000) Suomen tilastollinen vuosikirja 1999. Energia/Asuin- ja liikerakennusten sekä julkisten rakennusten lämmityksen energialähteet, 1970–1998 http://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/vuosikirja2004/alku.htm (haettu 19.2.2018)
- Tilastokeskus (2002) Energiatilasto 2002, luku 13 energian hinnat http://pxweb2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energiatilasto2002/html/suom0013.htm (haettu 10.10.2012)
- Tilastokeskus (2002b) Energiatilasto 2002, luku 2 eräiden polttoaineiden kulutuksen jakautuminen http://pxweb2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energiatilasto2002/html/suom0002.htm (haettu 7.6.2016)

- Tilastokeskus (2005) Suomen tilastollinen vuosikirja 2004, Rakentamisen/Valmistuneet uudet asuinrakennukset talotyypin mukaan, 1970–2004
http://pxweb2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/vuosikirja2005/html/suom0018.htm (haettu: 25.10.2016)
- Tilastokeskus (2012) Energiatilasto 2012, Sähkön tuotannon energialähteet
http://pxweb2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2012/html/suom0002.htm (haettu: 25.10.2016)
- Tilastokeskus (2014) Energia 2014 -taulukkopalvelu, Energian hinnat, taulukkopaketti 13, Polttoaineiden ja sähkön keskimääräiset tuontihinnat.
- Tilastokeskus (2015) Suomen tilastollinen vuosikirja 2014, Rakentamisen/Valmistuneet uudet asuinrakennukset talotyypin mukaan 2000–2014.
http://pxweb2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/vuosikirja2015/html/suom0000.htm (haettu 25.10.2016)
- Tilastokeskus (2016) Suomen virallinen tilasto (SVT): Energian hinnat [verkkójulkaisu] 2. vuosineljännes 2016, Liitekuvio 6. Nord Pool Spot -sähköpörssin kuukausikeskiarvot. Helsinki: Tilastokeskus.
http://www.stat.fi/til/ehi/2016/02/ehi_2016_02_2016-09-07_kuv_006_fi.html (haettu: 25.10.2016)
- Tilastokeskus (2016b) Maalämmön osuus lämmönlähteenä kasvussa.
http://www.stat.fi/til/ras/2016/09/ras_2016_09_2016-11-25_kat_001_fi.html (haettu 25.10.2016)
- Tilastokeskus (2016c) Tilastokeskuksen PX-Web-tietokannat/Energia/Energian hankinta ja kulutus/Energian kokonaiskulutus energialähteittäin ja CO₂-päästöt <http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/> (haettu 25.10.2016)
- Tilastokeskus (2017) Energia 2016 taulukkopalvelu. Energian loppukulutus sektoreittain
http://pxweb2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2016/alku.htm (haettu 2.5.2017)
- Tilastokeskus (2017b) Energia 2016 taulukkopalvelu. Rakennusten lämmityksen energialähteet rakennustyypeittäin
http://pxweb2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2016/alku.htm (haettu 2.5.2017)
- Tilastokeskus (2017c) Energia 2016 taulukkopalvelu. Asuin- ja palvelurakennusten lämmityksen energialähteet
http://pxweb2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2016/alku.htm (haettu 2.5.2017)

- Tilastokeskus (2017d) Suomen tilastollinen vuosikirja 2016. Rakennukset käyttötarkoituksen, kerrosalan ja lämmitysaineen mukaan 31.12.2015. http://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/vuosikirja2017/html/suom0000.htm (haettu 2.5.2017)
- Tilastokeskus (2017e) Energia 2016 taulukkopalvelu. Energian hinnat, taulukkopaketti 13. http://pxweb2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2016/html/suom0012.htm (haettu 2.6.2017)
- Tilastokeskus (2018) Energia 2017 taulukkopalvelu. Eräiden polttoaineiden ja energialähteiden kulutuksen jakautuminen, taulukkopaketti 2. http://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2017/alku.htm (haettu 19.2.2018)
- Tilastokeskus (2018b) Suomen tilastollinen vuosikirja 2017. Asuminen, Rakennukset käyttötarkoituksen, kerrosalan ja lämmitysaineen mukaan 31.12.2016. http://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/vuosikirja2017/html/suom0000.htm (haettu 19.2.2018)
- Tirkkonen, Juhani (2000) Ilmastopolitiikka ja ekologinen modernisaatio. Diskursiivinen tarkastelu suomalaisesta ilmastopolitiikasta ja sen yhteydestä metsäsektorin muutokseen. *Acta Universitatis Tamperensis* 781.
- Ulmanen, J.H.; Verbong, G.P.J. & Raven, R.P.J.M. (2009) Biofuel development in Sweden and the Netherlands: Protection and socio-technical change in a long-term perspective, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13 (2009) 1406–1417.
- Ursinus, Jorma; Hiltunen, Matti & Karves, Seppo (1981) *Pienrakentajan energiaopas*. Tammertekniikka, 1981, Tampere.
- Vainio, Terttu (2008) *Kohti yksilöllisempää – Asuntotuotannon laatumuutokset 1990–2005*. VTT. Edita Prima Oy, Helsinki 2008
- Valtioneuvoston kanslia (2008) *Selvitys Ison-Britannian ilmastolakiehdotuksesta ja alustava arvio vastaavan sääntelyn soveltuvuudesta Suomen oikeusjärjestelmään*. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 16/2008.
- Valtioneuvoston kanslia (2009) *Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta: kohti vähäpäästöistä Suomea*. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 28/2009.
- Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle (2001) VNS 1/2001 vp. *Kansallinen ilmastostrategia*. <http://tem.fi/documents/1410877/2628005/Selonteko.pdf/a0b41756-6f0f-4007-9f0a-3ee350d4a266> (haettu 17.2.2015)

- Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle (2005) *Lähiajan energia- ja ilmastopolitiikan linjauksia – kansallinen strategia Kioton pöytäkirjan toimeenpanemiseksi*
<http://tem.fi/documents/1410877/2627974/Strategia+2005/e1fde1d6-4019-42e8-b05d-0125b21d809a> (haettu 17.2.2015)
- Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle (2008) VNS 6/2008 vp. *Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia*.
<http://tem.fi/documents/1410877/2627938/Selonteko+2008.pdf/f9b30f57-e51f-464c-ae7f-956b070a0f88> (haettu 17.2.2015)
- Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle (2013) VNS 2/2013 vp. *Kansallinen energia- ja ilmastostrategia. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, Energia ja ilmasto 8/2013*. http://www.tem.fi/files/36730/Energia-ja_ilmastostrategia_2013_SUOMENKIELINEN.pdf (haettu 17.2.2015)
- Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030 (2016)
<http://tem.fi/documents/1410877/2148188/Kansallinen+energia-+ja+ilmastostrategia+vuoteen+2030+24+11+2016+lopull.pdf/a07ba219-f4ef-47f7-ba39-70c9261d2a63> (haettu 24.11.2016)
- Valtioneuvoston selonteko keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmas- ta vuoteen 2030 – Kohti ilmastoviisasta arkea (2017) Ympäristömi- nisteriön raportteja 21/2017. Ympäristöministeriö, Helsinki 2017.
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4748-7> (haettu 5.1.2018)
- Van Bree, B.; Verbong, G.P.J. & Kramer, G.J. (2010) A multi-level perspective on the introduction of hydrogen and battery-electric vehicles. *Technological Forecasting & Social Change* 77 (2010) 529–540.
- Varho, Vilja (2007) *Calm or Storm? Wind Power Actors' Perceptions of Finnish Wind Power and its Future*. Environmentalica Fennica 25. Helsinki University Printing House. Helsinki 2007
- Vehmas, Jarmo (2002) *Rahat Ruotsiin ja päästöt Tanskaan. Suomen ympäristö- perusteisen energiaverotuksen rekonstituutio 1993–1996*. Acta Uni- versitatis Tamperensis: 861.
- Verbong, Geert & Geels, Frank (2007) The ongoing energy transitions: Lessons from a socio-technical, multi-level analysis of the Dutch electricity system (1960-2004). *Energy Policy* 35 (2007) 1025–1037.
- Verbong, Geert & Geels, Frank (2008) Barriers and options for future energy transitions: Lessons from a historical analysis of the Dutch electricity system. In: *Managing the transition to renewable energy: theory and practice from local, regional and macro perspectives*. Pp. 177–216. Edited by Jeroen C.J.M. van den Bergh, Edward Elgar

- Verbong, G.P.J., Geels, F.W & Raven, R.P.J.M. (2008b) Multi-niche analysis of dynamics and policies in Dutch renewable energy innovation journeys (1970-2006): Hype-cycles, closed networks and technology-focused learning *Technology Analysis & Strategic Management*, 20 (2008) 555–573.
- Verhees, Bram; Raven, Rob; Veraart, Frank; Smith, Adrian & Kern, Florian (2013) The development of solar PV in The Netherlands: A case of survival in unfriendly contexts. *Renwable and Sustainable Energy Review* 19 (2013) 275–289.
- Verohallinto (2012) Kotitalousvähennys. https://www.vero.fi/fi-FI/Syventavat_veroohjeet/Verohallinnon_ohjeet/2012/Kotitalousvahennys%2824837%29#1Yleist (haettu 15.4.2016)
- Vihanto, Martti (2012): *Instituutitaloustieteen perusteet*, verkkokirja. Turun yliopiston kauppakorkeakoulu, Turku. <http://www.ace-economics.fi/mvihanto/inst> (haettu 23.11.2012)
- Vihola, Jaakko & Heljo, Juhani (2012) *Lämmitystapavalintojen kehitys 2000–2012*. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos, Rakennustuotanto ja -talous. Raportti 10. http://webhotel2.tut.fi/ee/Materiaali/Lammitystapojen_kehitys_2000_2012.pdf (haettu 31.10.2012)
- Vuorinen, Asko (2015) *Imatran Voimasta Fortumiksi 1932–2013*. Ekoenergo Oy, Espoo. Painopaikka: Vammalan Kirjapaino Oy.
- Walford, Geoffrey (2007) Classification and framing of interviews in ethnographic interviewing. *Ethnography and Education*, 2:2 (2007) 145–157.
- Wangel, Josefin; Gustafsson, Stina & Svane, Örjan (2013) Goal-based socio-technical scenarios: Greening the mobility practices in the Stockholm City District of Bromma, Sweden. *Futures* 47 (2013) 79–92.
- Wilenius, Markku & Casti, John (2015) Seizing the X-events. The sixth K-wave and the shocks that may upend it. *Technological Forecasting and Social Change* 94 (2015) 335–349.
- Ylönen, Marja & Litmanen, Tapio (2010) Sosiologisia lähestymistapoja yhteiskunnan ympäristösuhteeseen. Teoksessa: Valkonen, Jarmo (toim.) (2010) *Ympäristösosiologia*. s. 51–82. WSOYpro
- Ympäristö (2014) Lämpöpumppujen energiantuotanto kasvaa nopeasti. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ympariston_tilan_indikaattorit/Ilmastonmuutos_ja_energia/Lampopumppujen_energiantuotanto_kasvaa_n%2828549%29 (haettu 19.2.2015)

- Ympäristöministeriö (2016) Pariisin ilmastopimus. http://www.ymp.fi/fi-fi/ymparisto/ilmastaja_ilma/ilmastomuutoksen_hillitseminen/Kansainvaliset_ilmastoneuvottelut/Pariisin_ilmastopimus (haettu 22.9.2016)
- Ympäristöministeriö (2017) Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatoimistuksesta [http://www.ymp.fi/fi-fi/Ajankohtaista/Tiedotteet/Uudistunut_energiatodistusasetus_voimaan\(45494\)](http://www.ymp.fi/fi-fi/Ajankohtaista/Tiedotteet/Uudistunut_energiatodistusasetus_voimaan(45494)) (haettu 2.3.2018)
- Yu, X.; Wang, R.Z. & Zhai, X.Q. (2011) Year round experimental study on a constant temperature and humidity air-conditioning system driven by ground source heat pump. *Energy* 36 (2011) 1309–1318.
- Zogg, Martin (2008) *History of Heat Pumps Swiss Contributions and International Milestones*. Schweizerische Eidgenossenschaft, Department of Environment, Transport, Energy and Communications DETEC. Swiss Federal Office of Energy SFOE, Section Energy Efficiency and Renewable Energies. <http://www.zogg-engineering.ch/publi/HistoryHP.pdf> (haettu 31.3.2016)
- Åslund, Maria (2012) Omställning. Forskning är nyckeln till ett fossilfritt samhälle. *Energivärlden* 2/2012, 8–12.
- Ölly- ja biopolttoaineala ry. (2015) Historiatietoja. <http://www.oil.fi/fi/oljymarkkinat/historiatietoja> (haettu 10.7.2015)

LIITE 1: HAASTATELTAVIEN VALINNASSA HYÖDYNNETTY ASIANTUNTIJAMATRIISI

Tahon jälkeen sulussa oleva numero = haastattelutilanteessa haastateltavana useampi henkilö, numero osoittaa haastateltavien määrän

Kursiivi = haastateltu Geoener-hankkeen yhteydessä

* = haastateltava toivoi, ettei hänen mielipiteitään yhdistetä suoraan yritykseen, jonka palveluksessa hän on. Näin yritystä ei tässä nimetä.

** = haastateltu henkilö molempien tahojen edustaja

*** = haastatellulla henkilöllä taustaa näissä yrityksissä

Taso, johon osaamisen ydin kohdistuu ja asiantuntijuus/ ajanjaksot, joilta haastateltavalla on tietoa	Historia	2000-luku	Tulevaisuus
Regiimi			
Energia-alan edunvalvontajärjestöt	Energiateollisuus ry (3)	Energiateollisuus ry (3)	Energiateollisuus ry (3)
Rakennusala yleisesti	Kiinteistöliitto	Kiinteistöliitto	Kiinteistöliitto
Rakennusyhtiöt		Useissa maissa toimiva rakennusyhtiö* <i>Hartela Oy (3)</i>	Useissa maissa toimiva rakennusyhtiö* <i>Hartela Oy (3)</i>
Kiinteistösijoittajat		Kiinteistökartio Oy SOK <i>Bergans Kiinteistöt Oy (2)</i>	Kiinteistökartio Oy SOK <i>Bergans Kiinteistöt Oy (2)</i>
Julkiset kiinteistöyhtiöt	Turun ylioppilaskyläsäätiö	Turun ylioppilaskyläsäätiö <i>Senaatti-kiinteistöt</i>	Turun ylioppilaskyläsäätiö <i>Senaatti-kiinteistöt</i>

Energia-alan yritykset	<i>Fortum Oyj (2)</i>	Oy Turku Energia (3) <i>Fortum Oyj (2)</i>	Oy Turku Energia (3) <i>Fortum Oyj (2)</i>
Niche			
Uusiutuvaa, paikallisesti tuotetun energian hyödyntämistä edistävät tahot	Suomen lämpöpump-puyhdistys ry. (SUL-PU) Motiva Oy	Suomen lämpöpump-puyhdistys ry. (SUL-PU)** Suomen Lähienergia-liitto ry. ** Motiva Oy	Suomen lämpöpump-puyhdistys ry. (SUL-PU)** Suomen Lähienergia-liitto ry. ** Motiva Oy
Geoenergian koti-maiset teknologia-kehittäjät	Lämpöässä/Suomen lämpöpumpputek-niikka Oy (2)	Lämpöässä/Suomen lämpöpumpputek-niikka Oy (2)	Lämpöässä/Suomen lämpöpumpputek-niikka Oy (2)
Lämpöpumppujen maahantuojat	Nilan Suomi Oy IVT lämpöpumput	Nilan Suomi Oy IVT lämpöpumput	Nilan Suomi Oy
Geoenergian kauppalistajat		St1 Lähienergia Oy ***	St1 Lähienergia Oy ***
Geoenergian koti-maiset tutkimuslaitokset	GTK TTY	GTK TTY	GTK TTY
Geoenergiaratkaisujen suunnittelijat	Enersys Oy	Enersys Oy	Enersys Oy
Muut geoenergiaa hyödyntävät toimijat		<i>Rautaruukki Oyj</i>	<i>Rautaruukki Oyj</i>
Asennusyritykset ja lämpökaivojen po-raajat		Etelä-Suomen Läm-pöpalvelu Oy *** Fixu-remontit Oy ***	Etelä-Suomen Läm-pöpalvelu Oy ***
Geoenergian pienku-luttajat (aihetta tutkineiden asiantuntijoiden välityksellä)	Aalto yo/ kauppakor-keakoulu Aalto yo/taiteiden ja suunnittelun korkea-koulu (myös Motiva Oy)	Aalto yo/ kauppakor-keakoulu Aalto yo/taiteiden ja suunnittelun korkea-koulu (myös Motiva Oy)	Aalto yo/ kauppakor-keakoulu Aalto yo/taiteiden ja suunnittelun korkea-koulu (myös Motiva Oy)

Haastateltujen tunnisteet tekstissä:

Regiimitaso

- R1 Energiateollisuus ry:n edustaja 1
- R2 Energiateollisuus ry:n edustaja 2
- R3 Energiateollisuus ry:n edustaja 3
- R4 Kiinteistöliiton edustaja
- R5 Useissa maissa toimivan rakennusyhtiön edustaja, kokemuksia kahdesta rakennusyhtiöstä
- R6 Hartela Oy:n edustajat (käsittää kaikkien kolmen haastatellun näkemykset, Geoener-hankkeen aikaisissa litteroinneissa nämä oli niputettu yhteen)
- R7 Kiinteistökartio Oy:n edustaja
- R8 SOK:n edustaja
- R9 Bergans Oy:n edustajat (käsittää kahden haastatellun näkemykset, Geoener-hankkeen aikaisissa litteroinneissa nämä oli niputettu yhteen)
- R10 TYS:n edustaja
- R11 Senaattikiinteistöjen edustaja
- R12 Oy Turku Energian edustaja 1
- R13 Oy Turku Energian edustaja 2
- R14 Oy Turku Energian edustaja 3
- R15 Fortum Oy:n edustajat (käsittää kahden haastatellun näkemykset, Geoener-hankkeen aikaisissa litteroinneissa nämä oli niputettu yhteen)

Nichetaso

- N1 SULPU, Suomen lähienergialiitto ja aiemmin myös IVT-lämpöpumppujen maahantuoja
- N2 Suomen Lämpöpumpputekniikka Oy:n edustaja 1
- N3 Suomen Lämpöpumpputekniikka Oy:n edustaja 2
- N4 Nilan Suomi Oy:n edustaja
- N5 GTK:n edustaja
- N6 Alan tutkimuksen asiantuntija (eläkkeellä TTY:stä)
- N7 Enersys Oy:n edustaja
- N8 Rautaruukki Oyj:n edustaja
- N9 St1 Lähienergia Oy:n edustaja
- N10 Motiva Oy:n edustaja
- N11 Aalto yo:n kauppa- ja korkeakoulun edustaja
- N12 Aalto yo:n taiteiden ja suunnittelun korkeakoulun edustaja

LIITE 2: HAASTATTELURUNKO

Alla on vuodenvaihteessa 2015–2016 tehdyistä haastatteluista ensimmäisessä käytetty runko. Kussakin haastattelussa yleiset kysymykset olivat pitkälti samoja, haastateltavan asiantuntemukseen liittyvät kysymykset laadittiin jokaista haastattelua varten erikseen.

Haastattelurunko (Lämpöässä 12.11.2015)

1970- luvun puolestavälistä 1980-luvun puoleenväliin

Yleinen kehitys kiinteistöjen lämmitysmarkkinoilla

- Miten geoenergia tuli Suomeen? (yksittäisten rakentajien, rakennusliikkeiden, ulkomaisten toimijoiden, maahantuontiyritysten jne. toimesta)
- Millaisissa kohteissa geoenergiaa hyödynnettiin ensinnä?
- Yleistykö maalämpö ensin Suomessa erityisesti jonkin maantieteellisellä alueella? Jos kyllä, miksi yleistyminen alkoi juuri sieltä?
- Mikä ko. ajankohtana motivoi geoenergian hyödyntämiseen?
- Millainen oli tuon ajankohdan geoenergialaitteistojen suorituskyky? (maalämmöllä tuotetun energian hinta suhteessa muihin energiavaihtoehtoihin)
- Kilpailevien energiavaihtoehtojen asema ja näiden suosioon vaikuttaneet tekijät ko. ajankohtana (sosiotekniset lukkiumat, tuet, ym.)
- Miten rakentajat ja rakennuttajat saivat ko. ajankohtana tietoa maalämmöstä? Edellyttikö hyödyntäminen omatoimisuutta?
- Paljonko alalla toimivia yrityksiä oli Suomessa 1970- ja 1980-luvulla? Millaisia nämä yritykset olivat (laitteiden maahantuojia ja myyjiä, teknologiakehittäjiä, geoenergiaan erikoistuneita yrityksiä vai lämpöalan yrityksiä, jotka ottivat maalämmön yhdeksi tuotteeksi muiden rinnalle)?
- Oliko olemassa jotain tuki- tai kannustejärjestelmiä maalämmön hyödyntämisen jouduttamiseksi? (koulutusta, tietoa, lainoja, laitteistojen hankinnan tukia yms.)
- Alan institutionaalinen ympäristö Suomessa 1970/80-luvulla (tutkimus, testaus, sertifikaatit, ym.)?
- Maalämpöalan toimijoiden järjestäytyminen ja alan yrittäjien verkostoituminen ko. ajankohtana?

- Miksi Suomen ja Ruotsin kehityskulut maalämmön hyödyntämisessä erosivat (ja eroavat) toisistaan niin selkeästi? (miksi maalämpö ei Suomessa lähtenyt vetämään?)

Lämpöässä historia

- Miksi ja miten yritys tuli valinneeksi alakseen maalämmön?
- Miten markkinoita geoenergialle Suomessa pyrittiin alkuvaiheessa luomaan? (mainonta, muu tiedotus, messut, yhteydet rakentajiin ym.)
- Markkinoilletulon ja liiketoiminnan haasteet 1970- ja 1980-luvulla?
- Löytyikö kaikkiin järjestelmien asennuksiin liittyviin toimintoihin osaamista? (esim. olivatko suunnittelijat, asentajat, rakentajat ym. ajan tasalla maalämmön hyödyntämisen vaatiman osaamisen suhteen?)

2000-luvun alku

Yleinen kehitys kiinteistöjen lämmitysmarkkinoilla

- Mitkä tekijät vaikuttivat geoenergian uuteen tulemiseen 2000-luvun alusta lukien?
- Mikä oli muuttunut markkinoilletulon olosuhteissa tai keinoissa verrattuna 1980-lukuun?
- Yleistyikö maalämpö 2000-luvun alussa Suomessa erityisesti jonkin maantieteellisellä alueella? Jos kyllä, miksi yleistyminen alkoi juuri sieltä?
- Mikä motivoi geoenergian hyödyntämiseen 2000-luvulla?
- Millainen oli geoenergialaitteistojen suorituskyky verrattuna 1980-luvun laitteisiin? (maalämmöllä tuotetun energian hinta suhteessa muihin energiavaihtoehtoihin)
- Kilpailevien energiavaihtoehtojen asema ja näiden suosioon vaikuttaneet tekijät ko. ajankohtana (sosio tekniset lukkiumat, tuet, ym.)
- Miten rakentajat ja rakennuttajat saivat ko. ajankohtana tietoa maalämmöstä? Edellyttikö hyödyntäminen omatoimisuutta?
- Voidaanko erottaa jotain politiikkatoimia, jotka vaikuttivat maalämmön hyödyntämisen voimakkaaseen lisääntymiseen?
- Muiden kuin poliittisten toimijoiden rooli geoenergian yleistymisessä? Tutkimuslaitokset, rakennuttajat ja rakentajat, SULPU?
- Miksi pientalorakentajat kiinnostuivat maalämmöstä ensin (ja miksi maalämpö löi niinkin voimakkaasti läpi?)
- Suunnittelu/asennus/huolto ym. osaaminen järjestelmien asennuksiin liittyvissä toiminnoissa?
- Talotehtaiden rooli geoenergian yleistymisessä pientaloissa?
- Vertikaaliset järjestelmät uutena energiankeruun innovaationa – miten yleistyi/oliko ongelmia/oliko porausosaamista?

Lämpöässä ja suuret kiinteistökohteet erityisesti

- Mikä on (suunnilleen) Lämpöässä toteuttamien uudis- ja saneerauskohteiden suhde (pien- ja suurkohteet)?
 - Mitkä ovat tärkeimpiä kilpailijoita (ja miten eri valmistajien tarjoamat tuotteet ja palvelut eroavat toisistaan)?
 - Onko suurten uudiskohteiden osalta tunnistettavissa jotain yhtäläisyyksiä, esim. millaiset rakennusyhtiöt hyödyntävät geoenergiaa? Saneerauskohteissa: mistä energiamuodosta rakennukset ovat tyypillisesti vaihtaneet pois?
 - Geoenergian hyödyntäminen erilaisissa teollisuuskohteissa muussa käytössä kuin vain tilojen ilman lämmittämiseen tai jäähdyttämiseen?
 - Löytyikö/löytyykö kaikkiin suurten järjestelmien asennuksiin liittyviin toimintoihin osaamista (esim. energiakentän mitoitus)?
 - Lämpöässä suurten kohteiden asennukset kasvaneet selvästi vuodesta 2006 alkaen (huippuvuoden ollessa 2011), mikä on tämän taustalla? Markkinoiden kiinnostuksen kasvu, yrityksen lisääntyneet tuotanto- ja myyntiponnistelut vai jotkin tuet ym. ympäristötekijät?
 - Miksi suurissa kohteissa geoenergian hyödyntäminen on vielä melko vähäistä?
-

Tulevaisuus (vuoteen 2030 tullessa)

Yleinen kehitys kiinteistöjen lämmitysmarkkinoilla

- Kiinteistöjen lämmittämisen kehitystrendit, mitä muutoksia kiinteistöjen lämmittämisen alalla on nähtävissä tulevaisuudessa?
- Miten uskot eri lämmitysmuotojen (ja geoenergian näiden joukossa) hyödyntämisen osuuksien muuttuvan?
- Millaisissa kohteissa geoenergialla parhaat mahdollisuudet kasvattaa osuuttaan tulevaisuudessa? (teollisuus/toimisto/asuminen, saneerauskohteet/uudiskohteet)
- Mitkä tekijät vaikuttavat siihen millaiseksi tulevaisuus kiinteistöjen lämmittämisen kohdalla muotoutuu (ja mitkä ratkaisut menestyvät)?
- Geoenergian käyttöä tulevaisuudessa edistäviä tekijöitä?
- Geoenergian käyttöä tulevaisuudessa haittaavia tekijöitä?
- Uudet tavat hyödyntää geoenergiaa (yhdessä muiden energialähteiden kanssa)?
- Ruotsissa maalämpöjärjestelmien suosio on tasaantunut viime vuosina. Mikä on tilanne Suomessa? Onko markkinoiden saturoitumista nähtävissä?

LIITE 3: SISÄLLÖNANALYYSIN DEDUKTIIVISET LUOKITTELUKATEGORIAT

Luokittelurungon ensimmäinen, hyödynnetystä teoreettisesta kirjallisuudesta johdettu, versio käsitti seuraavat kategoriat:

Landscape

- kv. yhteistyö ilmasto- ja energiapolitiikassa
- ilmasto- ja energiakeskustelu
- energiamarkkinat
- energiapolitiikka

Regiimi

- kiinteistöjen lämmitysratkaisujen markkinat
- rakennus- ja energiateollisuus
- ilmasto- ja energia-arvot
- energiapolitiikan ohjauskeinot
- tutkimus ja koulutus
- teknologiat
- kulttuuri

Niche

- alaan liittyvä oppiminen ja koulutustoiminta
- geoenergia-alan ongelmat
- geoenergiaan liittyvät kokeilut
- geoenergian hyödyntämiskohteet
- geoenergiasta tietäminen
- markkinoiden rakentuminen
- geoenergia-alan toimijoiden verkostot

Koodaaminen tapahtui luokitellen aineisto eri aikatasoille. Kaikilla aikatasoilla koodaus aloitettiin hyödyntäen yllä olevaa koodausrunkoa.

LIITE 4: SISÄLLÖNANALYYSISSÄ HYÖDYNNETYT KIRJALLISET HISTORIA- JA AJANKOHTAISAINEISTOT

Sisällönanalyyssissä hyödynnetty ajankohtaisaineisto. Ammattilehtien artikkelien haku tehty ulottuen vuoteen 2011 asti, uutiset ja ajankohtaislähteet vuoteen 2015. Artikkelien 1-46 sisältö on kirjattu muistioihin ja muistioiden sisältöä hyödynnetty sisällönanalyyssiä tehtäessä. Artikkelin edellä on tekstissä kustakin lähteestä käytetty tunniste. Artikkelit listattu julkaisuajankohdan mukaisessa järjestyksessä.

A1 Karjalainen, Urpo (1959) Talo ilman savupiippua. Uusi kuvalehti 10(1959), s. 26–27

A2 Wiik, J. (1978). "Lämpöpumppu lievittää energiapulaa." Teollisuustekniikka. 50(3): 59–61

A3 Avomaa, Pentti (1979) Maalämpölaitteiden markkinat aukeavat. Talouselämä 42(1979): 18, s. 16–17,19-20

A4 Hämäläinen, R. (1979). "Maalämpö, ilmainen renki." Tekniikan maailma. 35(16): 85–87

A5 Wikstén, Ralf (1979) Pientalon lämmitys lämpöpumpulla. Rakennustaito: rakentajain aikakauslehti 74(1979): 8, s. 10,18–19

A6 Aittomäki, Antero & Wikstén, Ralf (1979) Lämpöpumpun lämmönlähteet LVI: lämpö-, vesi- ja ilmastointitekniinen aikakauslehti 31(1979): 5, s. 54–58, 72

A7 Alijoki, Tapio & Aittomäki, Antero (1980) Säteilyn kerääjä maalämpöpumpussa LVI: lämpö-, vesi- ja ilmastointitekniinen aikakauslehti 32(1980): 3, s. 156–157,159-160

A8 Aittomäki, Antero (1980) Lämpöpumppujen hyväksikäyttö. TTA: tutkimus ja tekniikka 1980: 2-3, s. 23–27

A9 Koivisto, Heikki (1980) Lämpöpumpun käyttö ja käyttötavat rakennusten lämpöhuollossa. LVI: lämpö-, vesi- ja ilmastointitekniinen aikakauslehti 32(1980) : 8, s. 68-72

A10 Junni, Kalevi (1980) Lämpöpumppu - taloudellisin lämmitysratkaisu Kotitalous 44(1980): 3, s. 102–104

A11 Suominen, Pekka (1980) Lämpöä maaperästä. Suomen luonto 39(1980): 6-7, s. 322–324

A12 Lundin, S.-E. (1980). "Maaperä lämpövarasto ja lämmönlähde." Suomen kunnallislehti 12 (1980): 26

- A13 Kiiskinen, K. (1981). "Millä ehdoilla maalämpö?" Tekniikan maailma. 37(17): 126–127.
- A14 Kalenius, Veli (1981) Pientalojen lämpöpumput. Rakennustaito: rakentajain aikakauslehti 76(1981): 16, s. 46–49,52,54
- A15 Eriksson, Kenneth (1981) Lämpöpumpputalo "Saituri" Laihialla. LVI: lämpö-, vesi- ja ilmastointitekniinen aikakauslehti 33(1981): 9, s. 22–23
- A16 Wiksten, Ralf (1981) Pientalolämpöpumppujen tutkimuksesta Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa. Rakennustaito: rakentajain aikakauslehti 76(1981): 16, s. 6-7,27
- A17 Ylhäisi, Mikko (1981) Lämpöä järvestä - rakennushallituksen lämpöpumppukokeilu. LVI: lämpö-, vesi- ja ilmastointitekniinen aikakauslehti 33(1981): 10
- A18 Vihervaara, Jukka & Roivainen, Ulla (1982) Monipuolinen lämpöpumppu. Vaihtoehto ydinvoimalle 1982: 1, s. 28–29
- A19 Lämpöä maasta, vedestä ja ilmasta (1982) Meidän talo: pienrakentajan arkkitehti ja rakennusmestari 23(1982): 12, s. 58–62
- A20 Kervinen, Seppo (1983) Maan lämpö, maamiehen ystävä. Pellervo 1983: 4, s. 18–21
- A21 Kiiskinen, Kyösti (1984) Pienlämpöpumput odottavat uutta tulemistä. Insinööriutiset: tekniikan sanomalehti 1984: 31, s. 27
- A22 Pöntynen, Tuomo (1984) Näinkin voit lämmittää: kuiva maa ja syvä vesi lämmön lähteinä. Meidän talo: pienrakentajan arkkitehti ja rakennusmestari 25(1984): 4, s. 196–198, 202–203
- A23 Kiiskinen, K. (1986). "Jäädyyttikö routa maalämmön." Pellervo (7): 20-22
- A24 Aaltonen, Jarmo (1986) Nyt on virinnyt maausko uus. Meidän talo: pienrakentajan arkkitehti ja rakennusmestari 27(1986): 3, s. 54–57
- A25 Käyhkö, Tuija (1986) Seuraako Suomi perässä?: Lämpöpumpuilla Ruotsissa ennätysosuus. Insinööriutiset: tekniikan sanomalehti 1986: 13, s. 12
- A26 Risku-Norja, Helmi (1987) Bergvärme - ett framtida energialternativ. Finlands natur 45(1987) : 4, s. 4-7
- A27 Silvennoinen, Tapio (1987) Energiaa säästävä koulu. Suomen kunnallislehti. 71(1987): 14, s. 87
- A28 Laine, P. J. (1989). "Minne katosi lämpöpumppu? 70-luvun suosikin tutkimuskin jäissä." Tekniikka & Talous. 29(28): 22
- A29 Jussila, R. (1993). "Maasta leipä ja lämpö." Pellervo. (7): 18–20.
- A30 Kauppinen, K. (1993). "Maalämpö on talon lämmitysvaihtoehto." Talomestari. (2): 36–37
- A31 Pervonsuo, A. (1994). "IEA5-tutkimusprojektissästäliäs talo." Tekniikan maailma. 50(12): 48–51

- A32 Ahola, J. (1994). "Maalämpö voittaa alaa, lämpö taloon omalta tontilta putkiston ja pumppun avulla." *Talomestari*. (1): 31
- A33 Palomäki, Pekka (1994) Omakotitalo voimalaitoksena. *Meidän talo & koti* 35(1994): 6, s. 34–38
- A34 Maalämpöpumppu on ajan hermolla. *Talotekniikka: LVI, VVS* 3 (1995): 1, s. 22–23
- A35 Jalonen, Pertti (1995) Talon lämpö marjapensaiden alta. *Koneviesti: puolueeton tekninen ammattilehti* 43 (1995): 11, s. 8-9
- A36 Lämpöpumppukilpailun voittaneilla tuotteilla hyvä suorituskyky ja matala hinta. *Talotekniikka: LVI, VVS* 3 (1995): 7, s. 60
- A37 Kaksi Ruotsin ydinreaktoria voidaan korvata lämpöpumpuilla. *Talotekniikka: LVI, VVS* 3 (1995): 7, s. 36
- A38 Energiaa säästävät talot tulevat; Tutkimuksesta markkinoille kuitenkin vielä pitkä matka. *Uusi luonto*. (2): 22–23. (1996)
- A39 Suomesta tehokas maalämpöpumppu pientalojen lämmitykseen. *Projekti uutiset: rakennusalan ammattilehti* 10 (1997): 1, s. 118
- A40 Kinnunen, Lauri (1998) Prototyypit toimivat hyvin: Lämpöpumput testattu käyttöolosuhteissa. *Energia: energia-alan aikakauslehti* 1998: 1, s. 58
- A41 Aittomäki, Antero (2000) Nykyiset lämpöpumput toimivat hyvin: maalämpöpumppu säästää energiaa jopa 2/3 pientalon lämmityksessä. *Anturi: Tamperelainen tiedeyhteisölehti* 2000: 1, s. 5
- A42 Viitanen, Matti (2000) Maalämpö. *Suomen Omakotilehti* 1/2000
- A43 Hirvonen, Jussi (2001) Lämpöpumppujen myynti tuplautuu vuosittain. *Projekti uutiset* 2/2001, 20–21
- A44 Koivisto, Hannu (2001) Maalämpö jäädyttää ja lämmittää halvalla Laitisen sikalaa. *Koneviesti* 1/2001, 44
- A45 Maalämpöbuumi Suomessa. *Voima ja käyttö* 9/2001, 29
- A46 Hammarström, Katja (2002) Fakta och myter om värmepumpar. *Finlands Natur* 2/2002, 8-9
- A47 Andersson, Olli (2003) Lämpöpumppuihin kannattaa nyt investoida. *Rakennettu ympäristö* 4/2003, 66–69
- A48 Yle (2004) Miksi maalämpö ei yleisty Suomessa? Yle verkkosivut 25.3.2004
<http://yle.fi/aihe/artikkeli/2004/03/25/miksi-maalampo-ei-yleisty-suomessa>
- A49 Vuori, Elina (2004) Maasta lämpö tomaateille. *Puutarha & kauppa* 47/2004, 4-5

- A50 Tertsunen, Sirpa (2005) Lämpöä maasta, vedestä ja ilmasta. Käytännön maamies 3/2005, 62-64
- A51 Krögerström, Lars (2005) Explosiv marknad för värmepumpar. Energivärlden 3/2005, 6-9
- A52 Krögerström, Lars (2005) Marknaden dräller av osaklig reklam. Energivärlden 3/2005, 10
- A53 Kujala, Helena (2005) Maalämpö pitää porarin kiireisenä. Rakennuslehti 39(2005):27, 13
- A54 Pöysä, Jorma (2007) Rakennusten energiasuunnittelijoista kova pula. Kauppalehti 29.5.2007, s.10
- A55 Rissanen, Hanna (2008) Rivitalo siirtyi öljystä maalämpöön. Kiinteistöposti 6/2008
- A56 Hellsten, Johanna (2008). Maalämpö tuli teollisuushalliin. Rakennuslehti 42(2008):10, 18–19
- A57 Tompuri, Vesa (2008) Maalämpö vanhasta porakaivosta pienentää asennuskustannuksia. Rakennuslehti 42(2008): 25, 20
- A58 Hellsten, Johanna (2008) Maalämpö yleistyy isoissa kiinteistöissä. Rakennuslehti 42(2008):30, 7
- A59 Yle (2009) Nupurinkartanoon kalliolämpölaite. Yle Uutisten verkkosivut 26.1.2009 http://yle.fi/uutiset/alueelliset_uutiset/paakaupunkiseutu/2009/01/nupurinkartanoon_kalliolaite/503968.html
- A60 Lukkari, Esko (2009) Maalämpö syrjäyttää sähkön lämmitystapana. Kauppalehti 24.01.2009
- A61 Puustinen, Terho (2009) Pannuhuoneessani kävi täysi tunari. Energia 8.4.2009 <http://www.tekniikkatalous.fi/arkisto/2009-04-08/Pannuhuoneessani-k%C3%A4v%C3%A4t%C3%A4ysi-tunari-3270942.html>
- A62 Puustinen, Terho (2009) Isän, pojan ja maalämmön nimeen. Energia 8.6.2009 <http://www.tekniikkatalous.fi/arkisto/2010-06-08/Is%C3%A4n-pojan-ja-maal%C3%A4mm%C3%B6n-nimeen-3291892.html>
- A63 Törmänen, Eeva (2009) Fortum tekee kalliolämmöstä monopolin. Tekniikka & Talous <http://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/energia/2009-02-04/Fortum-tekee-kalliol%C3%A4mm%C3%B6st%C3%A4-monopolin-3265889.html>
- A64 Majaniemi, Risto (2009) Yrityspuisto lämpiää järven pohjasta. Tekniikka & Talous <http://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/energia/2009-04-23/Yrityspuisto-l%C3%A4mpi%C3%A4%C3%A4-j%C3%A4rven-pohjasta-3271612.html>
- A65 Harala, Samuli (2009) Mikset lämmittäisi kesämökkiä maalämmöllä? Tekniikka & Talous <http://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/rakennus/2009-07-03/Mikset-l%C3%A4mmitt%C3%A4isi-kes%C3%A4m%C3%B6kki%C3%A4-maal%C3%A4mm%C3%B6ll%C3%A4-3275811.html>

- A66 Kauppalehti (2009) SOK:n logistiikkakeskukseen Suomen suurin uusiutuva energiaa käyttävä hybridilaitos. SOK Tiedote 27.8.2009
<http://www.kauppalehti.fi/5/i/yritykset/lehdisto/hellink/tiedote.jsp?selected=kaikki&oid=20090801/12513607173630&industry=&=>
- A67 Nurmi, Arto (2009) Maalämpö tulee vauhdilla myös suuriin rakennuksiin. Yle Uutisten verkkosivut 19.11.2009
http://yle.fi/uutiset/teksti/tiede_ ja_tekniikka/2009/11/maalampo_tulee_vauhdilla_myos_suuriin_rakennuksiin_1171086.html
- A68 Mustonen, Esa (2009) Suuret hallit lämpimiksi maalämpöpumpuilla. Käytännön maamies 14/2009, 46–48
- A69 Kauppalehti (2010) Kallis kaukolämpö kyllästytti - Kerrostalo vaihtoi maalämpöön. Kauppalehti 1.12.2009
- A70 Hänninen, Kari (2010) Maalämpömiest: Naurattaa kun katselen lämpölaskua. Kauppalehti 4.2.2010
- A71 Heiska, Kalle (2010) Rivitalot siirtyvät öljyä edullisempaan maalämpöön Tampereella. Bioenergia 1/2010, 16
- A72 Saastamoinen, Jukka (2010) Kiire tulee. Kauppalehti Optio 15/2010, 54–55
- A73 Huhtiniemi, Kaisa (2010) Halpalaitteet pilaavat lämpöpumpun mainetta. Tekniikka & Talous <http://www.tekniikkatalous.fi/energia/article399384.ece>
- A74 Mauno, Aili (2010) Lämpöpumput leviävät länsinaapurissakin. Kauppalehti 29.4. 2010
- A75 Yle (2010) Nollaenergiatalot tekevät tuloaan Suomeen. Yle Uutisten verkkosivut 25.5.2010
http://yle.fi/uutiset/kotimaa/2010/05/nollaenergiatalot_tekevat_tuloaan_suomeen_1707421.html
- A76 Kauppalehti (2010) Ministeriö jyrähtää: Kaupunki ei voi kieltää maalämpöä. 20.8.2010.
<http://www.kauppalehti.fi/uutiset/ministerio-jyrahtaa-kaupunki-ei-voi-kieltaa-maalampoa/BWaXmpMS>
- A77 Kosk, Mikael (2010) Fjärrvärme har svårt att konkurrera, Jordvärmens är en ren energiform som bör byggas ut. HBL 27.8
- A78 Kiinteistölehti (2010) Suurten kiinteistöjen lämpöpumput yleistyvät vauhdilla. Kiinteistölehti 4/2010
- A79 Pihlava, Minna (2011) Rakennusyhtiöt tarttuvat maalämpöön. Talouselämä 26.1.2011
<http://www.talouselama.fi/uutiset/rakennusyhtiot-tarttuvat-maalampoon-3382433>
- A80 Yle (2011) Maalämpöä suuriinkin rakennuksiin. Yle Uutisten verkkosivut 17.2.2011.
http://yle.fi/alueet/keski-suomi/2011/02/maalampoa_suuriinkin_rakennuksiin_2369543.html
- A81 Rakennuslehti (2011) VTT: Vähäinen kysyntä ja puutteelliset suunnittelumenetelmät estävät kestävästä rakentamista. Rakennuslehti 10.5.2011 <http://www.rakennuslehti.fi/2011/05/vtt-vahainen-kysynta-ja-puutteelliset-suunnittelumenetelmat-estavat-kestavaa-rakentamista/>

- A82 Seppälä, Jarmo (2011) Yle: Nunnaluostarikin siirtyy maalämpöön. Tekniikka & Talous 18.5.2011 <http://www.tekniikkatalous.fi/energia/article628325.ece>
- A83 Esa, Miia (2011) Nyt yskii lämpöpumpuväki: "Meillä menee huonosti". Taloussanomat 25.9.2011 <http://www.iltasanomat.fi/taloussanomat/art-2000001889316.html>
- A84 Lukkari, Esko (2011) Kaukolämpö ja maalämpö kilpailevat nyt kerrostaloista. Kauppalehti 29.11.2011
- A85 Yle (2012). Forssalainen kauppakeskus säästää ottamalla pakasteista lämpöä. Yle Uutisten verkkosivut 9.1.2012
http://yle.fi/alueet/home/2012/01/forssalainen_kauppakeskus_saastaa_ottamalla_pakasteista_lampoa_3159051.html
- A86 Yle (2012) Maalämpö hyödyksi kaupparakentamisessa. Yle Uutisten verkkosivut 14.2.2012
http://yle.fi/alueet/savo/2012/02/maalampo_hyodyksi_kaupparakentamisessa_3256769.html
- A87 Yle (2012) Moni talo saa lämpönsä maasta. Yle Uutisten verkkosivut 14.8.2012
http://yle.fi/uutiset/moni_talo_saa_lamponsa_maasta/6255922
- A88 Talouselämä (2012) "Suora sähkölämmitys on ainoa järkevä vaihtoehto" 4.9.2012
<http://www.talouselama.fi/uutiset/suora+sahkolammitys+on+ainoa+jarkeva+vaihtoehto/a2142041>
- A89 Yle (2012) Maalämpö teki taloyhtiöstä viranomaisten heittopussin. Yle Uutisten verkkosivut 11.10.2012
http://yle.fi/uutiset/maalampo_teki_taloyhtiosta_viranomaisten_heittopussin/6330831
- A90 Yle (2013) Oulussa syynättiin koko kaupungin maalämpövarat. Yle Uutisten verkkosivut 9.7.2013 <http://yle.fi/uutiset/3-6720707>
- A91 Talouselämä (2013) Kova väite: lämpöpumput vähentävät päästöjä enemmän kuin tuuli-voima – ja ilman tukiaisia! Talouselämä 6.9.2013
<http://www.talouselama.fi/uutiset/kova+vaite+lampopumput+vahentavat+paastoja+enemman+kuin+tuulivoima++ja+ilman+tukiaisia/a2202623>
- A92 Yle (2013) Maalämpö on siisti juttu, mutta ei sovi kaikkialle. Yle Uutisten verkkosivut 10.12.2013 http://yle.fi/uutiset/maalampo_on_siisti_juttu_mutta_ei_sovi_kaikkialle/6976492
- A93 Luotola, Janne (2014) Vaihteet lämpiävät maalämmön avulla – junien myöhästymiset historiaan? Tekniikka & Talous 10.3.2014
<http://www.tekniikkatalous.fi/energia/vaihteet+lampiaivat+maalammon+avulla+ndash+junien+myohastymiset+historiaan/a973126>
- A94 Yle (2014) Espoossa aletaan nostaa kaukolämpöä maasta – 120 asteista vettä kilometrien syvyydestä. Yle Uutisten verkkosivut 28.11.2014
http://yle.fi/uutiset/espoossa_aletaan_nostaa_kaukolampoa_maasta_120_asteista_vetta_kilometrien_syvyydesta/7657222
- A95 Taloussanomat (2015) SS: Lämpöpumppuongelma paisuu – "ihmisestä tulee raivohullu" Taloussanomat 27.3.2015 <http://www.iltasanomat.fi/taloussanomat/art-2000001869912.html>

A96 Ikkala, Tapio (2015) Tutkimus: Lämpöpumput selvästi edullisempia kuin kaukolämpö. Tekniikka & Talous 26.5.2015

A97 Muukkonen, Henrik (2015) Outo ilmiö aurinkokeräinmarkkinoilla
<http://www.talouselama.fi/uutiset/ou-to-ilmio-aurinkokerainmarkkinoilla-3418376>

A98 Yle (2015) Tutkija uskoo: Maalämpö syrjäyttää kaukolämmön kotien lämmittäjänä. Yle Uutisten verkkosivut 15.7.2015
http://yle.fi/uutiset/tutkija_uskoo_maalampo_syrjayttaa_kaukolammon_kotien_lammittajana/8122956

Sisällönanalysissä hyödynnetyt Helsingin Sanomien artikkelit. Artikkelin edellä on tekstissä kustakin lähteestä käytetty tunniste. Artikkelit on listattu julkaisuajankohdan mukaisessa järjestyksessä.

HS1 Mannila, Johanna (1992) Messutalo lajittelee jätteet Mäntsälän taloissa lämpökompostori ja neljä jätesankoa "Tämä on vasta alku kestävän kehityksen asuinalueeksi". HS 18.6.1992

HS2 Välimäki, Pauli (1997) Etsin lämpöä yötunteina. HS 7.5.1997

HS3 Tuomisto, Jouko (1998) Investointi ilmastoon aktivoi taloutta. HS 9.5.1998

HS4 Mainio, Tapio (1998) Aurinkokeräimiä tai maalämpöä kannattaa jo harkita omakoteihin. HS 12.5.1998

HS5 Mainio, Tapio (1998) Vasta 10000 suomalaista taloutta hankkii energiaa lämpöpumpulla. HS 9.6.1998

HS6 Parkkonen, Mika (2000) "Ilmainen" maalämpö kiehtoo omakotitalojen rakentajia. HS 9.9.2000

HS7 Yli-Kovero, Kristiina (2000) Sähkölämmitys säästää tuhansia. HS 21.11.2000

HS8 Patrikka, Jouko (2001) Maalämmön käyttö saisi olla yleisempää. HS 22.1.2001

HS9 Merivaara, Reijo (2001) Maalämpö ei ole kovin vihreää. HS 6.2.2001

HS10 Virtala, Pertti (2001) Kokemukseni maalämmön käytöstä pääosin myönteisiä. HS 12.2.2001

HS11 Andersson, Janina (2001) Maalämpöhankkeita pitäisi tukea paljon enemmän. HS 31.3.2001

HS12 Lassila, Anni (2003) Omakotitalon lämmitystapa on maku- ja arvovalinta. HS 11.2.2003

HS13 Talli, Riikka (2003) Rakentajan kannattaa jättää pelivaraa. HS 27.7.2003

HS14 Korhonen, Marja-Leena (2003) Maalämpö on selvä parannus. HS 19.9.2003

HS15 Kivistö, Jari (2003) Maalämpö ei paranna tilannetta pakkasilla. HS 21.9.2003

- HS16 Lankinen, Antti (2003) Maalämpö säästää sähköä. HS 30.9.2003
- HS17 Korhonen, Marja-Leena (2003) Maalämpö riittää lämmönlähteeksi. HS 2.10.2003
- HS18 Lassila, Anni (2003) Pientalon piippu on paha päästäjä. HS 12.11.2003
- HS19 Salmela, Merja (2004) Omalla työllä syntyi säästöä. HS 16.7.2004
- HS20 Teiskonen, Johanna & Kempe, Matts (2005) Pellettilämmitys on kotimainen vaihtoehto. HS 22.3.2005
- HS21 Niiranan, Seppo K. (2005) Pitäisikö ottaa käyttöön pakkasvero? HS 25.7.2005
- HS22 Posti, Seppo (2005) Maalämpö ei ratkaise pakkasongelmaa. HS 27.7.2005
- HS23 Ylönen, Pekko (2005) Yhä useampi koti lämpiää lämpöpumpuilla. HS 4.9.2005
- HS24 Koponen, Kalle (2006) Fortum korotti Tukholmassa tylysti hintoja kun kaukolämmön markkinat vapautuivat. HS 20.1.2006
- HS25 Mainio, Tapio (2006) Jos rakentaisin nyt, valitsisin toisin. HS 7.5.2006
- HS26 Astikainen, Arto (2006) Bioenergiaa lisää, ydinvoimakin kelpaa. HS 7.6.2006
- HS27 Raivio, Jyri (2007) Kuinka päästä eroon hiilen ylivallasta? HS 8.1.2007
- HS28 Pyykkönen, Anna-Leena (2007) Maalämpö käy nyt kaupaksi. HS 18.3.2007
- HS29 Vainio, Riitta (2007) Innovatiivisia energiaratkaisuja. HS 26.3.2007
- HS30 Rautava, Risto & Luukkanen, Hannele (2007) Omakotitalot kuuluvat myös Helsinkiin. HS 14.9.2007
- HS31 Ojansivu, Merja (2007) Ekoautoilu, maalämpö ja energiatehokkuus jylläävät Ruotsissa. HS 2.10.2007
- HS32 Arola, Heikki (2007) Vanhanen syyllistää kotitalouksia aiheetta. HS 11.10.2007
- HS33 Järvinen, Heli (2007) Ekologista lämmitystä tuettava lainoilla. HS 28.10.2007
- HS34 Vanhanen, Matti (2008) Terveisiä Helsingin kaupungin ilmastopäättäjille. HS 9.1.2008
- HS35 Huotari, Päivi (2008) Lapsiperhe taloa rakentamassa. HS 21.5.2008
- HS36 Mainio, Tapani (2008) Maalämpöä monenlaisilla pumpuilla. HS 29.6.2008
- HS37 Pirilä-Mänttari, Annakaisa (2009) Maalämpöä 147 metrin syvyydestä. HS 8.2.2009
- HS38 Pirilä-Mänttari, Annakaisa (2009) Rintamamiestalo lämpenee vaivatta puupelleteillä. HS 15.2.2009
- HS39 Passi, Minna (2009) Yrittäjäperheen luomuinto ei ole vähentynyt. HS 14.3.2009

- HS40 Ojansivu, Merja (2009) Aaltoluodon perhe etsii taloonsa energiapihiä lämmitystapaa. HS 23.8.2009
- HS41 Huhta, Matti (2009) Helsinki teettää matalaenergia- vuokrataloja Viikinmäkeen. HS 29.11.2009
- HS42 Mainio, Tapio (2009) Maalämpö ja energiansäästö yleistyvät myös marketeissa. HS 6.12.2009
- HS43 Mainio, Tapio (2009) Poriin Suomen ensimmäinen hiilidioksiditon kauppakeskus. HS 22.12.2009
- HS44 Mainio, Tapani (2010) Taloyhtiöt jättivät kaukolämmön. HS 25.1.2010
- HS45 Mainio, Tapani (2010) Kerrostalon patteritkin toimivat maalämmöllä. HS 25.1.2010
- HS46 Salmela, Marja & Valtavaara, Marjo (2010) Porkkana pellettiin siirtyjille. HS 21.8.2010
- HS47 Huhtanen, Jarmo (2010) Maalämmön käyttöön kieltoja. HS 25.8.2010
- HS48 Huhtanen, Jarmo (2010) Nollaenergiatalot saivat jyrkän vastustajan Helsingin Energiasta. HS 27.8.2010
- HS49 Huhtanen, Jarmo (2010) Kun kaukolämmöstä tuli ongelma. HS 31.8.2010
- HS50 Arola, Heikki (2010) Kaukolämpö kestää maapumpun uhan. HS 13.9.2010
- HS51 Huhtanen, Jarko (2010) Siemens myi Perkaan maansa rakennuttajille. HS 12.10.2010
- HS52 Masalin, Satumia (2011) Järjestelmää voi täydentää. HS 26.3.2011
- HS53 Salmela, Marja (2011) Uudenlaisten luomutalojen ilmastointi toimii ilman koneita. HS 17.6.2011
- HS54 Berner, Anna-Sofia (2011) Töölöläistalo siirtyy maalämpöön ensimmäisenä kantakaupungissa. HS 23.12.2011
- HS55 Arola, Heikki (2011) Maalämpö ylitti odotukset kerrostalossa. HS 23.11.2011
- HS56 Arola, Heikki & Palovaara, Jorma (2012) Lämmitys syö sähköä asumisessa. HS 27.2.2013
- HS57 Saavalainen, Heli (2013) Päästöt vähenivät etuajassa. HS 23.4.2013
- HS58 Mainio, Tapio (2014) Lämpöpumpun jyrinä ei jätä rauhaan. HS 6.4.2014
- HS59 Mäkelä, Harri (2014) Vanhoissa taloissa riittää urakkaa. HS 6.4.2014
- HS60 Mäkelä, Harri (2014) Sähkö vaihtui rintamamiestalossa maalämpöön. HS 7.4.2014
- HS61 Mainio, Tapani (2014) Tuhannet vaihtoivat maalämpöön. HS 26.5.2014
- HS62 Pohjanpalo, Olli (2014) Vihreät korvasivat ydinsähkön uusiutuvilla. HS 7.10.2014

HS63 Mainio, Tapani (2014) Lämpö talteen asfaltista. HS 3.11.2014

HS64 von Konow, Milla (2014) Maalämpö syrjäytti öljyn. HS 26.11.2014

HS65 HS (2014) Tänä vuonna 12 000 taloutta on siirtynyt maalämpöön. HS 26.11.2014

LIITE 5: DELFOIN TOISEN KIERROKSEN KYSELYLOMAKE

Geoenergian tulevaisuus 2030

Arvoisa kiinteistöjen energia-asioiden asiantuntija,

tervetuloa vastaamaan kallioperästä, maaperästä ja vesistöistä saatavan energian (l. geoenergian) tulevaisuutta käsittelevään kyselyyn.

Kysely liittyy geoenergian hyödyntämisen historiaa ja tulevaisuutta Suomessa käsittelevään väitöskirjatutkimukseen. Kyselyssä on kaksi sivua. Ensimmäisellä sivulla tiedustellaan näkemyksiä koskien kolmea tutkimuksen aiempaan tiedonkeruuseen pohjaavaa kiinteistöjen lämmittämisen mahdollista kehityskulkua (skenaariota). Vuoteen 2030 ulottuvien skenaarioiden tarkastelutasona on kiinteistöjen lämmitysmarkkinat yleisesti.

Kyselyn toisella sivulla keskitytään geoenergian hyödyntämisen tulevaisuuteen erilaisissa kiinteistötyypeissä. Toiselle sivulle pääset painamalla "Seuraava" -nappia ensimmäisen sivun alalaidassa.

Kyselyn tulokset käsitellään anonyymisti siten, että tulosten raportoinnista ei käy ilmi kuka vastasi mitään.

Osa 1 - skenaariot

Skenaariot on rakennettu huomioimalla monipuolinen joukko kiinteistöjen lämmittämisen tulevaisuuteen vaikuttavia tekijöitä. Lomakkeella näkyy taulukkomuotoinen yksinkertaistus skenaarioiden elementeistä.

Voit halutessasi lukea pidemmät skenaariokuvaukset kunkin taulukon alapuolella olevan linkin kautta, mutta tämä ei ole välttämätöntä kysymysten ymmärtämiseksi.

Skenaario A: Kilpailukykyisesti kaukolämmöllä

Tämän skenaarion ytimenä on kaukolämmön säilyminen Suomen suositumpana rakennusten lämmitysmuotona. Suosiota selittävät kaukolämpöyritysten kyky ottaa käyttöön uusia lämmönlähteitä, pitkien asiakassuhteiden myötä kehittynyt asiakaskäyttötymisen tuntemus ja asiakkaiden luottamus sekä yhdistetyn sähkön ja lämmöntuotannon tarvittaessa saamat tuet. Geoenergian hyödyntäminen painottuu tässä skenaariossa kaukolämpöverkkojen ulkopuolella sijaitseviin suuriin rakennuksiin.

Skenaario A: Kilpailukykyisesti kaukolämmöllä	
Politiikka	Energiapolitiikka vakaata ja ennustettavaa, yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon (CHP) kilpailukyky taataan energiantuotannon biopolttoaineiden vero- ja tukiratkaisuilla Rakennusten energiatehokkuusvaatimukset kiristyneet ennakoitusti
Infrastruktuuri	Kaupunkialueilla perinteinen kaukolämpöverkko vahvoilla, rakennettu ja verkostoja ylläpidetään ja kasvavilla kaupunkiseuduilla laajennetaan
Keskeiset teknologiat	CHP Suuren ja ennustettavien hukkalämmön lähteiden hyödyntäminen Erialaisten kaukolämmön ja kaukokylmän tuotantoon sopivien lämpöpumpujen hyödyntäminen
Täydentävät teknologiat	Geoterminen energia
Keskeiset toimijat	Suuret energiayhtiöt ja perinteiset kaukolämpötoimijat
Täydentäviä toimijoita	Pienet kaukolämmön kanssa hyvin yhteensopivia teknologioita ja palveluja kehittävät toimijat
Pääasiallinen liiketoimintamalli	Pääosin perinteinen, energian tuottaja- ja kuluttajatahot valtaosin erillisiä Aiempaa monipuolisempi, joustotuotteita otettu käyttöön lämmön myynnissä suurilla asiakkaila
Kiinteistöjen lämmitysmarkkinoiden muutoksen prosessi	Nykyinen toimintarakente pysyy oleellisilta osiltaan vakaana, kaukolämpötoimijat omaksuvat omaan toimintaansa sopivia perinteistä voimalaitostuotantoa täydentäviä energiantuotantomuotoja Osin perinteisten toimijoiden kilpailuaseman säilymistä selittävät CHP-tuotannon tuet
Muutokselle leimalliset oppimisprosessit	Uusien, uusiutuvia energiamuotoja hyödyntävien teknologioiden lisääminen olemassa olevaan tuotantopalettiin Energian kysynnän joustoja hyödyntävien energiatuotteiden kehittäminen ja käyttöönotto Markkinointi: kuluttajien valistaminen CHP-tuotannon hyvistä puolista
Geoenergian hyödyntäminen suurissa kiinteistöissä	Lähinnä kaukolämpöverkkojen ulkopuolella, näillä alueilla geoenergia on tärkein hyödynnettävä ensisijainen lämmönlähde Kohteet, jotka hyödyntävät matalalämpöistä lämpöä
Geoenergian hyödyntäminen pienissä kiinteistöissä	Vähäistä, muut lämpöpumpputyypit ja muita uusiutuvia energiamuotoja hyödyntävät energiaratkaisut dominoivat

Oheisen linkin kautta pääset tutustumaan tarkempaan skenaariokuvaan (pdf-tiedosto). <http://www.utu.fi/fi/vksikot/ffrc/Documents/Skenaario-A.pdf>

1. Miten todennäköisenä pidät esitettyä skenaariota A?

ei lainkaan todennäköinen

ei kovinkaan todennäköinen

en osaa sanoa

melko todennäköinen

erittäin todennäköinen

2. Mikä skenaariossa on uskottavaa? (mainitse max. 3 asiaa)

3. Mikä skenaariossa on epäuskottavaa? (mainitse max. 3 asiaa)

4. Arvioi skenaariossa esitettyjen elementtien todennäköisyyttä ajanjaksolla nykypäivästä vuoteen 2030 (yleisesti, ei vain tämän skenaarion näkökulmasta)

Asteikko: 1= ei lainkaan todennäköinen, 2=ei kovinkaan todennäköinen, 3=en osaa sanoa, 4=melko todennäköinen, 5=erittäin todennäköinen

	1	2	3	4	5
Politiikka: energiapolitiikka on vakaata ja ennustettavaa	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
Politiikka: bioenergialla tuotettavaa sähköä ja lämmön yhteistuotantoa (CHP) tuetaan tarvittaessa	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
Energiamarkkinat: nykyiset kaukolämpötoimijat ovat keskeisiä toimijoita, kaukolämmön asema säilynyt vahvana	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
Uudet teknologiat/lämmönlähteet: toimijoiden kanssa, joilla on paljon hukkalämpöä tarjolla käydään kaksisuuntaista lämpökauppaa	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
Uudet teknologiat/lämmönlähteet: geotermistä energiaa (yli 5km syvyydestä) hyödynnetään kasvavasti	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
Uudet tuotteet/innovaatiot/osaaminen: lämpöverkon kulutuspisteiden käyttötietoon perustuva lämpöverkon hallintaosaaminen on parantunut ja mahdollistanut erilaisten lämpötuotteiden kehittelyn sekä tarjoamisen	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
Uudet tuotteet/innovaatiot/osaaminen: joustavat lämmön toimitussopimukset (asiakkaalle taataan olosuhteet tietyssä vaihteluvälissä tai vakaat olosuhteet tiettyinä aikoina) ovat käytössä	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn

Skenaario B: Uusiutuvia paikallisesti

Tässä skenaariossa kaukolämpöyhtiöt kamppailevat nousevien kustannusten ja laskevien tuottojen kanssa. Uudet kiinteistö- ja aluekohtaisia lämmöntuotantoratkaisuja tarjoavat toimijat haastavat kaukolämmön vahvasti. Geoenergiaa hyödynnetään runsaasti suurissa kiinteistöissä niin kaukolämpöalueilla kuin niiden ulkopuolellakin.

Skenaario B: Uusiutuvia paikallisesti	
Politiikka	Energiantuotantoa ja rakennusten energiatehokkuutta koskevat ilmasto- ja energiapolitiikan vaatimukset kiristyneet ennakoitua enemmän Pariisin ilmastopimuksen veloitteiden täsmentymisen myötä Saneerattavien rakennusten energiatehokkuusvaatimukset kiristyvät ennakoitua enemmän Tukia ja avustuksia vanhojen kiinteistöjen energiaremontteihin lisätään
Infrastruktuuri	Suurilla kaupunkialueilla perinteinen kaukolämpöverkko säilyttää asemansa kohtalaisesti, uudet rakennukset tosin valitsevat usein jonkin muun ratkaisun Kaukokylmäverkon investointeihin ei ole varaa kuin harvoissa kaupungeissa
Keskeiset teknologiat	Hajautetun energiantuotannon eri tekniikat Aiempaa paremman energiansaannin takaavat geoenergiakentät (energiakaivojen syvyys yli 1km)
Täydentävät teknologiat	Sähkön varastointitekniikat, erityisesti kiinteistökohtaisessa mittakaavassa Kevyt kaukolämpö Rakennusten etäkäytettävät talotekniikka- ja energijärjestelmät
Keskeiset toimijat	Erilaisia uusiutuvaan energiaan pohjaavia lämmöntuotantoratkaisuja tarjoavat yritykset sekä monipuolisia energiaratkaisuja yhteen kokoavat palveluyritykset Suuret energiayhtiöt ja perinteiset kaukolämpötoimijat
Täydentäviä toimijoita	Energian kuluttajat energian tuottajina
Pääasiallinen liiketoimintamalli	Uusiutuvaan energiaan nojaavien alueellisten tai rakennuskohtaisten energiaratkaisujen hyödyntämiseen liittyvät palvelut korostuvat Olennaisena osana useita kohteita operoivien yritysten liiketoimintaa on useiden kohteiden hallinta ja käytön optimointi, rakennusten etäkäytettävät talotekniikka- ja energijärjestelmät avainasemassa
Kiinteistöjen lämmitysmarkkinoiden muutoksen prosessi	Sähkön hinta on ollut pitkään matala ja CHP-tuotanto on vaikeuksissa Lämmön kysyntä kaukolämpöverkoissa pienentynyt rakennusten energiatehokkuustoimien myötä Monet kaukolämpötoimijat vaikeuksissa, kaukolämpö on kallista eikä kaukokylmää ole asiakkaille tarjota Uudet erilaisia energiapalveluja tarjoavat, kokoavat ja operoivat yritykset valtaavat alaa perinteisiltä lämpöyhtiöiltä Aiempi kiinteistöjen energiainfoimien toimijajoukko korvautuu osin uusilla, aiemmista toimintatavoista poikkeavasti operoivilla toimijoilla
Muutokselle leimalliset oppimisprosessit	Lämpökaivojen poraamisosaamisen kehittyminen Useiden alueellisten ja kiinteistökohtaisten energijärjestelmien etänä tapahtuvan hallinnan ja käytön optimointiosaaminen sekä tähän liittyvien ohjelmistotyökalujen kehittäminen
Geoenergian hyödyntäminen suurissa kiinteistöissä	Melko laajaa, geoenergia tärkeä suurten kohteiden lämmönlähde, geoenergiaa hyödynnetään myös paikallisten lämpöverkkojen energiantuotannossa
Geoenergian hyödyntäminen pienissä kiinteistöissä	Melko vähäistä, uusia geoenergiajärjestelmiä ei pientaloihin tehdä juuri lainkaan, lämpöpumpuista ilma-vesilämpöpumput dominoivat Maalämpö on lähinnä joissain energiankulutukseltaan suhteellisen suurissa saneerattavissa pientaloissa hyödynnettävä ratkaisu

Ohaisen linkin kautta pääset tutustumaan tarkempaan skenaariokuvaan (pdf-tiedosto)
<http://www.utu.fi/fi/yksikot/ffrc/Documents/Skenaario-B.pdf>

5. Miten todennäköisenä pidät esitettyä skenaariota B?

J_n ei lainkaan todennäköinen

J_n ei kovinkaan todennäköinen

J_n en osaa sanoa

J_n melko todennäköinen

J_n erittäin todennäköinen

6. Mikä skenaariossa on uskottavaa? (mainitse max. 3 asiaa)

7. Mikä skenaariossa on epäuskottavaa? (mainitse max. 3 asiaa)

8. Arvioi skenaariossa esitettyjen elementtien todennäköisyyttä ajanjaksolla nykypäivästä vuoteen 2030 (yleisesti, ei vain tämän skenaarion näkökulmasta)

Asteikko: 1= ei lainkaan todennäköinen, 2=ei kovinkaan todennäköinen, 3=en osaa sanoa, 4=melko todennäköinen, 5=erittäin todennäköinen

	1	2	3	4	5
Politiikka: energiapolitiikka (keskeisinä huomioitavina tekijöinä co2 päästöt ja uusiutuvan energian osuus) kiristyy nykyisestä Pariisin ilmastokokouksen velvoitteiden täsmennyessä	J	J	J	J	J
Politiikka: erityisesti vanhojen rakennusten energianormit kiristyvät	J	J	J	J	J
Politiikka: vanhojen rakennusten energiasaneerauksiin on tarjolla runsaasti tukia	J	J	J	J	J
Energiamarkkinat: CHP-tuotanto on vaikeuksissa	J	J	J	J	J
Energiamarkkinat: uudet rakennukset liittyvät yhä harvemmin kaukolämpöverkkoon	J	J	J	J	J
Energiamarkkinat: kaukokylmäverkostot laajentuneet vain vähäisesti	J	J	J	J	J
Uudet teknologiat/lämmönlähteet: uudet lämpöverkot tavallisimmin matalan lämpötilan verkkoja	J	J	J	J	J
Uudet teknologiat/lämmönlähteet: pienen mittakaavan (kiinteistökohtaiset) sähkön varastointilaitteet yleisiä	J	J	J	J	J
Uudet tuotteet/innovaatiot/osaaminen: energiayritykset hallinnoivat useita hajautetun energiantuotannon kohteita (virtuaalinen voimalaitos)	J	J	J	J	J
Uudet tuotteet/innovaatiot/osaaminen: sähköverkon tasapainoa varmistavat tuote-, ohjelmisto- ja palveluinnovaatiot kehittyvät ja osoittautuvat toimiviksi ratkaisuuksi	J	J	J	J	J

Skenaario C: Kannattavasti kahteen suuntaan

Lämmitysmarkkinoiden vahvat toimijat pysyvät vahvoina, mutta yritysten toimintalogiikka muuttuu nykyisestä. Kaukolämpötoimijoiden toiminnassa korostuu lämpövirtojen hallinta, tuotantoa on aiempaa useammassa pisteessä. Keskeisiä muutoksen mahdollistajia ovat matalamman lämpötilan lämpöverkot, kaksisuuntainen lämmönsiirto ja joustavat lämmöntoimitussopimukset. Geoenergiaa hyödynnetään etenkin suurissa kohteissa, näin myös kaukolämpöalueilla erityisesti kohteissa joissa on jäähdytystarvetta ja joihin kaukokylmäverkosto ei yllä.

Skenaario C: Kannattavasti kahteen suuntaan	
Politiikka	Energiapolitiikka vakaata ja ennustettavaa Tukia saatavilla energiaa säästävien ja päästöjä vähentävien ratkaisujen kehittämiseksi ja käyttöönotolle, ei kohdistettuna millekään teknologialle Rakennusten energiatehokkuusvaatimukset kiristyneet ennakoitusti
Infrastruktuuri	Kevytkaukolämpö Kaksisuuntainen lämmönsiirto, lämpöverkot avattu useille lämmöntuottajille Perinteisen kaukolämpöverkon lämpötilaa laskettu (mahdollistaen erilaisten lämmönlähteiden liittämisen ja lämpöhäviöiden pienemmenen)
Keskeiset teknologiat	Kaksisuuntaisen lämpöverkon teknologiat Lämmön varastointitekniikat Matalalämpötilaiset lämpöverkot (erityisesti alueilla, joille rakennetaan paljon uutta) Rakennusten etäkäytettävät talotekniikka- ja energijärjestelmät Hajautetun energiatuotannon eri tekniikat
Täydentävät teknologiat	Erilaiset kaukolämmön ja kaukokylmän tuotantoon sopivat lämpöpumput Geoterminen energia kaukolämmön tuotannossa
Keskeiset toimijat	Perinteiset toimijat hyväkuntoisten kaukolämpöverkkojen alueella ja suurilla uudisrakennusalueilla Uusia erilaisiin energiapalveluihin erikoistuneita toimijoita pienemmillä uusilla alueilla, saneerattujen alueellisten lämpöverkkojen alueilla sekä joidenkin uusien tai muutoin vähän hyödynnettyjen teknologioiden soveltamisessa
Täydentäviä toimijoita	Kiinteistöjen (hajautetun energiaressusin) omistajat
Pääasiallinen liiketoimintamalli	Vaihtelee alueittain ja yrityskohtaisesti. Pääasiallinen energian tuottaja ja järjestelmän hallinnoija suurehko, perinteinen yritys Kuluttajat osallistuvat energiantuotantoon, mutta useimmiten passiivisesti siten, että ulkopuolinen energiayritys hoitaa käytännön energiantuotantoon liittyvät toimet
Kiinteistöjen lämmitysmarkkinoiden muutoksen prosessi	Perinteiset kaukolämpötoimijat säilyttävät asemansa melko hyvin, mutta niiden toimintalogiikka muuttuu aiemmasta (energian tuottajasta energian hallinnoijaksi) Kaksisuuntainen lämmöntuotanto tekee aiemmista asiakkaista kumppaneita. Yhteistyö erilaisten toimijoiden, niin aiempien asiakkaiden kuin myös muiden energia-alalla toimivien yritysten kanssa lisääntyy Perinteiset kaukolämpötoimijat jakautuvat voittajiin ja häviäjiin
Muutokselle leimalliset oppimisprosessit	Energiajärjestelmän hallinta Erilaisten asiakkuuksien hallinta Yhteistyöverkostojen hallinta
Geoenergian hyödyntäminen suurissa kiinteistöissä	Melko laajaa, geoenergiaa hyödynnetään sekä suurissa kohteissa että alueellisisa lämpöverkoissa. Kohteissa, joissa tarvitaan viilennystä geoenergia erityisen kustannustehokasta.
Geoenergian hyödyntäminen pienissä kiinteistöissä	100 % tarpeelle mitoitettu geoenergiaratkaisu suosittu keskimääräistä enemmän energiaa kuluttavissa saneerauskohteissa, näissä tapauksissa maalämpöpumpun käyttämä sähkö tuotetaan mahdollisimman pitkälle uusiutuvien energialähtein. Uusissa pientaloissa geoenergiaa hyödynnetään vain vähän

Oheisen linkin kautta pääset tutustumaan tarkempaan skenaariokuvaukseen (pdf-tiedosto)
<http://www.utu.fi/fi/vksikot/ffrc/Documents/Skenaario-C.pdf>

9. Miten todennäköisenä pidät esitettyä skenaariota C?

ei lainkaan todennäköinen
 ei kovinkaan todennäköinen
 en osaa sanoa
 melko todennäköinen
 erittäin todennäköinen

10. Mikä skenaariossa on uskottavaa? (mainitse max. 3 asiaa)

11. Mikä skenaariossa on epäuskottavaa? (mainitse max. 3 asiaa)

12. Arvioi skenaariossa esitettyjen elementtien todennäköisyyttä ajanjaksolla nykypäivästä vuoteen 2030 (yleisesti, ei vain tämän skenaarion näkökulmasta)

Asteikko: 1= ei lainkaan todennäköinen, 2=ei kovinkaan todennäköinen, 3=en osaa sanoa, 4=melko todennäköinen, 5=erittäin todennäköinen

	1	2	3	4	5
Politiikka: ei pysyviä tukia millekään energiamuodolle tai polttoaineelle	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
Energiamarkkinat: perinteisen kaukolämpöverkoston lämpötilaa on laskettu	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
Energiamarkkinat: kaksisuuntaiset lämpöverkot ovat yleistyneet	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
Energiamarkkinat: kaukolämpöyhteykset, jotka eivät ole pystyneet omaksumaan kaksisuuntaista lämmönsiirtoa, ovat vaikeuksissa	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
Uudet teknologiat/lämmönlähteet: erilaiset hajautetut lämmöntuotantotekniikat osana laajempaa lämpöverkkoa ovat yleistyneet	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
Uudet teknologiat/lämmönlähteet: lämmön varastointitekniikat ovat yleistyneet	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
Uudet tuotteet/innovaatiot/osaaminen: lämpötoimijoilla on tarjota joustavia sähkö- ja lämpötuotteita kaikille erilaisille asiakasryhmille	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn

Geoenergian tulevaisuus 2030

Arvioi geoenergian hyödyntämisen kehitystä erilaisissa kiinteistötyypeissä vuoteen 2030 mennessä. Arvioita pyydetään erikseen kaukolämpöalueilla ja niiden ulkopuolella sijaitsevien kiinteistöjen osalta.

13. Käytössä olevien geoenergalaitteistojen lukumäärä vuoteen 2030 tultaessa **kaukolämpöalueilla**

Asteikko: 1=on vähentynyt nykyisestä selvästi, 2=on vähentynyt nykyisestä jonkin verran, 3= on jokseenkin nykytasolla, 4=on kasvanut nykyisestä jonkin verran, 5=on kasvanut nykyisestä selvästi

	1	2	3	4	5
omakotitalot	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
rivi- ja ketjutilat	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
asuinkerrostalot	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
liikerakennukset (kauppakeskukset, yms.)	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
toimistorakennukset	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
julkiset paljon energiaa kuluttavat palvelurakennukset (kylpylät, uimahallit, jäähallit, yms.)	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
muut julkiset palvelurakennukset (koulut, sairaalat, yms.)	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
maatilat ja puutarhat	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
teollisuusrakennukset	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
varastorakennukset	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn

14. Voit halutessasi perustella tai täydentää näkemyksiäsi

15. Käytössä olevien geoenergalaitteistojen lukumäärä vuoteen 2030 tultaessa **kaukolämpöverkkojen ulkopuolisilla alueilla**

Asteikko: 1=on vähentynyt nykyisestä selvästi, 2=on vähentynyt nykyisestä jonkin verran, 3= on jokseenkin nykytasolla, 4=on kasvanut nykyisestä jonkin verran, 5=on kasvanut nykyisestä selvästi

	1	2	3	4	5
omakotitalot	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn

rivi- ja ketjutalot	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
asuinkerrostalot	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
liikerakennukset (kauppakeskukset, yms.)	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
toimistorakennukset	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
julkiset paljon energiaa kuluttavat palvelurakennukset (kylpylät, uimahallit, jäähallit, yms.)	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
muut julkiset palvelurakennukset (koulut, sairaalat, yms.)	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
maatilat ja puutarhat	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
teollisuusrakennukset	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
varastorakennukset	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn
alueelliset lämpöverkot	Jn	Jn	Jn	Jn	Jn

16. Voit halutessasi perustella tai täydentää näkemyksiäsi

17. Jos haluat, että sinulle lähetetään sähköinen versio väitöskirjasta, johon olet osaltasi ollut tuottamassa tietoa, kirjoita sähköpostiosoitteesi allaolevaan kenttään. Osoitetietoa ei yhdistetä antamiisi vastauksiin.

Sähköposti

Paina lopuksi vielä "Lähetä" -nappia niin vastaukset tallentuvat.

Annales Universitatis Turkuensis



Turun yliopisto
University of Turku

ISBN 978-951-29-7233-3 (Painettu)
ISBN 978-951-29-7234-0 (Sähköinen)
ISSN 2343-3159 (Painettu) | ISSN 2343-3167 (Verkkajulkaisu)