



Luonnonvara- ja  
biotalouden  
tutkimus 60/2017

## Sähkönjakeluhäiriöiden vaikutukset elintarviketuotannon jatkuvuuteen

Kim Kaustell, Hanna Huitu, Tapani Kivinen, Mikko Laajalahti, Jussi Nikander, Juha Näkkilä, Annu Palmio, Matti Pastell, Antti Suokannas, Eeva-Maria Tuhkanen, Petra Tuunainen ja Erkki Vasara

# Sähkönjakeluhäiriöiden vaikutukset elintarviketuotannon jatkuvuuteen

Kim Kaustell, Hanna Huitu, Tapani Kivinen, Mikko Laajalahti, Jussi Nikander, Juha Näkkilä, Annu Palmio, Matti Pastell, Antti Suokannas, Eeva-Maria Tuhkanen, Petra Tuunainen ja Erkki Vasara



Kaustell, K., Huitu, H., Kivinen, T., Laajalahti, M., Nikander, J., Näkkilä, J., Palmio, A., Pastell, M., Suokannas, A., Tuhkanen, E.-M., Tuunainen, P. ja Vasara, E. 2017. Sähkönjakeluhäiriöiden vaikutukset elintarviketuotannon jatkuvuuteen. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 60/2017. Luonnonvarakeskus, Helsinki. 69 s.

ISBN: 978-952-326-468-7 (Painettu)

ISBN: 978-952-326-469-4 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-469-4>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Kim Kaustell, Hanna Huitu, Tapani Kivinen, Mikko Laajalahti, Jussi Nikander, Juha Näkkilä, Annu Palmio, Matti Pastell, Antti Suokannas, Eeva-Maria Tuhkanen, Petra Tuunainen ja Erkki Vasara

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2017

Julkaisu vuosi: 2017

Kannen kuva: Erkki Oksanen, Luonnonvarakeskus

Painopaikka ja julkaisumyynti: Juvenes Print, <http://luke.juvenesprint.fi>



# Tiivistelmä

Kim Kaustell, Hanna Huitu, Tapani Kivinen, Mikko Laajalahti, Jussi Nikander, Juha Näkkilä, Annu Palmio, Matti Pastell, Antti Suokannas, Eeva-Maria Tuhkanen, Petra Tuunainen ja Erkki Vasara

Luonnonvarakeskus (Luke), PL 2 00791 Helsinki  
etunimi.sukunimi@luke.fi

Elintarvikehuolto perustuu valtaosaltaan alkutuotannon, elintarviketeollisuuden, logistiikan ja kaupan muodostamien ketjujen toimivuudelle. Sähkön jatkuva saatavuus ja laatu ovat kriittisen tärkeitä tekijöitä näissä ketjuissa, joissa sähköä tarvitaan sekä tuotantokoneiston energianlähteeksi että tuotannon ohjaukseen liittyvissä järjestelmissä. Suomessa sähkön toimitusvarmuus on hyvällä tasolla, ja ylivoimaisesti suurimmat sähkönjakelun keskeytykset aiheutuvat sääilmiöistä, kuten myrskyistä. Niiden seurauksena varsinkin maataloille on hankittu varavoimakoneita, sillä pahimmissa tapauksissa sähköt ovat voineet olla poikki useita vuorokausia.

Keskimäärin 41 % suomalaisista alkutuotannon tiloista on varustautunut varavoimalla, jonka turvin sähkönjakelun keskeytyksestä selvitään muutamasta päivästä jopa muutama viikkoon. Varavoiman tarve on erityisen suuri kotieläin- ja kasvihuonetuotannossa, joissa eläinten ja kasvuston ylläpito ovat päivittäin riippuvia järjestelmistä, jotka toimivat sähköllä. Näissä tuotantosuunnissa varautuminen on huomattavasti keskimääräistä yleisempää. Erimittaiset sähkökatkot ja varavoimakoneiden käyttö sähkökatkotilanteissa aiheuttavat kuitenkin paljon ylimääräistä kuormitusta tiloilla.

Elintarviketeollisuuden ja elintarvikekaupan logistiikkakeskukset sijaitsevat yleensä alueilla, joilla on mahdollista varmistaa sähkön saanti useasta suunnasta. Sähkönjakelussa ei ole ollut merkittäviä keskeytyksiä, ja toimintaa voidaan tyypillisesti jatkaa niin kauan kun runkoverkosta on saatavissa sähköä. Varavoimaa on sijoitettu keskeisten toimintojen yhteyteen, mutta suuret logistiikkakeskukset eivät pääsääntöisesti toimi ilman verkosta saatavaa sähköä.

Kahden päivän ja sitä pidemmät sähkökatkot ovat aiheuttaneet 3–5 % aleneman meijereihin toimitetun maidon määrässä niillä tiloilla, joilla oli ollut sähkökatko. Alenemat ovat kuitenkin poistuneet katkoa seuraavina kuukausina. Koska sähkönjakelun keskeytykset alkutuotannossa ovat olleet alueellisia, eivät sähkökatkot näkyneet meijereiden vastaanottamissa kokonaismaitomäärissä.

Veden saatavuus ja varavoimakoneiden polttoainehuolto ovat keskeisiä tekijöitä sähkökatkoista selviämisessä erityisesti kotieläintiloilla ja kasvihuoneyrityksissä. Näiden varmistamisen lisäksi ketjujen varautumista on kehitettävä lisäämällä sähkökatkotilanteisiin liittyvää varautumissuunnittelua, jossa otetaan huomioon koko ketjun toimivuus poikkeustilanteissa. Tuotannossa käytettävien laitteiden ja järjestelmien toipumista sähkökatkoista on kehitettävä.

Asiasanat: elintarviketuotanto, maatalous, puutarhatalous, sähkökatkot, varautuminen

## Abstract

Kim Kaustell, Hanna Huitu, Tapani Kivinen, Mikko Laajalahti, Jussi Nikander, Juha Näkkilä, Annu Palmio, Matti Pastell, Antti Suokannas, Eeva-Maria Tuhkanen, Petra Tuunainen and Erkki Vasara

Natural Resources Institute Finland (Luke), Box 2, FI-00791 Helsinki  
firstname.lastname@luke.fi

## The effects of electric power outages on food production

Finnish food supply is mainly based on supply chains comprising primary production, food processing industry, logistics and grocery stores / food service actors. Continuous availability of good quality electricity is critical. Electric power is needed both as an energy source in production, as well as in various control and communication systems. In Finland, electricity supply service reliability is high, and power outages occur mostly in rural areas. Electric power outages are mainly caused by severe weather conditions such as storms. As a result of these, reserve power supply units have been acquired especially on farms, that may in the worst case have been several days or even weeks without electricity.

On average, 41% of Finnish farms are equipped with reserve power supply units. These allow the production to continue for a few days and up to a few weeks. The need for reserve power is particularly high in livestock and greenhouse production, where livestock and plant production is on a daily basis dependent on systems that need electricity. It is considerably more common for farms with livestock or greenhouse production to be equipped with reserve power supply units. Even if a farm has reserve power, large-scale power outages cause a lot of extra load for the farmers.

Food processing industries, as well as logistics centers for food, are typically located in areas where it is possible to secure electricity supply from multiple directions. They have not experienced significant electricity interruptions and can typically continue to function as long as electricity is available from the main power grid. Reserve power has been put in place for key functions (data systems, frozen food warehouses), but large logistics centers do not, as a rule, operate without electricity from the power grid.

Power outages that have lasted for two days or longer have caused a 3 to 5 % drop in the amount of milk delivered from the affected farms to dairies. The drop in delivered milk only lasted for one month and had no significant effect during the following months. Since the outages affecting primary production were regional, they did not decrease the total amount of milk delivered to the dairies.

Constant availability of water and the fuel supply of reserve power supply units are key factors in coping with power outages, especially on livestock and greenhouse farms. In addition to ensuring these, the preparedness of food supply chains needs to be addressed by increasing contingency planning for power failure, taking into account the functionality of the entire chain. Resilience of production equipment and systems for electric power supply interruptions must be improved.

Keywords: food production, agriculture, horticulture, power outage, preparedness

# Sisällys

<b>1. Hankkeen tausta .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Tavoitteet ja lähtökohdat .....</b>	<b>9</b>
<b>3. Lähdeaineisto .....</b>	<b>11</b>
3.1. Kyselyt ja haastattelut.....	11
3.2. Tilastoaineistot.....	12
3.3. Kirjallisuus .....	13
<b>4. Sähköjakeluhäiriöt alkutuotantotiloilla .....</b>	<b>15</b>
4.1. Sähköjakeluhäiriöiden yleisyys ja kesto.....	15
4.2. Sähkökatkojen määrä kyselyissä ja haastatteluissa .....	17
4.3. Sähkökatkojen tuotosvaikutus.....	18
<b>5. Sähkökatkojen vaikutukset elintarviketuotannossa .....</b>	<b>21</b>
5.1. Maitoketju.....	21
5.1.1. Tuotantorakenne .....	21
5.1.2. Maitoketjun kuvaus.....	22
5.1.3. Sähkökatkon vaikutukset maitoketjun osiin .....	22
5.1.4. Sähkökatkon vaikutukset maitoketjun toimintaan .....	24
5.1.5. Maitoketjun palautuminen sähkökatkon jälkeen .....	24
5.2. Broilerinlihaketju.....	25
5.2.1. Tuotantorakenne .....	25
5.2.2. Broilerinlihaketjun kuvaus.....	26
5.2.3. Sähkökatkon vaikutukset broileriketjun osiin .....	27
5.2.4. Sähkökatkon vaikutukset broileriketjuun .....	29
5.2.5. Broileriketjun palautuminen sähkökatkon jälkeen .....	30
5.3. Sianlihaketju.....	30
5.3.1. Tuotantorakenne .....	30
5.3.2. Sianlihaketjun kuvaus.....	31
5.3.3. Sähkökatkon vaikutus sianlihaketjun osiin.....	31
5.3.4. Sähkökatkon vaikutus sianlihan tuotantoketjuun.....	34
5.3.5. Palautuminen sähkökatkon jälkeen .....	35
5.4. Leipäviljaketju .....	35
5.4.1. Tuotantorakenteen kuvaus .....	35
5.4.2. Leipäviljaketjun kuvaus .....	36
5.4.3. Sähkökatkon vaikutus leipäviljaketjun osiin.....	36
5.4.4. Sähkökatkon vaikutus leipäviljaketjuun .....	37
5.4.5. Palautuminen sähkökatkon jälkeen .....	37

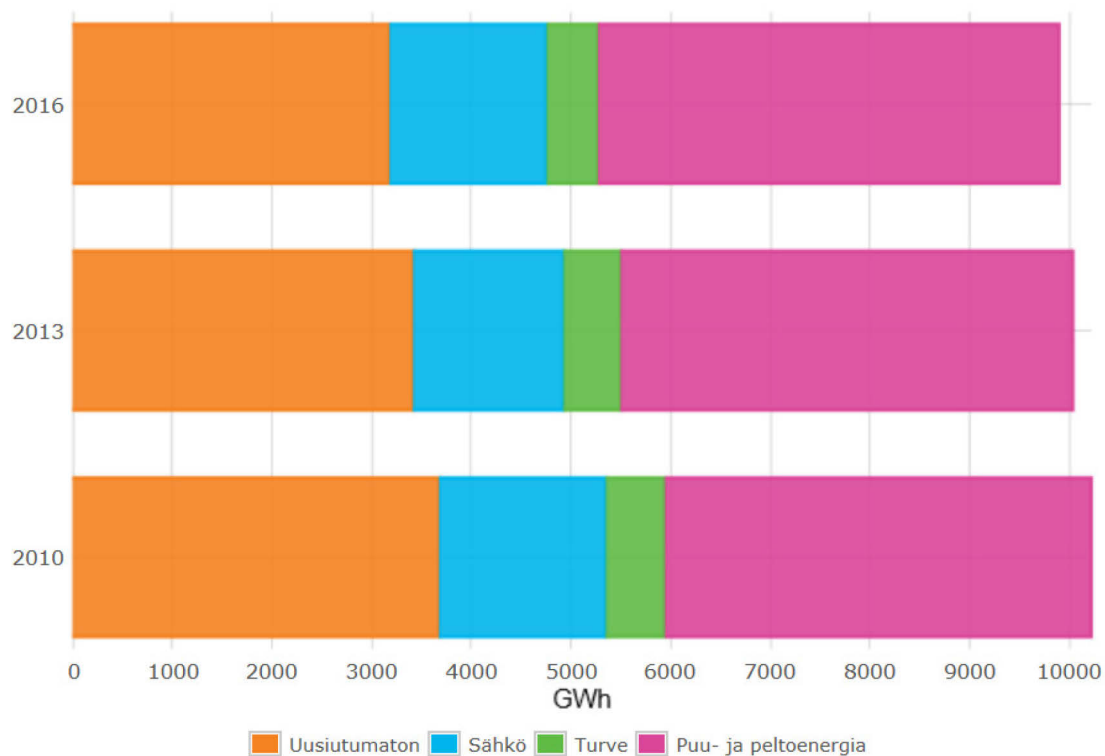
5.5. Kasvihuonevihannesketjut .....	38
5.5.2. Kasvihuonetuotantoketjun kuvaus .....	39
5.5.3. Sähkökatkon vaikutus kasvihuonetuotantoketjun osiin .....	39
5.5.4. Sähkökatkon vaikutus kasvihuonetuotantoketjuun.....	40
5.5.5. Kasvihuonetuotantoketjun palautuminen sähkökatkon jälkeen .....	41
5.6. Logistiikkatoimijoiden sähköriippuvuus.....	41
5.7. Sähkökatkojen taloudelliset ja ympäristövaikutukset .....	43
5.8. Alkutuotannon kyberuhkat .....	44
5.8.1. Kyberturvallisuuskäsite maataloudessa .....	44
5.8.2. Maatilan kyberuhat.....	45
5.8.3. Sähkön laatu ja kyberturvallisuus .....	47
<b>6. Elintarvikeketjujen varautuminen .....</b>	<b>49</b>
6.1. Varavoima .....	49
6.1.1. Varavoimalähteet.....	49
6.1.2. Polttoainevarastojen suuruus .....	51
6.1.3. Sähköenergian tarpeen ja varavoimakapasiteetin suhde .....	53
6.1.4. Varavoiman mitoitus.....	54
6.2. Vesihuolto .....	55
6.3. Varautumissuunnitelmat .....	56
6.4. Varautumiseen vaikuttavat säännökset .....	58
<b>7. Johtopäätökset.....</b>	<b>60</b>
7.1. Haavoittuvuus ja pullonkaulat .....	61
7.2. Varautumisen kehittäminen .....	63
<b>Liitteet .....</b>	<b>64</b>
<b>Lähdeluettelo.....</b>	<b>68</b>



# 1. Hankkeen tausta

Suomen maa- ja puutarhatalous on riippuvaista jatkuvasta tasalaatuisen sähkön saatavuudesta. Alkutuotannon energiankulutus oli vuonna 2016 yhteensä 9 893 GWh (SVT 2017a). Sähkön osuus siitä oli 1577GWh (16 %), ja osuus on säilynyt suunnilleen yhtä suurena verrattuna tilanteeseen kolme ja kuusi vuotta sitten (kuva 1). Kulutus tilaa kohti on nousujohteinen, sillä samalla kun tilojen määrä on supistunut 14 %, on sähkön kulutus tuotantoon vähentynyt vain 5,8 %.

Maa- ja puutarhatalouden energiankulutus vuosina 2016, 2013 ja 2010



**Kuva 1.** Maa- ja puutarhatalouden energiankulutus vuosina 2010, 2013 ja 2016. Ei sisällä ostettua lämpöenergiaa. (SVT 2017a).

Maa- ja puutarhatalouden kokonaisenergiankulutuksesta eniten sähköenergiaa tuotantoon käytetään kasvihuonetuotannossa, lypsykarjataloudessa, viljanviljelyssä sekä sikataloudessa (SVT 2012a). Eri energialähteiden käytön jakaantuminen tuotantosuunnittain vuonna 2010 on esitetty taulukossa 1. Vuotta 2016 koskevassa rakennetutkimuksessa sähkön osuus tuotantosuuntien eri energianlähteistä on hieman kasvanut maidon ja sianlihan sekä kasvihuonevihannes- ja siipikarjatuotannossa. Viljanviljelyssä sähkön osuus on pienentynyt (SVT: Luonnonvarakeskus, Maa- ja puutarhatalouden energiankulutus 2016, ennakkotieto).

**Taulukko 1.** Maa- ja puutarhatalouden energiankulutuksen jakautuminen tuotantosuunnittain ja energialähteittäin vuonna 2010 (SVT 2012a).

Tuotantosuunta	Osuus tuotantosuunnan kokonaiskulutuksesta					
	Sähkö	Öljy	Puu	Peltoenergia	Turve	Muu
Lypsykarjatalous	15,1 %	25,6 %	57,4 %	0,3 %	1,2 %	0,4 %
Muu nautakarjatalous	13,5 %	36,8 %	46,8 %	0,0 %	1,5 %	1,3 %
Sikatalous	20,5 %	37,9 %	31,3 %	2,0 %	7,6 %	0,6 %
Siipikarjatalous	8,0 %	17,1 %	63,0 %	1,8 %	10,1 %	0,0 %
Lammas- ja vuohitalous	19,8 %	36,5 %	42,9 %	0,0 %	0,8 %	0,0 %
Hevostalous	33,3 %	32,2 %	32,6 %	0,1 %	1,6 %	0,2 %
Viljanviljely	10,2 %	49,8 %	35,4 %	1,4 %	3,0 %	0,1 %
Erikoiskasvintuotanto	14,1 %	57,7 %	21,2 %	0,2 %	6,8 %	0,2 %
Puutarhatuotanto	27,3 %	30,3 %	12,6 %	1,5 %	17,5 %	10,9 %
Muu kasvintuotanto	18,4 %	42,0 %	37,6 %	0,1 %	0,8 %	1,2 %
Muu tuotanto	24,7 %	36,6 %	38,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
<b>Kaikki tuotantosuunnat</b>	<b>16,0 %</b>	<b>35,2 %</b>	<b>40,0 %</b>	<b>1,0 %</b>	<b>5,7 %</b>	<b>2,1 %</b>

Sähköllä on merkitystä niin tuotantoprosessien olennaisena energianlähteenä kuin aputoimintojen, esimerkiksi prosessien ohjauksen ja automaation, käyttövoimanakin. Tuotantotoiminnan prosessit ja tuotantoketjujen osat ovat kehityksen myötä yhä voimakkaammin kytkeytyneet tieto- ja viestiliikenneverkkoihin, jotka ovat täysin riippuvaisia sähkön saannista. Välillisesti sähkön merkitys on siten paljon suurempi kuin mitä pelkän sähköenergian osuuden tarkastelun perusteella voisi päätellä.

Sähkön toimitusvarmuus normaalioloissa on yleisesti ottaen hyvä, ja sen varaan rakennetaan yhä monimutkaisempia prosesseja. Sähkön saatavuutta alkutuotannossa koettelevat ensisijaisesti luonnonilmiöt, kuten myrskyt ja lumikuorma, jotka katkovat sähkölinjoja ja johtavat jopa useita päiviä kestäviin sähkökatkoihin maaseudulla. Monen alkutuotantotilan investointi varavoimajärjestelyyn on perua koetusta pitkästä sähkökatkosta, joka on aiheuttanut suoranaisia taloudellisia menetyksiä ja ylimääräistä työtä.

Huoltovarmuusorganisaation alkutuotantopoolin tehtävänä on seurata ja analysoida tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa alkutuotannon kykyyn vastata kotimaisesta elintarviketuotannosta. Alkutuotannon varautuminen ja toimintakyky erilaisissa häiriötilanteissa ovat siten alkutuotantopoolin keskeinen mielenkiinnon kohde. Luonnonvarakeskus toimitti alkuvuodesta 2015 Huoltovarmuuskeskukselle esiselvityksen, jossa tuotettiin alustavaa tietoa elintarvikeketjujen sähköriippuvuudesta. Tarkastelun kohteena oli neljä tuotantoketjua: pakattu maito, leipävilja ja leipäviljalosteet, broilerin liha ja kasvihuonekurkku. Esiselvitystyön aikana kävi ilmi, että sähkökatkojen vaikutuksista tuotantoon sekä akuutisti että pidemmällä aikavälillä, samoin kuin katkoihin varautumisen laajuudesta ja sen tehokkuudesta, on käytettävissä vain hajanaista tietoa. Käytettävissä olevien tietojen pohjalta oli mahdollista arvioida varsinkaan muutamaa tuntia pidemmän sähkökatkon vaikutuksia tuotannon jatkuvuuteen ja elintarvikehuoltoon.

Nyt valmistuneen, esiselvitystä täydentävän ja syventävän, hankkeen tilasivat ja rahoittivat Huoltovarmuuskeskus sekä maa- ja metsätalousministeriö, ja se toteutettiin Luonnonvarakeskuksessa ajalla 8/2015 – 9/2017.

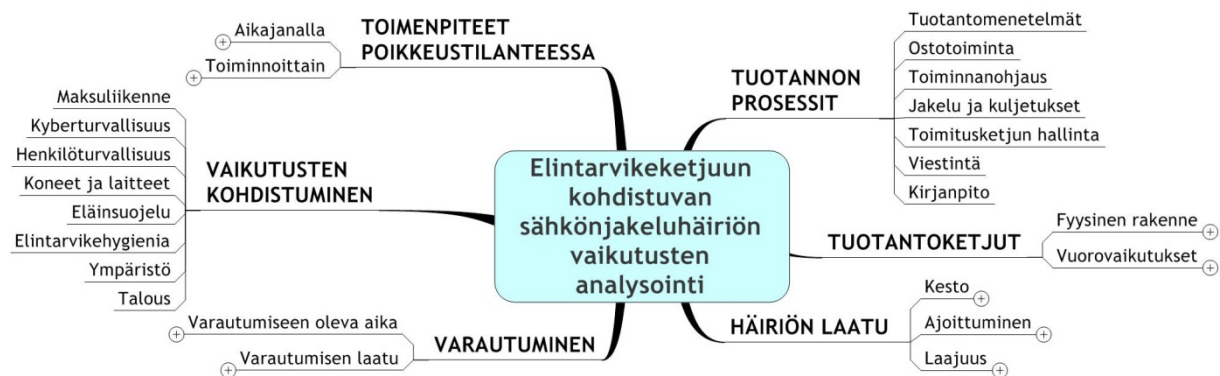
## 2. Tavoitteet ja lähtökohdat

Hankkeen tavoitteena oli tuottaa tietoa siitä, mitä elintarvikeketjuissa, erityisesti alkutuotannossa, tapahtuu erimittaisten ja laajuudeltaan erilaisten sähkökatkojen aikana. Keskeiset tutkimuskysymykset, jotka ohjasivat hankkeen toteutusta, olivat

1. Mihin elintarvikeketjun toimintoihin sähkönjakeluhäiriöt vaikuttavat?
2. Millä tavoin sähkökatkot vaikuttavat?
3. Millä tavoin sähkökatkoihin on tällä hetkellä varauduttu?
4. Mitkä ovat sähkökatkon kannalta kriittiset pisteet?
5. Miten yksittäiset toimijat ja ketjut palautuvat sähkökatkon jälkeen?
6. Kuinka verkoston tulisi varautua sähkökatkoihin tulevaisuudessa?

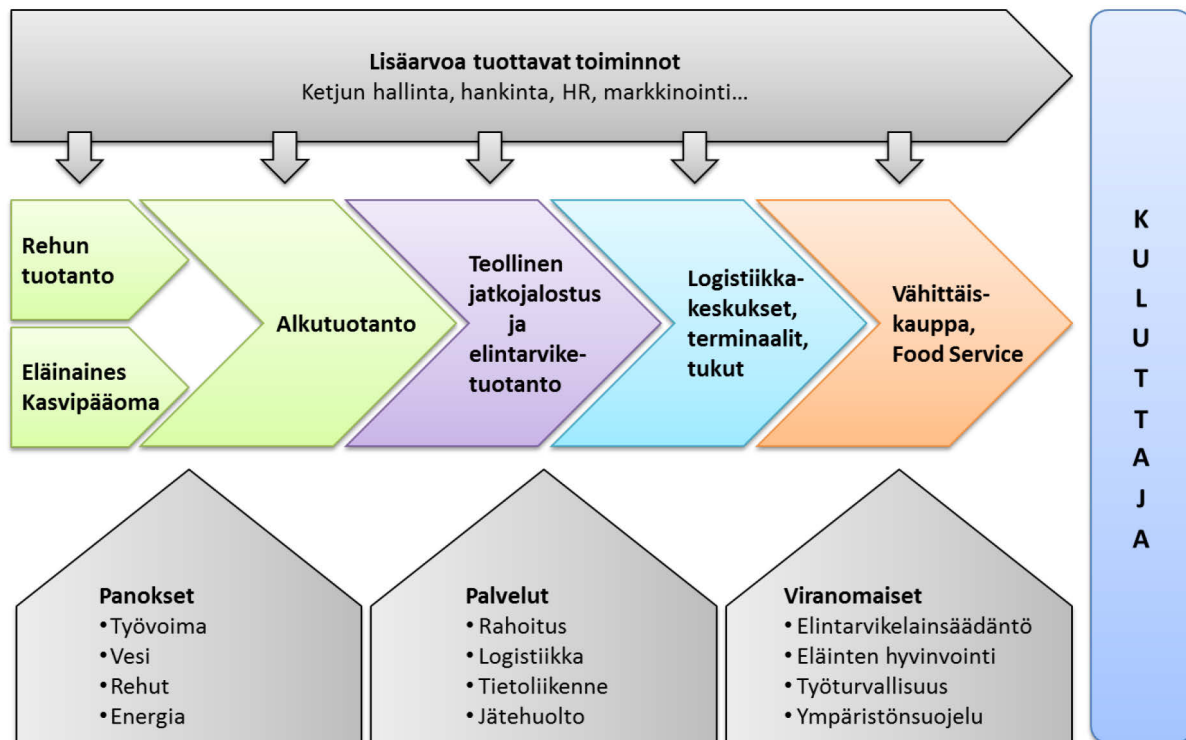
Hankkeen tulosten avulla tavoiteltiin parempaa tietopohjaa varautumiselle sekä tuotannon keskeytysten ja tuotantohäiriöiden minimoimiselle ketjun eri vaiheissa. Hankkeen tuli osoittaa tuotantoketjujen heikot lenkit ja tuottaa parannusehdotuksia. Tuloksia oli voitava käyttää lähdemateriaaleina koulutustilaisuuksissa. Tulosten perusteella voitaisiin kohdistaa elintarvikesektorin valmiutta parantavia tukitoimia kohtiin, joissa ne tehoavat parhaiten.

Arvioitaessa sähkönjakeluhäiriön vaikutuksia teoreettisesti – toisin kuin käytännössä tapahtuneen sähkökatkon jälkeisessä analysoinnissa – joudutaan aina määrittelemään useita reunaehtoja tarkastelulle. Tällaisia ovat sähkönjakelukeskeytyksen kesto, toistumistiheys ja laajuus sekä ajoittuminen suhteessa kalenteriaikaan ja säätilaan, mutta myös esimerkiksi toimialan sesonkeihin (kuva 2).



Kuva 2. Sähkönjakeluhäiriön vaikutusten analysointi.

Vaikutusten arvioimisessa on otettava huomioon tuotannon ydin- ja tukiprosessien sähköriippuvuus sekä se, kuinka näissä ilmenevät häiriöt mahdollisesti vaikuttavat muihin tuotantoketjun osiin (kuva 3). Häiriöt voivat edetä ketjussa sekä seuraaviin että edeltäviin vaiheisiin ja toimijoihin. Häiriöiden etenemiseen vaikuttavat sekä ketjujen fyysinen rakenne (mm. toimijoiden määrä ja sijainti, niiden kapasiteetit, toimintojen ja toimintatapojen korvattavuus), että sen toimijoiden väliset, toimintaa säätelevät sopimukset ja käytännöt (vuorovaikutus). Myös eri toimijoiden välinen viestiliikenne, datayhteydet ja tietojärjestelmät ovat vahvasti riippuvaisia sähkönsaannista. Luonnonvarakeskuksessa tehtiin tämän hankkeen aikana myös selvitys alkutuotannon kyberuhkista (Laajalahti ja Nikander 2017). Siinä todettiin sähkökatkojen selkeä yhteys kyberturvallisuuteen.



Kuva 3. Elintarvikeketjun keskeiset vaiheet ja sidosryhmät.

Sähkönjakeluhäiriöiden kestot ovat tyypillisesti joitakin minutteja, ja ne rajoittuvat yleensä yhteen tai muutamaa muuntopiiriin. Pitempikestoiset ja laajat sähkönjakelukeskeytykset ovat harvinaisia, ja esiintyvät yleensä myrskyjen seurauksena. Tässä hankkeessa tarkasteltiin lähtökohtaisesti **kahden minuutin, kahden tunnin, kahden päivän ja kahden viikon** pituisten sähkönjakelukeskeytysten vaikutuksia, jotta saataisiin esille elintarvikeketjujen toiminnan ja varautumisen kannalta erilaisien kestojen vaikutuksia. Katkon maantieteellistä laajuutta tai muita reunaehtoja ei määritelty ennakolta, mutta niiden vaikutuksia arvioitiin tehdyissä kyselyissä ja haastattelussa.

Hankkeessa tarkasteltiin sähkönjakelukeskeytysten toiminnallisia vaikutuksia elintarvikeketjuihin sekä toimijakohtaisesti että toimitusketjun näkökulmasta. Tarkastelu alkoi alkutuotannosta ja päättyi ”kaupan takaovelle”, painopisteen ollessa alkutuotannossa. Taloudellisia ja ympäristövaikutuksia tarkasteltiin vain laadullisesti. Tarkastellut tuotteet olivat **pakattu maito, leipävilja ja leipäviljajalosteet, broilerin liha, sianliha sekä kasviuonevihannekset (tomaatti, kurkku, ruukkusalaatti)**. Itse sähkönjakeluverkon toimintaa tai muiden oheistoimintojen, resurssien tai esimerkiksi yhteiskunnallisten palvelujen järjestämistä sähkökatkon aikana tai toipumista siitä ei tarkasteltu.

### 3. Lähdeaineisto

Hankkeen lähdeaineisto koostuu hankkeessa tehdyistä alkutuottajille suunnatuista kyselyistä, elintarviketeollisuuden ja logistiikan toimijoille tehdyistä haastatteluista, aiheeseen liittyvän valmiusharjoituksen (Huoltovarmuusorganisaatio: ”Ruokahuolto sähkökatkossa”, Tuusula 11/2015) tuottamasta materiaalista, tilastolähteistä sekä aihetta sivuavasta kirjallisuudesta.

#### 3.1. Kyselyt ja haastattelut

Tutkimuksen ensisijaisen aineiston muodostavat valittujen tuotantosuuntien viljelijöille suunnatuista kyselyistä, jotka toteutettiin Webropol-verkkopalvelulla, sekä näitä täydentävistä haastatteluista. Vastauksia saatiin yhteensä 1180 tilalta (taulukko 2).

**Taulukko 2.** Alkutuottajille suunnatun kyselyn vastausmäärät ja vastausten osuudet tuotantosuunnittain.

Tuotantosuunta	Kohderyhmä, tiloja yht.	Vastauksia	Vastausten osuus
Maitotilat	6500	346	5 %
Sikatilat	1230	63	5 %
Broilertilat	159	60	38 %
Leipäviljatilat	6121	680	11 %
Kasvihuonetilat	237	31	13 %

**Maitotilojen** kyselyä levitettiin maitotilayrittäjien verkkopalvelussa ja osuuskuntien uutiskirjeissä sekä Luonnonvarakeskuksen Facebook-sivuilla. Kysely toteutettiin kahteen kertaan edustavan vastausmäärän saavuttamiseksi. Ensimmäisellä kyselykierroksella vastausaika oli 25.5.–12.6.2016 ja toisella 6.2.–28.2.2017. Tämän lisäksi toteutettiin suppeampi kirjallinen kysely Valion Navettaseminaarissa 8.–9.2.2017.

Vastauksia saatiin kaikkiaan 346 kpl yli sadasta kunnasta. Vastaajista hieman yli puolet (53 %) tuotti maitoa parsinavetassa. Pihatossa maitoa tuottavista suurin osa oli robottitiloja (63 %). Kyselyyn vastasivatkin suhteellisesti eniten automaattilypsytilat, sillä niiden osuus, 30 % vastauksista, oli selvästi maan tämän hetkistä osuutta suurempi. Vastaavasti lypsyjärjestelmistä asemalypsy jäi kyselyssä aliedustetuiksi. Vastaukset jakoutuivat tasaisesti pieniin (alle 25 lypsävää) ja keskisuuriin (25–100 lypsävää) tuotantoyksiköihin. Suuria yli 100 lypsävää maitotiloja oli 9 %.

**Sikatiloille** suunnattua kyselyä levitettiin teurastamoiden tuottajille suunnatuissa verkkopalveluissa sekä Luonnonvarakeskuksen Facebook-profiiliin ja Siantuntijat-facebookprofiiliin kautta. Vastausaika oli ensimmäisellä kerralla 1.3.–1.5.2016 ja toisella 21.1.–31.3.2017. Sikatiloilta saatiin 63 vastausta, mikä on noin 5 % kaikista Suomen sikatiloista (1240 kpl v.2016, SVT 2017b). Vastaajista 17 kpl oli emakkotiloja, 27 kpl lihasikaloita ja 19 kpl yhdistelmätiloja. Kyselyyn vastanneet sikatilat sijaitsivat eri puolilla Suomea. Ainoastaan Ahvenanmaalta tai Lapista ei tullut yhtään vastausta.

**Broileritiloille** suunnattua kyselyä levitettiin teurastamoiden tuottajille suunnatuissa verkkopalveluissa, sähköpostin kautta suoraan tuottajille, Luonnonvarakeskuksen Facebook-profiiliin kautta sekä Suomen Siipikarjaliiton lehden välityksellä. Vastausaika tehtiin kahteen kyselyyn oli 1.3.–1.5.2016 ja 21.1.–31.3.2017. Vastanneiden tilojen suhde on hyvä varsinaiseen tuotantoon nähden, samoin otos. Broileritiloilta saatiin 60 vastausta, mikä on noin 38 % Suomen broileritiloista (139 kpl v. 2016, SVT 2017b). Vastanneista 12 kpl oli munitustiloja, 4 kpl nuorikkokasvattamoja ja 44 kpl kasvattamoja. Broileritilat sijaitsivat lähellä teurastamoa, joten kyselyyn vastanneet tilat sijaitsivat Etelä-Pohjanmaalla, Satakunnassa ja Pirkanmaalla. Broilerihautomoilta saatiin kolme vastausta. Kyselyt tehtiin puhelimitse ja sähköpostin välityksellä.

**Leipäviljan** keskeisille tuotanto-alueille (Uusimaa, Varsinais-Suomi, Kanta-Häme, Päijät-Häme ja Pirkanmaa) suunnatun kyselyn tuloksena saatiin 680 vastausta. Kyselyä levitettiin suoralla sähköpostituksella tuottajille. Vastanneista tiloista 30 % oli yli 100 ha tiloja, kun vastaavan kokoluokan maatiloja on vain 8 % koko maassa. Toisaalta viljatilat ovat keskimäärin selvästi suurempia muiden tuotanto-suuntien maatiloihin verrattuna.

**Kasvihuonevihannestuottajille** suunnattua kyselyä levitettiin Kauppapuutarhaliiton jäsentiedotteessa ja Österbottens svenska producentförbundin puutarhajaoksen jäsentiedotteessa. Suomenkielinen kysely oli avoinna 19.9.–10.11.2016 ja ruotsinkielinen kysely 27.9.–10.11.2016. Kasvihuonevihannesviljelijöiltä saatiin 31 vastausta. Kasvihuonekurkun viljelijät (11 kpl) edustivat 5 % kurkkua viljelevistä yrityksistä ja ne viljelivät 10 % kasvihuonealasta ja tuottivat 18 % tuotannosta. Tomaatin viljelijät (28 kpl) edustivat 8 % tomaattia viljelevistä yrityksistä ja ne viljelivät 19 % kasvihuonealasta ja tuottivat 25 % tuotannosta. Ruukkusalaattiviljelijät (2 kpl) edustivat 3 % ruukkusalaattia viljelevistä yrityksistä ja ne viljelivät 4 % kasvihuonealasta ja tuottivat 5 % tuotannosta. Kasvihuonekurkun ja tomaatin osalta vastauksia saatiin siis suhteellisen suurilta ja korkeatuottoisilta viljelmiltä. Pääosa vihannesviljelijävastauksista (87 %) saatiin Pohjanmaan ELY-keskuksen alueelta Närpiön seudulta.

Evira ylläpitää rekisteriä kasvihuonevihannesten kaupallisista **taimikasvattajista** ja kaikki rekisterissä olevat taimikasvattajat olivat Pohjanmaan ELY-keskuksen alueelta. Taimikasvattajille soitettiin ja heiltä pyydettiin sähköpostiosoitetta, johon kyselyn osoite lähetettiin. Ruotsinkielinen kysely oli avoinna 4.–18.1.2017. Kolme kasvihuonevihannesten taimikasvattajaa viidestä vastasi kyselyyn.

Kotimaiset kasvikset ry -laatumerkin (sirkkalehtimerkki) käyttöoikeus oli viidellä kasvihuonevihanneksia pakkaavalla **pakkaamolla**. Kaikki pakkaamot olivat Pohjanmaan ELY-keskuksen alueelta. Pakkaamoihin soitettiin ja pyydettiin sähköpostiosoitetta, johon kyselyn osoite lähetettiin. Suomenkielinen kysely oli avoinna 21.2.–15.3.2017. Kolme kasvihuonevihannespakkaamo viidestä vastasi kyselyyn. **Meijereitä ja teurastamoja** koskevat kyselyt toteutettiin sähköpostitse, puhelinhaastatteluna tai vierailujen yhteydessä. Sikateurastamoita ja broileriteurastamoita haastateltiin kolme.

**Logistiikkatoimijoista** haastateltiin kolme suurinta elintarvikekaupan toimijaa, joiden ohjauksessa on yhteensä n. 80 % elintarvikkeiden jakelusta Suomessa.

Alkutuotantotilojen varavoimakapasiteetin ja sähkönkulutuksen suhdetta selvitellessä case-tutkimuksessa (luku 6.1.3., Sähköenergian tarpeen ja varavoimakapasiteetin suhde) kerättiin sähkönkulutus-, polttoainevarasto- ym. tietoja viideltä lypsykarjatilalta, yhdeltä sikatilalta ja neljästä kasvihuoneyrityksestä.

## 3.2. Tilastoaineistot

Tiedot sähkönjakelun häiriöistä maito- ja sikatiloilla saatiin suoraan kahdelta jakeluverkkoyhtiöltä, jotka toimivat keskeisillä maidon ja sianlihan tuotantoalueilla Suomessa. Aineisto sisälsi yksilöidyn, käyttöpaikkakohtaisen tiedon kaikista sähkönjakelun häiriöistä ja niiden kestosta. Sähkökatkoaineiston ajallinen kattavuus oli alueesta riippuen joko 1.1.2006–31.12.2015 tai 1.1.2010–31.12.2015.

Maidontuotantoa koskevan tiedon lähteenä oli Maaseutuviraston ylläpitämä maitorekisteri, joka sisältää tiedot kaikesta elintarvikekäyttöön toimitetusta maidosta Suomessa. Työssä käytettiin tietoa meijeriin toimitetun maidon kuukausittaisesta litramäärästä. Aineiston ajallinen kattavuus on 1.1.2006–31.12.2015. Kun tuotantotieto yhdistettiin yllämainittuihin tilakohtaisiin tietoihin sähkönjakelun häiriöistä, tietoja saatiin yhteensä 2947 maitoa tuottavalle tilalle. Aineisto kattoi vuosina 2006–2009 noin 11 % (vuosikohtaisesti 1 278–1 702 tilaa) Suomen maidontuotantotiloista ja maidon tuotannosta, ja 1.1.2010 eteenpäin noin 22 % (1 940–2 423 tilaa) maidontuotantotiloista ja maidon tuotannosta.

Tiedot sianlihan tuotannosta Suomessa saatiin Maaseutuviraston ylläpitämästä rekisteristä. Aineisto sisälsi tilakohtaisen tiedon teurastetun eläinmäärän päivän tarkkuudella, ja oli saatavilla ajalle 1.1.2012–31.12.2015. Kun tuotantotieto yhdistettiin yllämainittuihin tilakohtaisiin tietoihin sähkönja-

kelun häiriöistä, aineisto kattoi sianlihaa tuottaneista tiloista noin 30 % (n=551). Sähkönjakelun häiriöiden tarkastelu sikatiloilla on rajattu ajalle, jolla myös tuotantotiedot olivat saatavissa.

Alkutuotantoa ja elintarvikkeiden jalostusta koskevien tietojen lähteenä käytettiin ensisijaisesti Luonnonvarakeskuksen julkaisemia tilastoja (stat.luke.fi).

### 3.3. Kirjallisuus

Kirjallisia tutkimusraportteja ja selvityksiä sähkönjakelukeskeytysten vaikutuksista erityisesti elintarviketuotantoon ja sen alkutuotantopäähän on erittäin niukasti. Tarkastelut on useissa tapauksissa tehty suurista kokonaisuuksista ja kuluttajien tai elintarvikehuollon näkökulmasta. Toisaalta on käytävissä suhteellisen yksityiskohtaista biologista taustatietoa siitä, kuinka tavanomaisesta tuotannosta poikkeaminen vaikuttaa esim. tuotantoeläinten terveyteen tai tuotokseen. Näiden kahden ”ääripään” välillä olevat kirjalliset lähteet ovat lähinnä ohjeita varautumiseen ja yleisiä toteamuksia alkutuotannon prosesseihin kohdistuvista vaikutuksista.

Elintarvikehuollon toimivuutta sähkökatkoissa on käsitelty Turvallisuuskomitean julkaisussa ”Sähköriippuvuus modernissa yhteiskunnassa” (Laitinen 2015). Siinä käsitellään mm. elintarviketuotantoa, kuljetusta ja kauppaa.

”Sähköhuollon suurhäiriöiden riskianalyysi- ja hallintamenetelmien kehittäminen” -projektissa (Verho ym. 2012), arvioitiin sähkönjakeluyhtiöille suunnatussa, koko maan kattavassa kyselyssä myös alkutuotantotilojen varautumista. 37 erilaisen sähkönkäyttökohteen varautumisen tason arvioinnissa maitotilat olivat parhaiten varautuneita, siipikarjat sijalla 6, sikalat sijalla 10 ja kasviuoneviljelmät sijalla 15. Elintarvikeketjuihin liittyvät logistiikkakeskukset ja tavaraterminaalit, pk-teollisuus ja ”muu kaupan ala” (ei kauppakeskukset) olivat sijoilla 24, 26 ja 27. Arvio perustuu sähkönjakeluyhtiöiden arvioihin, eikä toimijoiden omaa arvioita selvitetty. Alkutuotannon varautumista koskevia johtopäätöksiä voidaan siten pitää vain suuntaa antavina.

Sähkökatkojen vaikutusta elintarvikeketjuun ja erityisesti maidontuotantoon on selvitetty kansainvälisesti luonnonkatastrofiin yhteydessä. Kanadasta on julkaistu raportteja varsinkin vuoden 1998 lumimyrskystä, joka katkaisi sähköt 36 000 tilalta yli viikon ajaksi. Myrsky aiheutti yli 10 miljoonan litran maitomenetykset lypsämättä jääneiden lehmien ja pilaantuneen maidon vuoksi. Eläimiä jouduttiin lopettamaan, osalla maidontuotanto ehtyi, ja maitoa jouduttiin myös hävittämään. Tuotannon palautumista on tarkasteltu ainoastaan alueellaisella tasolla ja vuotuisesta tuotannosta. Raporteissa ei ole erikseen eritelty tiloilla ja muualla ketjussa tapahtuneita tappioita, mutta toisaalta todetaan, että vaikutukset olivat vakavimpia ilman varavoimaa jääneillä tuottajilla (Kerry ym. 2010, Dupigny-Giroux 2000). Myrskyn aiheuttaman katkon osalta on lisäksi analysoitu koko infrastruktuurin riippuvuussuhteita (Chang ym. 2007). Yhdysvalloista on raportoitu mm. hurrikaani Katrinan tuhoista, mutta raporteissa ei ole eritelty sähkönjakelun, kuljetuksen ja myrskyn eläimille aiheuttamien suorien vahinkojen osuutta (Schnepf ja Chite 2005, Herndon 2006).

Kiinassa on tarkasteltu lumimyrskyjen aiheuttamien katkojen kokonaisvaikutuksia alueelliseen talouteen ja maatalouden tappiota on tarkasteltu osana kokonaisuutta (Hu ym. 2013). Uudessa-Seelannissa on selvitetty tulivuoresta purkautuvan tuhkan potentiaalisia vaikutuksia lypsykarjatilaille riskinarvioinnin avulla ja sähkönjakelun häiriöt on tunnustettu merkittäväksi ongelmaksi (Wilson & Cole, 2007).

Sähkökatkon vaikutuksia maitotuotteiden valmistukseen ja kuluttajiin on käsitelty mm. empiirissä tutkimuksessa ”Auswirkungen des Ausfalls Kritischer Infrastrukturen auf den Ernährungssektor am Beispiel des Stromausfalls im Münsterland im Herbst 2005” (Menski ja Gardemann, 2008). Tarkastelun kohteena olivat lähinnä tuotteiden valmistus ja kuluttajakäyttäytyminen.

Poikkeustilanteiden vaikutusta mm. lypsykarjalle on käsitelty julkaisussa ”Emergency preparedness and response” (AVMA 2012). Siinä käsitellään mm. rehun saannin ja rehun laadun vaikutuksia lypsykarjaan ja maidontuotantoon.

Broilerin ja sianlihan tuotantoketjujen varautumisesta sähkökatkoon tai sähkökatkon vaikutuksista tuotantoketjuun ei ole saatavilla tutkimustietoa Suomesta tai muualta. Joitain alueellisia selvityksiä, jotka perustuvat kyselytutkimuksiin on löydettävissä (esim. Meta Economics 2013). Ainoastaan yhdessä kyselytutkimuksessa selvitettiin kotieläintuotannon herkkyyttä sähköhäiriöihin (Brehovska & Libal 2013). Kyselytutkimus toteutettiin Etelä-Böörin alueella Tšekissä. Lyhyen raportin loppupäätelmät ovat kuitenkin hyvin yleisiä.

Yksittäisten tekijöiden (lämpötila, ilmanvaihto, ilmankosteus, ilman kaasujen pitoisuudet, veden saanti ja rehun saanti) vaikutuksesta eläinten tuotantoon on saatavissa tutkimustietoa. Erityisesti lyhytaikaisten muutosten vaikutuksesta sitä ei kuitenkaan ole. Esimerkiksi broilereiden ja sikojen lämmönsietokykyä korkeissa lämpötiloissa ja sen vaikutuksia tuotanto-ominaisuuksiin on selvitetty maissa, joissa on pitkäjaksoisia lämpöaaltoja. Eläinten tiedetään kestävän paremmin pitkäjaksoisempia ja hitaampia kuin lyhytjaksoisia muutoksia.

Viljaketjua ja sen osia on uusimmissa julkaisuissa käsitelty erityisesti vastuullisuuden näkökulmasta, mutta ketjun toiminnasta sähkökatkon sattuessa ei löydetty selvityksiä. Turvallisuuskomitean julkaisussa ”Sähköriippuvuus modernissa yhteiskunnassa” (Laitinen 2015) todetaan, että kun sähköä on rajoitetusti käytössä, keskitytään tuotannossa perustuotteisiin kuten ruisleipään ja lenkkimakaraan.

Kotimaisessa vihannestuotannossa (ml. kasvihuonevihannesten tuotanto) Laatutarha-ohjeiston (Kotimaiset kasvikset ry. 2013) noudattaminen on edellytyksenä oikeudelle käyttää Sirkkalehtilippumerkkiä, jota hallinnoi Kotimaiset kasvikset ry. Ohjeisto vahvistaa yritysten hyviä viljelykäytäntöjä, varmistaa tuotteiden turvallisuutta, tuotannon vähäistä ympäristökuormitusta ja työntekijöiden hyviä työoloja. Ohjeisto sisältää myös kohtia yrityksen järjestelmälliseen kehittämiseen ja toiminnan tuloksellisuuden ja taloudellisen tilanteen seurantaan. Laatutarha-ohjeistuksessa ei mainita sähkökatkoihin varautumista lainkaan, mikä on selvä puute, sillä pitkällä sähkökatkolla on vaikutusta, paitsi tuotannon määrään ja laatuun, myös yrityksen toiminnan jatkuvuuteen ja kannattavuuteen.

Tuoreessa kasvihuoneviljelyn oppikirjassa (Järvinen ym. 2016) todetaan, että sähkökatkoksen varalta puutarhalla pitää olla varageneraattori, jolla turvataan lämmityksen, kastelun ja ilmastonsäätöautomatiikan toiminta. Varavoimakoneella ei ole järkevää varmistaa runsaasti sähkötehoa vaativaa kasvuvaloa. Laajan sähkökatkoksen aikana tammikuussa 2015 haastateltiin tervolaista tomaattiviljelijää (Nykänen 2015). ”*Töitä on jouduttu tekemään otsalampun kanssa. Katkot haittaavat tomaattien kasvua ja heikentävät niiden laatua ja oikein pitkä katko voi tappa kasustoja*”, kertoi Ilkka Tarvainen.

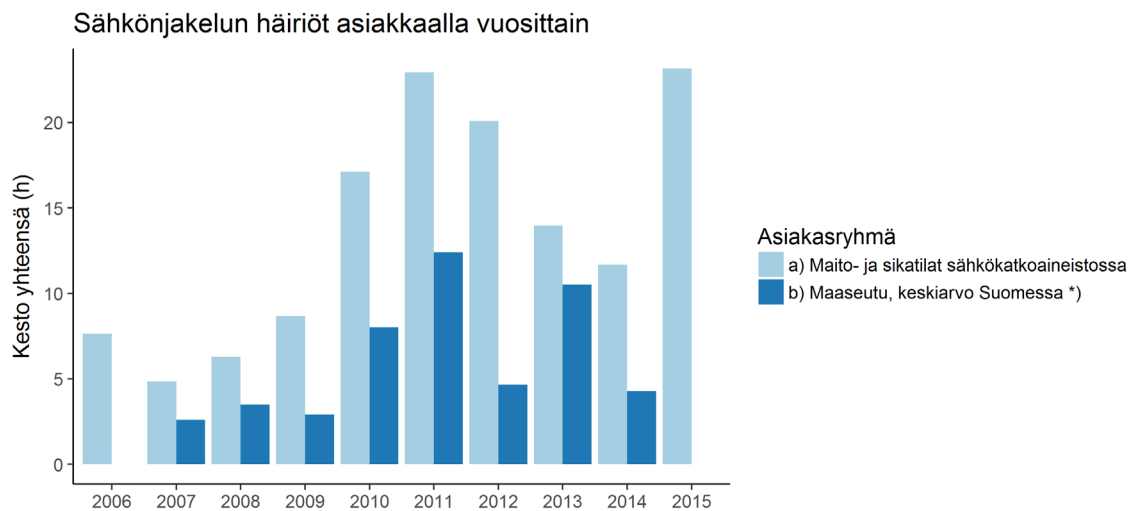


## 4. Sähkönjakeluhäiriöt alkutuotantotiloilla

### 4.1. Sähkönjakeluhäiriöiden yleisyys ja kesto

Tässä kappaleessa esitetyt tulokset perustuvat sähkön jakeluverkkoyhtiöiltä saatuun sähkökatkoaineistoon sekä niihin yhdisteltyihin maidon ja sianlihan tuotantotilastoihin. Aineistot ja niiden kattavuus on kuvattu luvussa 3.2 (Tilastoaineistot).

Vuosien välinen vaihtelu sähkönjakelun häiriöissä on suurta. Valtakunnallisesti katsottuna keskimääräinen yhteenlaskettu keskeytysaika vuoden aikana on ollut noin kuusi tuntia maaseutualueilla, taajama-alueilla selvästi vähemmän. Tässä tarkastellussa sähkökatkoaineistossa maito- ja sikatilojen keskimääräiset keskeytysajat olivat selvästi näitä kansallisia keskiarvoja pidempiä (kuva 4). Vuonna 2010 Asta-, Veera- ja Lahja-myrskyt sekä vuonna 2011 Tapani- ja Hannu-myrskyt aiheuttivat runsaasti sähkökatkoja varsinkin maidon tuotantoalueilla. Vuoden 2012 Antti-myrsky aiheutti eteläisessä Suomessa sähkökatkoja keskeisellä sianlihan tuotantoalueella.



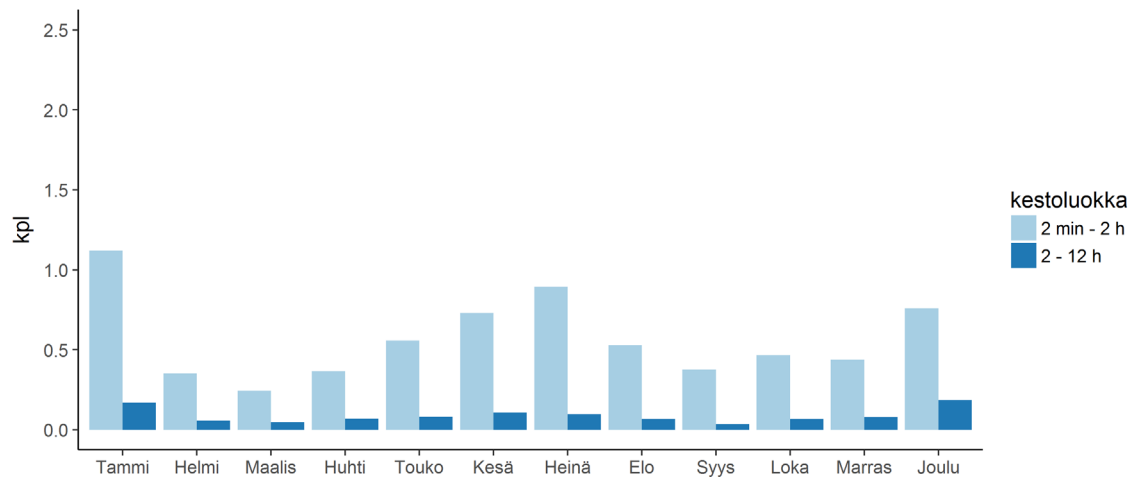
\*) lähde: Energiateollisuus, [https://energia.fi/ajankohtaista\\_ja\\_materiaalipankki/](https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/)

**Kuva 4.** Sähkönjakelun keskeytysten vuosikohtaiset kestot tunteina vuosina 2006–2015. Arvot ovat keskimääräisiä keskeytysaikoja asiakkaalla vuodessa, kaikki keskeytykset yhteensä, sisältäen jälleenkytkennät. Vaaleansininen palkki kuvaa keskeytyksiä hankkeessa analysoiduilla maatiloilla, ja tummansininen valtakunnallisia, maa-seutualueelle laskettuja keskiarvoja. Katkoaineiston maatilojen määrä vaihteli vuosikohtaisesti 1300:n ja 2500:n välillä. Laskennassa huomioitiin vain tilat, joille on tietoja koko vuodelle.

Sähkökatkon ajoittuminen vuoden aikana vaikuttaa sen seurauksiin tilan tuotannossa. Lyhyet, alle 2 tunnin katkot (85 % katkoista) ajoittuivat aineistossa vuositasolla usein talveen ja kesään (kuva 5), rytmien toistuessa vuosittain melko samankaltaisena. Näiden lyhyiden katkojen osuus tilojen kokemasta jakeluhäiriöiden kokonaiskestosta oli kuitenkin vähäinen.

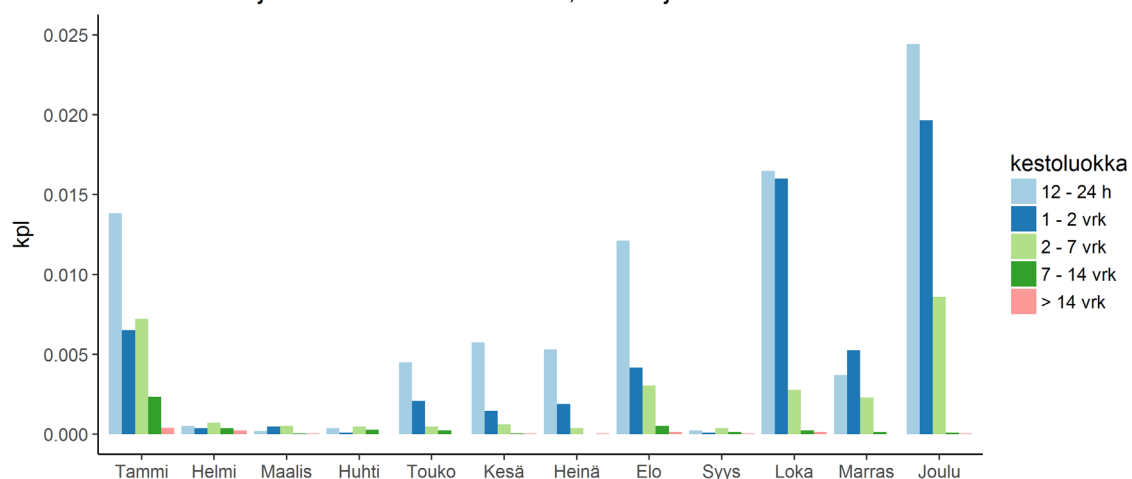
Pitkät yli 12 tunnin katkot (kuva 6) olivat harvinaisempia, ja ilmenivät tyypillisesti syksyn ja alkutalven aikana. Luonnonilmiöillä (tärkeimpinä tuuli ja myrsky, lumi- ja jääkuorma sekä ukkonen) oli suuri vaikutus näiden pidempien katkojen ajoittumiseen, ja vuosien välinen vaihtelu oli suurta. Suuri osa tilojen kokemasta keskeytysajasta kertyi näistä pidemmistä katkoista.

Alle 12 h katkojen määrä kuukausitasolla, maito- ja sikatilat

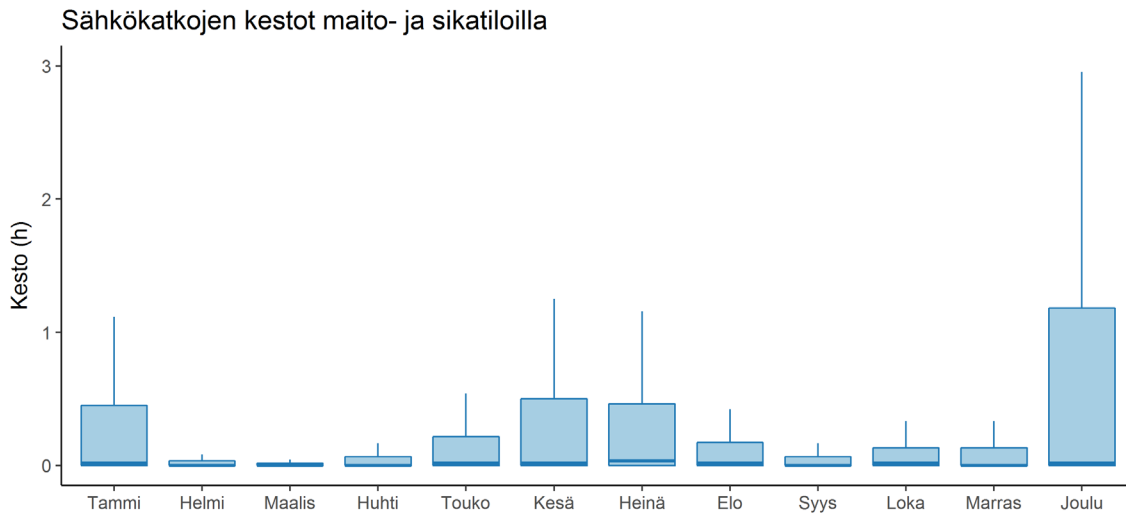


**Kuva 5.** Alle 12 tunnin katkojen määrä kuukausitasolla vuosina 2006–2015. Aineisto sisältää hankkeessa analysoidut maito- ja sikatilat (n=3498). Kahden minuutin – kahden tunnin katkojen keskimääräinen kuukausittainen määrä vaaleansinisellä, ja pidemmät kahden tunnin – kahdentoista tunnin katkot tummansinisellä.

Yli 12 h katkojen määrä kuukausitasolla, maito- ja sikatilat



**Kuva 6.** Yli 12 tunnin katkojen määrä kuukausitasolla vuosina 2006 – 2015. Aineisto sisältää hankkeessa analysoidut maito- ja sikatilat (n=3498). Pylvään väri kuvaa katkon keston mukaisen luokan. Pitkät katkot ovat harvinaisia, joten Y-akselin arvot ovat sadasosia kuvan 5 arvoista.



**Kuva 7.** Häiriöiden kuukausikohtaiset kestot aikajaksolla 2006–2015. Mukana ovat kaikki hankkeessa analysoidut maito- ja sikatilat (n=3498). ”Laatikon” yläraja osoittaa 0.75 ja alaraja 0.25 kvantiilin, näiden välinen vaakaviiva keskimääräisen arvon, ja pystyviiva minimin ja maksimin sijainnin kun äärimmäiset arvot (> 1.5 \* laatikon korkeus) on poistettu.

Häiriöiden yhteenlaskettu kesto tiloilla oli tyypillisesti pisin niinä kuukausina, jolloin katkoja oli myös määrällisesti eniten eli joulutammikuussa sekä kesä-heinäkuun aikana. Jakaumat tilojen kokeille katkoille eri kuukausina on esitetty kuvassa 7.

## 4.2. Sähkökatkojen määrä kyselyissä ja haastatteluissa

Alkutuotantotiloille suunnatuissa kyselyissä kysyttiin, kuinka usein ja minkä pituisia sähkönjakelukeskeytyksiä tuotannossa on esiintynyt. Taulukossa 3 on esitetty tuottajien arvio sähkökatkojen toistumistiheydestä. Taulukko 4 kuvaa vastaajien havaintoja katkojen tyypillisistä pituuksista. Kysymykseen oli mahdollista vastata yhdellä tai useammalla valinnalla.

**Taulukko 3.** Alkutuotantotilojen kokemien sähkökatkojen toistuvuus kyselytutkimuksen mukaan.

Tuotantosuunta	Harvemmin kuin kerran vuodessa, tai ei katkoja	Kerran vuodessa	Kerran puolessa vuodessa	Kerran kolmessa kuukaudessa	Kerran kuukaudessa tai useammin
Maitotilat (N=346)	7 %	14 %	34 %	35 %	11 %
Sikatilat (N=63)	20 %	23 %	28 %	17 %	11 %
Broilertilat (N=60)	13 %	13 %	33 %	23 %	18 %
Leipäviljatilat (N=680)	20 %	21 %	31 %	20 %	10 %
Kh-vihannesviljelmät (n=31)	16 %	19 %	19 %	29 %	16 %
Taimikasvattamot (n=3)	33 %	33 %	33 %	0 %	0 %

**Taulukko 4.** Alkutuotantotilojen kokemien sähkökatkojen arvioitu kesto kyselytutkimuksen mukaan. Vastaajien oli mahdollista merkitä yksi tai useampia tyypillisiä kestoja. Kasvihuonevihannesviljelijöiden vastauksissa sekunnit ja minuutit on yhdistetty.

Tuotantosuunta	Sekunteja	Minutteja	Tunteja	Päiviä
Maitotilat (n=345)	17 %	67 %	65 %	7 %
Sikatilat (n=63)	5 %	52 %	52 %	13 %
Broilertilat (n=60)	2 %	40 %	90 %	12 %
Leipäviljaketju (n=671)	14 %	58 %	56 %	6 %
Kh-vihannesviljelmät (n=31)	→	32 %	90 %	0 %

Maito- ja sikatiloille tehtyjen kyselyiden sähkökatkojen toistuvuutta ja kestoja koskevat vastaukset ja sähköjakeluyhtiöiden sähköjakelukeskeytyksiä koskevien tilastotietojen (luku 4.1) välillä on suuri ero. Tätä eroa selittää mm. se, että kyselyyn vastanneet tilat ja katkotilastossa mukana olevat tilat ovat vain osittain samoja. Kyselyyn vastanneet maitotilat kattoivat suhteellisen tasaisesti kaikki Suomen maidontuotantoalueet, kun taas katkotilastossa olleet maitotilat sijaitsivat sähköjakelukeskeytystilastot luovuttaneiden jakeluverkonhaltijoiden toimialueilla. Jakeluverkkojen sijainti ja maantieteelliset erot vaikuttavat siihen, kuinka paljon ja kuinka pitkiä sähköjakelukeskeytyksiä ko. alueilla esiintyy. Alkutuottajien kyselyssä ilmoittamat katkojen määrät ja keskimääräiset pituudet ovat myös kokemus- ja muistiperäistä tietoa. Tällöin on todennäköisempää, että mieleen jäävät vain tilan töiden ja prosessien kannalta merkitykselliset sähkökatkotilanteet.

Sika- ja broileriteurastamoissa sähkökatkoksia oli koettu useimmiten joko kerran puolessa vuodessa tai kerran vuodessa. Hautomoilla sähkökatkoja oli koettu samoin myös kerran vuodessa tai kerran puolessa vuodessa, yhdellä hautomolla ei ollut ollut koskaan sähkökatkoja. Kestoltaan sähkökatkot ovat vastanneiden mukaan olleet kaikilla yleisimmin tunteja tai minutteja. Vain muutamalla tilalla on tullut kokemusta päiviä kestävästä sähkökatkosta. Teurastamoilla ja hautomoilla sähkökatkot ovat olleet lyhyempiä.

Leipäviljailoilla sähkökatkoja oli kerran kuukaudessa tai useammin vain 10 %:lla ja noin 40 %:lla tiloista katkoja oli kerran vuodessa tai harvemmin. Sähkökatkot olivat kestoiltaan lyhyitä ja päiviä kestäneitä katkoja koki 6 % vastanneista. Leipäviljailoilla sähköntoimitusvarmuus oli erityisesti viljantuotannon prosessien kannalta hyvä.

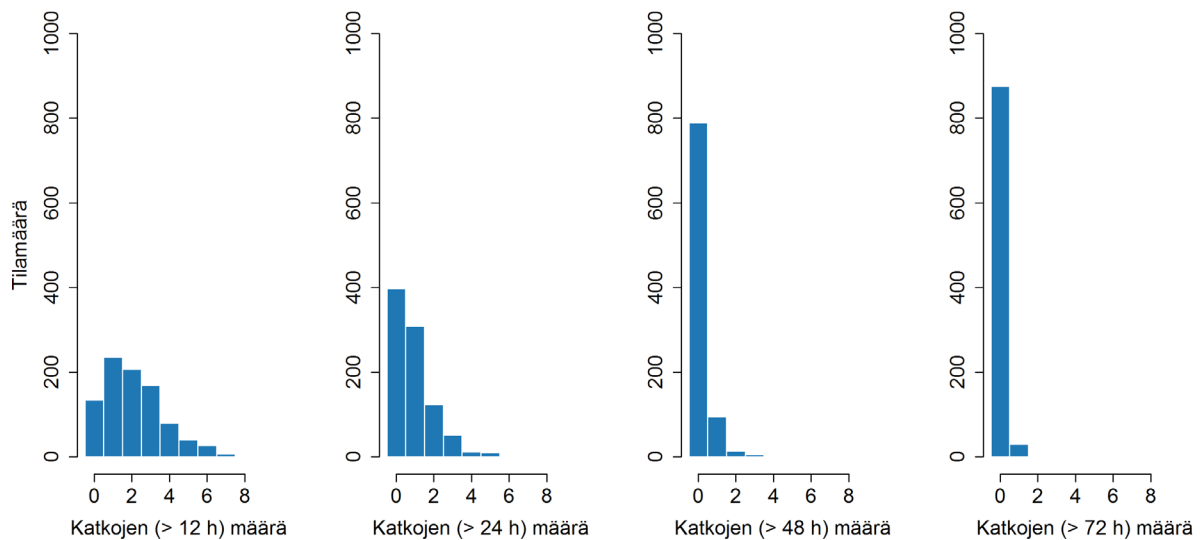
Taimikasvattamot eivät raportoineet päivien mittaisista katkoista, ja tyypillisesti katkot olivat vain hetkellisiä. Vihannespakkaamot sijaitsivat yleensä niin keskeisillä paikoilla, että sähköverkkoviat saadaan nopeasti kuntoon. Ne ilmoittivat, että katkojen kestot ovat sekunti- tai minuuttiluokkaa ja että niitä esiintyy noin kerran vuodessa.

### 4.3. Sähkökatkojen tuotosvaikutus

Hankkeessa analysoitiin pitkien sähkökatkojen tuotosvaikutuksia kahden jakeluyhtiön alueella olevilla maito- ja sikatiloilla. Sähkökatkoaineisto sisälsi tietoja yhteensä 2 947 maitotilalta ja 551 sikatilalta.

Tilakohtaisessa maidontuotoksessa oli melko paljon vaihtelua kuukausien välillä, ja osa vaihtelusta oli vuosirytmistä. Tutkittavan jakson (2006–2015) aikana maitoa tuottavien tilojen määrä Suomessa puolittui, mutta tilakohtaisen keskimääräisen tuotoksen kasvaessa maan maidontuotanto pysyi tasaisena.

Tyypillinen tila sähkökatkoaineistossa oli kokenut yhdestä kahteen yli 12 tunnin katkoa kymmenen vuoden tarkastelujakson aikana, ja yli puolet tiloista oli kohdannut ainakin yhden yli 24 tunnin sähkökatkon. Eripituisten katkojen tilakohtaiset esiintyvyydet tarkastelujakson aikana on esitetty kuvassa 8.

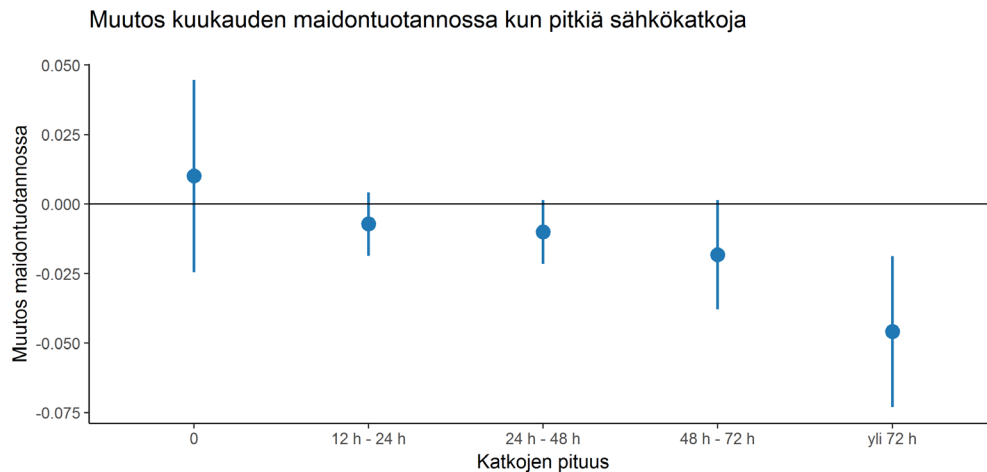


**Kuva 8.** Histogrammi maatilakohtaisista pitkien katkojen lukumäärästä 10 vuoden tarkastelujakson aikana maitotiloilla. Mukana tarkastelussa ovat ne tilat, joilta oli saatavissa tieto tuotannosta ja sähkönjakelun häiriöistä koko 10 vuoden tarkastelujaksolle (n=905).

Katkojen tilakohtaista vaikutusta maidontuotantoon tutkittiin tilastollisen mallin avulla. Tarkastelu kohdennettiin ajankohtiin (kuukausiin), joiden aineisto sisälsi yli kahden vuorokauden yhtäjaksoisia sähkökatkoja.

Katkojen yhteispituuden ollessa 2–3 vuorokautta kalenterikuukauden aikana, mallin tuottama estimaatti pudotukselle tilan kuukauden maidontuotoksessa on noin kaksi prosenttia, ja katkojen yhteispituuden ylittäessä kolme vuorokautta, vastaava pudotus on noin viisi prosenttia. Estimaatit maidontuotannon pudotukselle virherajoinen on esitetty kuvassa 9. Katkojen jälkeisenä kuukautena ryhmät eivät enää poikenneet tilastollisesti toisistaan, eli tuotannon voi tulkita toipuneen sähkökatkojen vaikutuksesta.

Mallinnus on toteutettu lineaarisena sekamallina, jonka vastemuuttuja on maidontuotannon muutos (%) tilan edelliseen kuukauteen verraten. Kiinteän osan selittävänä tekijänä käytettiin sähkökatkojen yhteenlaskettua pituutta kuukauden aikana, binaarista aikamuuttujaa (tarkasteltavan katkon aikainen vai sen jälkeinen kuukausi) ja aikamuuttujan ja katkojen yhteenlasketun pituuden yhteisvaikutusta. Mallin satunnaistekijänä käytettiin ajankohtaa eli tarkasteltua kuukautta.



**Kuva 9.** Kuva esittää tilastollisella mallilla tuotetut estimaatit maidontuotannon kuukausittaisen määrän muutoksesta sähkökatkoja kokevalla tilalla. Muutos on laskettu suhteessa edeltävän kuukauden tuotokseen. Pystyviivat kuvaavat 95 % virherajaa.

Vaikka mittavat sähkökatkot näkyivät niitä kokeneiden tilojen maidontuotannossa, ei meijeriin toimitetun maidon kokonaismäärä kuukausitasolla poikennut normaalista laaja-alaistenkaan sähkökatkojen aikana. Mahdollista poikkeamaa analysoitiin sekamallilla, jonka vastemuuttujana oli maidontuotos ja selittäjänä binaarimuotoinen tieto siitä, esiintyykö kuukauden aikana pitkäkestoisia katkoja koko aineiston tasolla. Tarkasteltava ajankohta oli mallissa satunnaisvaikutuksena. Mallin perusteella meijerin vastaanottamassa kokonaismäärässä ei ollut eroa normaalin kuukauden ja pitkiä katkoja sisältävän kuukauden välillä.

Pitkien sähkökatkojen tilakohtaista vaikutusta teurastettujen sikojen määrään tutkittiin tilakohtaisesti tilastollisen mallin avulla. Tarkastelu kohdennettiin ajankohtiin (kuukausiin), joiden aineisto sisälsi yli kahden vuorokauden yhtäjaksoisia sähkökatkoja. Tarkasteltavaksi otetut ajankohdat poikkesivat maidontuotannon analyysissä käytetyistä, sillä käytettävissä oleva aikasarja oli lyhyempi (1.1.2012–31.12.2015). Koetun sähkökatkon pituudella ei tarkastelun perusteella ollut selitysvoimaa teurastusten ajoittumiseen (binaarimuuttuja, onko tilalta toimitettu kuukauden aikana sikoja teurastukseen) tai teurastettujen sikojen määrään (kpl).

Sikojen teurastusten kokonaismäärä kuukausitasolla ei poikennut normaalista laaja-alaistenkaan sähkökatkojen aikana. Analyysi toteutettiin vastaavalla lineaarisella sekamallilla kuin meijeriin toimitetun maidon kokonaismäärän analyysi. Vastemuuttujana oli sikojen teurastusten määrä ja selittäjänä binaarimuotoinen tieto laaja-alaisten katkojen esiintymisestä kuukauden aikana. Tarkasteltava ajankohta oli mallissa satunnaisvaikutuksena. Mallin perusteella sikojen teurastusmäärässä ei ollut eroa normaalin kuukauden ja pitkiä katkoja sisältävän kuukauden välillä.

## 5. Sähkökatkojen vaikutukset elintarviketuotannossa

Valittujen elintarvikeketjujen sähköherkkyyttä ja varautumista sähkönjakeluhäiriötilanteisiin selvitettiin kyselyillä ja haastatteluilla. Tässä luvussa käsitellään kyselyn tulokset, jotka liittyvät sähkökatkojen vaikutuksiin ja palautumiseen sähkökatkoista. Varautumiseen liittyvät tulokset esitetään luvussa 6.

### 5.1. Maitoketju

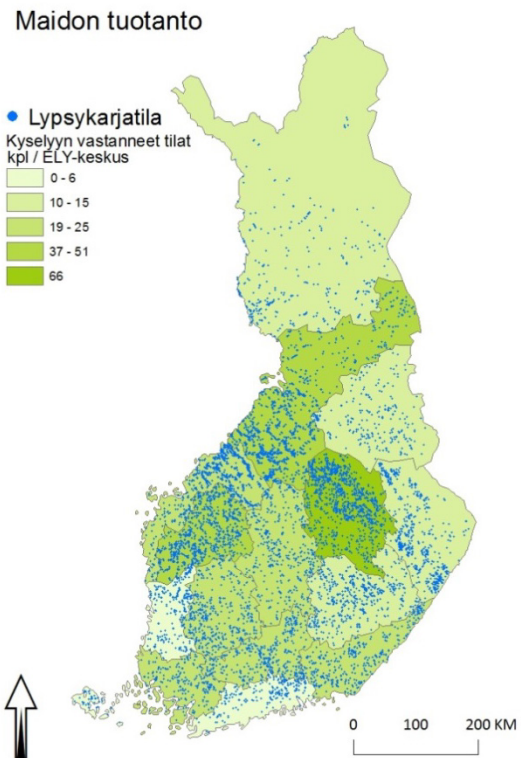
#### 5.1.1. Tuotantorakenne

Suomessa tuotetaan vuosittain maitoa yli 2,3 miljardia litraa. Maidontuotantoa on koko Suomen alueella, mutta suurinta tuotanto on Pohjois-Savon, Pohjanmaan sekä Pohjois- ja Etelä-Pohjanmaan maakunnissa (kuva 10).

Suomi on maitotuotteiden kulutuksen kärkimaa. Henkilöä kohden kulutamme maitotuotteita maidoksi muutettuna yli 400 kiloa vuodessa, kun kulutuksen globaali keskiarvo on noin 100 kiloa (FAOSTAT 2017). Suomalaiset kuluttivat nestemäistä maitoa viime vuonna noin 120 litraa henkeä kohden (SVT 2017c). Maidon nesteomavaraisuus oli 96 %.

Kaupanestetuotteita valmistaa maassamme 12 meijeriä. (Suomen Meijerikalenteri 2016). Purkkimaitoja pakattiin vuonna 2016 653 miljoonaa litraa.

**Kuva 10.** Kaikkien lypsykarjatilojen sijainti ja kyselyyn vastanneiden lypsykarjatilojen sijainti ELY-keskuksittain.



Maitotilojen rakennemuutos on ollut nopeaa viimeisten vuosikymmenten aikana. Vuonna 2016 lypsykarjatalous oli päätuotantosuunta enää hieman alle 7 300 maatilalla, kun vuonna 1995 lypsykarjataloja oli yli 32 000 (SVT 2012b, SVT 2017d). Viime vuosina maitotilojen määrä on vähentynyt reilulla 5 prosentilla vuosittain, mutta tilakoon kasvun seurauksena lypsylehmien lukumäärä on kuitenkin pysynyt lähes ennallaan. Vuonna 2016 lypsylehmiä oli kaikkiaan noin 282 400 kappaletta ja keskimäärin tiloilla oli 35 lehmää. Suomalaiset maitotilat ovat kuitenkin edelleen varsin pieniä; yleisin karjako- koluokka on 20–29 lehmää ja yli 100 lehmän tiloja on noin 400 (SVT 2017b).

Tuotosseurantakarjoista vuonna 2015 67 % oli parsinavetoita ja 32 % pihatoita. Parsinavetoissa on yleensä käytössä putkilypsy, joten se on edelleen yleisin lypsykonetyyppi suomalaisilla maitotiloilla. Pihatoissa lehmät lypsetään joko lypsasemalla tai lypsyrobotilla. Automaattiset lypsyjärjestelmät ovat kasvattaneet voimakkaasti osuuttaan viimeisen kymmenen vuoden aikana, ja tällä hetkellä noin kolmasosa maidosta tuotetaan automaattilypsytiloilla. Vuoden 2006 lopussa automaattilypsy oli käytössä 216 tilalla. Vuonna 2016 automaattilypsytiloja oli lähes 1 000 ja niiden osuus maitotiloista oli 13,6 % (Nyman 2017).

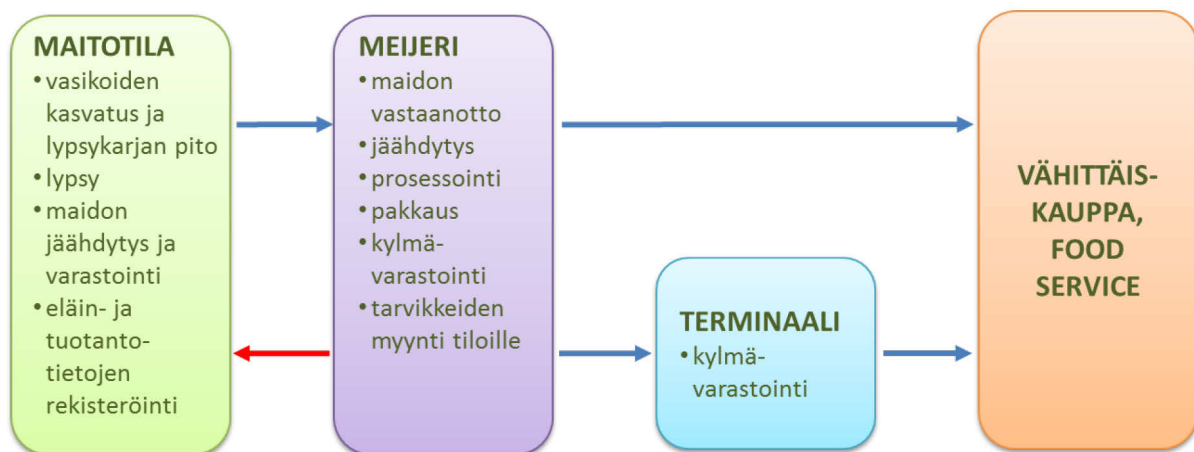
Rakennemuutoksen voidaan olettaa jatkuvan samansuuntaisena myös tulevana vuosina. Suomen Gallup Elintarviketieto Oy:n keväällä 2016 toteuttaman valtakunnallisen Maatilojen kehitysnäkymät -kyselyn perusteella peräti puolet maitotiloista aikoo lopettaa tuotannon vuoteen 2022 mennessä.

Tuotantorakenne-ennusteen perusteella yli 100 lehmän navetoiden osuus nousee nykyisestä noin 5 prosentista 20 prosenttiin.

### 5.1.2. Maitoketjun kuvaus

Suomessa lypsylehmien kasvatus aina syntymästä eläimen teuraaksi lähtemiseen asti tapahtuu yleensä samalla tilalla. Maidontuotannon käynnistymiseksi ja ylläpitämiseksi lehmän on tuotettava vasikka säännöllisin väliajoin. Suomessa lehmä poikii ensimmäisen kerran hieman yli 2-vuotiaana ja tämän jälkeen keskimäärin 410 päivän välein (ProAgria 2017). Syntyvät lehmävasikat jäävät tilalle kasvamaan tuleviksi maidontuotantoeläimiksi ja sonnivasikat siirtyvät lihakarjakasvattamoihin. Nykyään on mahdollista myös ulkoistaa uudistuseläinten kasvatus, jolloin lehmävasikat siirtyvät niin sa-nottuihin hiekokasvattamoihin ja palaavat niistä noin parin vuoden ikäisinä takaisin syntymätiloilleen poikimaan ja tuottamaan maitoa.

Kaupanesteketju on kuvattu kuva 11. Raakamaito lypsetään tilalla, josta se kuljetetaan meijeriin (maitoautolla vastaanottosäiliöön). Meijerissä tapahtuu varsinainen prosessointi raakamaidosta kaupanesteeksi. Valmiit tuotteet siirtyvät pakkauskoneelta meijerin kylmävarastoon. Kylmävarastosta tuotteet toimitetaan eteenpäin esimerkiksi vähittäiskauppaan tai suurkeittiöihin.



**Kuva 11.** Maitoketjun vaiheet lypsykarjatilalta jakeluun. Siniset nuolet kuvaavat tuotevirtaa ja punaiset nuolet meijeriltä tilalle toimitettavia aineita ja tarvikkeita.

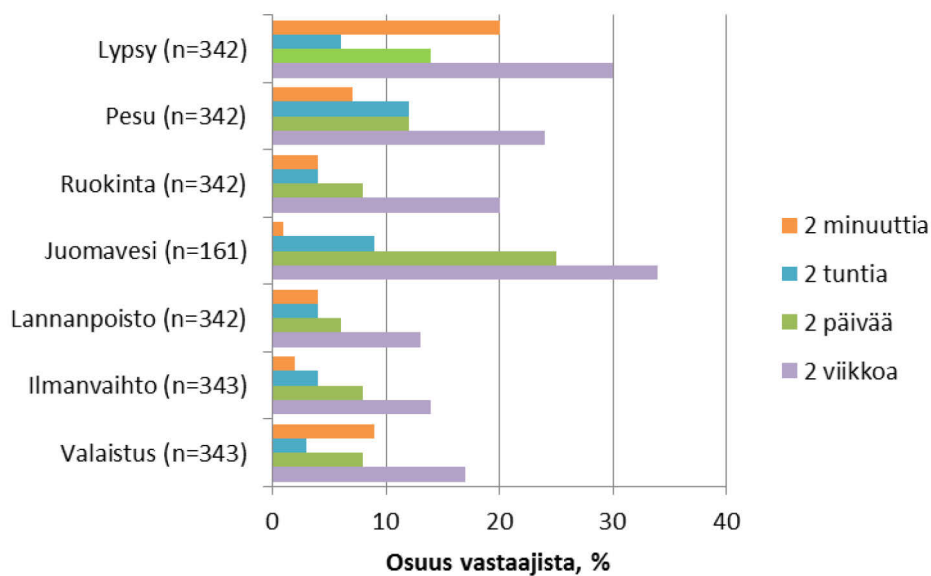
Maidon kaupanesteketju on lyhyt: optimitalanteessa maito kerätään tilalta suoraan jalostavaan meijeriin ja kuljetetaan sieltä prosessoinnin jälkeen asiakkaalle. Asiakas voi olla vähittäiskauppa, yksityinen tai julkinen suurkeittiö ym. Tieto kuitenkin kulkee ketjussa laajemmin (esim. kaupan keskusliikkeelle).

### 5.1.3. Sähkökatkon vaikutukset maitoketjun osiin

Maidon alkutuotanto on nykyään varsin sähköriippuvaista. Maitotilalla sähköä tarvitaan lypsyyteen ja maidon käsittelyyn, lämmitykseen ja valaistukseen sekä järjestelmästä riippuen ruokintaan, ilmanvaihtoon ja lannanpoistoon. Ilman sähköä maidon alkutuotanto pysähtyy nopeasti, sillä lehmä ei saada lypettyä. Maitotila ei käytännössä voikaan toimia vuorokautta pidempään ilman sähköä. Useamman vuorokauden sähköttömyys johtaisi siihen, että eläimiä on umpeutettava ja/tai lopetettava. Maitotiloille tehdyn kyselyn vastaukset sähkökatkon vaikutuksista perustuvatkin olettamukseen, että tiloilla on käytettävissä varavoimajärjestelmä. Suurimmalla osalla vastaajista (94 %) varavoimajärjestelmä oli jo olemassa ja loput ilmoittivat ostavansa tai vuokraavansa sellaisen, jos sähkökatko jatkuu useita päiviä.



Yleisesti maitotilan toimintoihin merkittävä osa (noin 20 %) vastaajista ilmoitti ongelmia tulevan vasta kahden viikon sähkökatkon seurauksena (kuva 12). Ongelmiksi mainittiin erityisesti varavoimakoneen käytöstä ja laitteiden toiminnan valvonnasta aiheutuva lisätyö. Pitkään jatkuvan sähkökatkon aikana toimintoja täytyisi myös priorisoida ja jaksottaa, sillä varavoiman teho ei useinkaan ole riittävä tai varavoiman tuottamiseen käytettävää traktoria tarvitaan myös muihin maatilan toimintoihin kuten ruokintaan. Lisäksi tuottajat olivat huolissaan varavoimakoneen pyörittämiseen tarvittavan polttoaineen mahdollisesta loppumisesta. Eniten pitkät sähkökatkot aiheuttivat ongelmia juomaveden saantiin; 25 prosentille aiheutui ongelmia kahden päivän sähkökatkosta ja yli 30 prosentille kahden viikon katkosta. Vähiten ongelmia oli odotettavissa lannanpoistoon.



**Kuva 12.** Maidontuotannon toimintojen häiriytyminen eripituisissa sähkönjakelukeskeytyksissä.

Ilmanvaihtoon sähkökatkot aiheuttivat ongelmia lähinnä vain parsinavetoissa ja lämminpihatoissa, joissa on tyypillisesti koneellinen ilmanvaihto. Näihin navettatyyppeihin oli odotettavissa ilmanvaihtoon liittyviä ongelmia 17 prosentille vastaajista, kun sähkökatko kesti kaksi viikkoa. Verhoseinä- ja kylmäpihatoissa suositaan ilman sähköä toimivaa painovoimaista ilmanvaihtoa, ja niiden ilmanvaihtoon tuottajat eivät uskoneet ongelmia ilmenevän edes pitkän sähkökatkon jälkeen. Sähkökatkon vaikutus ilmanvaihtoon riippuu luonnollisesti myös vuodenajasta, minkä tuottajat mainitsivat kuvaillessaan ongelmia. Samoin valaistukseen aiheutuvat ongelmat riippuvat vuodenajasta. Valojen sammuminen pimeään aikaan tekee työskentelystä hankalaa ja aiheuttaa varatilanteita navetassa.

Lyhyet sähkökatkot koettiin erityisen ongelmallisiksi lypsissä. Lypsyn aikana tuleva sähkökatko irrottaa lypsimit ja lypsy keskeytyy. Automaattilypsytiloilla robotti täytyy laittaa päälle tai uudelleenkäynnistää. Maitotiloista 20 % ilmoitti kahden minuutin sähkökatkon aiheuttavan ongelmia lypsyyneen, kun taas pidemmät, kahden tunnin tai päivän, katkot koettiin vähemmän ongelmallisiksi. Myös ruokinnan ja lannanpoiston kohdalla ongelmaksi mainittiin useimmiten laitteiden pysähtyminen lyhyenkin sähkökatkon seurauksena sekä vikatilan kuitaamisen ja laitteiden manuaalisesti päälle laittamisen aiheuttama lisätyö. Samoin maitotankin pesun aikana sähkökatko saattaa keskeyttää pesun kokonaan tai sotkea pesuohjelmia. Pesujen ja lypsyn kohdalla pidempään jatkuvan sähkökatkon osalta ongelmaksi nousi lisäksi veden saatavuus.

Lyhyet sähkökatkot aiheuttavat ongelmia erityisesti herkissä tietokone- ja automaattilaitteissa, joista monet eivät käynnisty automaattisesti lyhyenkään sähkökatkon jälkeen. Tästä syystä lyhyet sähkökatkot häiritsevät automaattilypsytilojen maidontuotantoa selvästi enemmän kuin niin sanottujen perinteisten pienten maitotilojen. Herkät laitteet tarvitsevat lisäksi katkotonta ja hyvälaatuista

sähköä. Avoimissa vastauksissa toistuikin se, ettei varavoimakoneen tuottama sähkö ole tarpeeksi tasalaatuista, joten laiterikkoja tulee helposti ja herkimmät laitteet on otettava pois päältä.

Maidontuotantotilan monet laitteet on liitetty sähköverkon lisäksi puhelin- ja tietoverkkoon. Sähkökatkon aikana myös tiedonsiirto saattaa vaarantua. Avoimissa vastauksissa tuottajat mainitsivat, että puhelimen ja internetin toiminta saattaa loppua muutaman tunnin sähkökatkon jälkeen, jolloin erilaisten hälytysten ja virheilmoitusten tulo tuotannon kannalta tärkeistä laitteista lakkaa ja avun saanti vaikeutuu. Puhelin- ja tietoverkon toiminnan loputtua myöskään eläinten ilmoittaminen teuraaksi tai välitykseen, tai syntyneiden vasikoiden rekisteröinti, eivät enää onnistu. Tästä voi seurata merkittäviä ongelmia sähkökatkon jatkuessa pidempään.

Teollisuudessa (meijereissä) sähkökatko aiheuttaa tuotannon pysähtymisen. Varasto ym. toiminnot ovat sähkötoimisten laitteiden ja robottien varassa, eikä käytössä oleva varavoima riitä niiden käyttämiseen. Tuotantolaitosten sähkötehon tarpeet ovat yleensä niin suuria, että varavoima voidaan mitoittaa vain prosessien hallitun alasajon ja ihmisten turvallisen poistumisen varmistamiseksi.

Kylmävaraston ulkopuolella teollisuushallissa olevat tuotteet lämpenevät viimeistään muutamassa tunnissa ja muuttuvat jätteeksi. Kylmävarastossa tuotteiden lämpiäminen kestää kuitenkin arviolta päiviä. Meijereihin olisi teknisesti mahdollista rakentaa riittävää varavoimakapasiteettia, mutta ratkaisua ei ole pidetty taloudellisesti kestäväenä.

#### 5.1.4. Sähkökatkon vaikutukset maitoketjun toimintaan

Maito on herkästi pilaantuva tuote. Raaka-aineen kuljetusta ja lopputuotteen käsittelyä koskee erityislainsäädäntö. Alkutuotannossa nousee sähkökatkon kestäessä huoli veden riittävydestä eläimille, joten ohjeistusta paikalliselta vesilaitokselta tarvitaan (esimerkiksi voiko vettä tulla hakemaan omalla säiliöllä). Ongelma koskee erityisesti tiloja jotka eivät ole vesistöjen varrella.

Alueellisen sähkökatkon tapahtuessa maitoraaka-aineen kuljetus ohjataan tiloilta sähkökatkon ulkopuoliselle jalostamolle. Koko maan kattavassa häiriössä keräily maitotiloilta pysähtyisi, eikä raakamaidon vastaanotto meijereihin onnistuisi.

Pidemässä katkossa maito muuttuu ongelmajätteeksi, jonka määrä kasvaa nopeasti huomattavan suureksi. Käytännön tilanteessa meijeri tarvitsee vakuutusyhtiöltä päätöksen tuotteiden toimittamiseksi jätteeksi ja jätevesikysymykset nousevat pullonkaulaksi: Meijeri ei voi käytännössä toimia jos jäteveden puhdistus ei toimi. Tämän lisäksi prosessisäiliöiden tyhjennys on meijerille iso toimenpide. Elintarvikehuollon lisäksi sähkökatkolla voi olla merkittäviä taloudellisia ja ympäristövaikutuksia.

Laitosten prosesseista joudutaan poistamaan merkittäviä määriä epäkelpoja tuotteita kaatopaikoille tai viemäriverkkoon. Elintarvikkeiden johtamisesta viemäriin pitää sopia jätevedenpuhdistamon kanssa, sillä ne voivat päätyä ohijuoksuksiin, elleivät pumppaamot toimi tai ne saattavat häiritä jätevedenpuhdistusprosesseja.

#### 5.1.5. Maitoketjun palautuminen sähkökatkon jälkeen

Kyselyn perusteella maitotilan toiminta palaa nopeasti normaaliksi myös pitkien sähkökatkojen jälkeen. Yli 80 % uskoi, että kahden viikonkin sähkökatkon jälkeen toiminta palaa normaaliksi muutaman tunnin sisällä (taulukko 5). Näin pitkistä sähkökatkoista ei kuitenkaan ole kokemusta, ja tuottajien arvio perustui selvästi olettamukseen, että varavoimakone toimii ja sen käyttämiseen on riittävästi polttoainetta saatavilla.

Neljännes vastaajista ilmoitti, että ainakin yhdessä maitotilan toiminnoista oli odotettavissa ongelmia kun sähkö palautuu. Yleisimmin ongelmia aiheutui lypsyyn. Erityisesti lypsyyn liittyviä ongelmia oli odotettavissa robottitiloilla, joista noin 20 prosenttia ilmoitti lypsyrobottiin liittyviä ongelmia. Ongelmiksi koettiin erityisesti se, että robotti täytyy sähkökatkon jälkeen käydä laittamassa päälle tai uudelleenkäynnistää ja lypsykierto saattaa mennä sekaisin. Parsinavetoista noin 10 prosentille aiheutui lypsyyn ongelmia.

Parsinavetoilla toinen yleisesti mainittu ongelmakohta oli vesihuolto. Pihatoissa oli vesihuoltoa enemmän ongelmia odotettavissa ruokintaan ja lannanpoistoon, sillä myös niistä huolehtivista laitteista täytyy käydä kuittaamassa virrehälytykset ja laittaa ne uudestaan käyntiin sähkökatkon jälkeen. Parsinavetoissa taas ruokintaan ja lannanpoistoon oli odotettavassa vähemmän ongelmia, koska niissä koneellistamisaste näiden toimintojen osalta on pienempi. Sen sijaan koneellisen ilmanvaihdon ja keskimäärin pihattoja pienemmän sisäkorkeuden takia parsinavetoissa oli odotettavissa pihattoja enemmän ongelmia ilmanvaihtoon.

**Taulukko 5.** Maidontuotantotilojen palautuminen eripituisten sähkökatkojen jälkeen.

Sähkökatkon pituus	Palautuu välittömästi normaaliksi	Palautuu muutamassa tunnissa	Palautuu muutamassa päivässä	Vaatii pidemmän palautumisajan
2 minuuttia (n=163)	99 %	1 %	0 %	0 %
2 tuntia (n=346)	88 %	11 %	1 %	0 %
2 päivää (n=338)	71 %	21 %	6 %	2 %
2 viikkoa (n=334)	64 %	17 %	12 %	7 %

Meijeriteollisuuden osalta sähkökatkosta palautumista arvioitiin syksyllä 2015 pidetyssä valmistusharjoituksessa. Harjoitukseen osallistuneiden näkemyksen perusteella 2 vrk kestävästä katkosta palautumiseen menisi ainakin vuorokausi. Lyhyet katkot mahdollistavat tuotannon käynnistämisen välittömästi sähköjen palaututtua. Toimintojen palautumisen kannalta meijereissä on keskeistä vesihuoltoon liittyvien järjestelmien toimiminen.

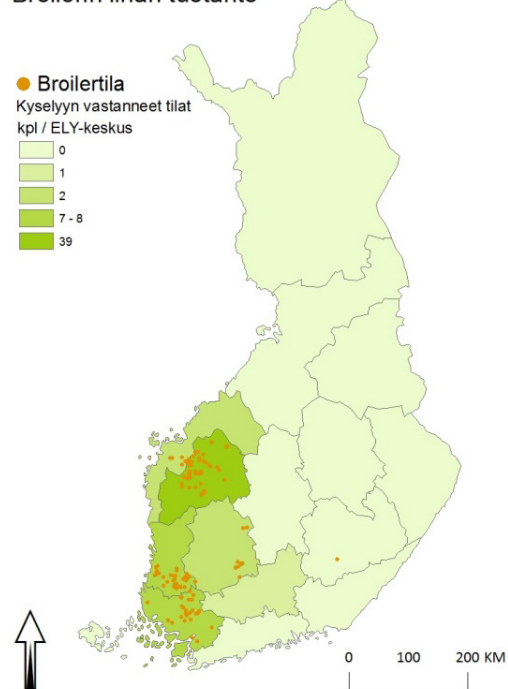
## 5.2. Broilerinlihaketju

### 5.2.1. Tuotantorakenne

Broilerituotanto on Suomessa pieni ja erikoistunut tuotannon ala ja maantieteellisesti keskittynyt teurastamojen läheisyyteen (kuva 13). Vuonna 2016 broileriemojen kasvatukseen erikoistuneita tiloja oli 31 kpl ja tuotantopölvien broilereiden kasvatukseen erikoistuneita 128 kpl koko Suomen alueella. Tiloista noin puolet sijaitsee Etelä-Pohjanmaan alueella ja toinen puoli on jakautunut Varsinais-Suomen ja Satakunnan alueille. Broilerinlihaa tuotettiin vuonna 2016 yhteensä noin 68,3 milj. lintua eli 117 milj. kg lihaa. Broilerinlihan kulutus on kasvanut vuosi vuodelta ja se oli vuonna 2016 23,5 kg/hlö (SVT 2017c). Tammi–syyskuussa 2016 broilerinlihan kulutuksen kotimaisuusaste oli 85,1 % (Siipikarjabarometri 2016).

**Kuva 13.** Kaikkien broileritilojen sijainti ja kyselyyn vastanneiden broileritilojen sijainti ELY-keskuksittain.

Broilerin lihan tuotanto

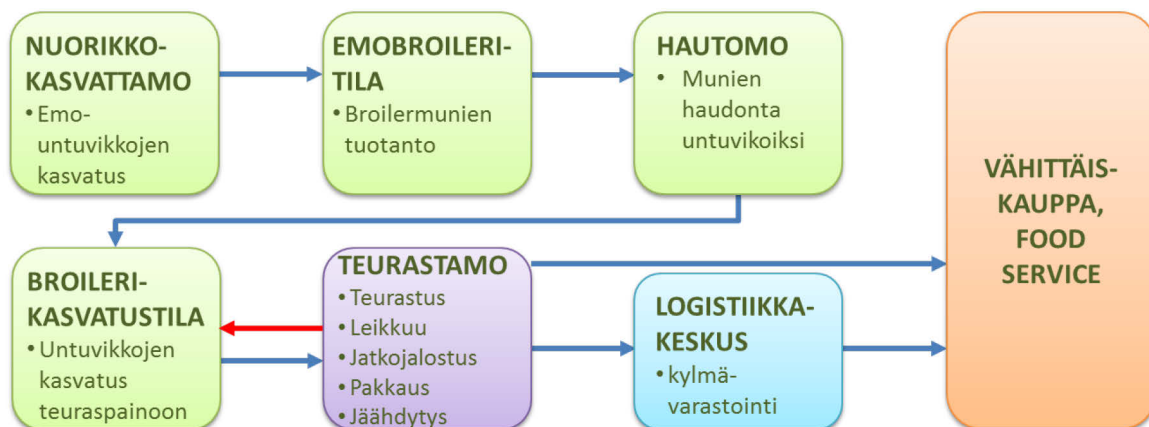


Broilerinlihan tuotanto on Suomessa suurimmaksi osaksi kahden suuren yrityksen käsissä. Markkinoilla on myös muutamia pienempiä toimijoita. Suomessa kasvatetaan kahta tavanomaiseen tuotantoon sopivaa lintuhybridiä (Ross 308 ja Cobb 500), jotka ovat myös muualla maailmalla yleisimmät hybridit perinteisessä tuotannossa. Luomutuotannossa käytettävä lintuhybridi on hitaammin kasvava Hubbard CY.

### 5.2.2. Broilerinlihaketjun kuvaus

Linnut tulevat maahan joko emopolvena (tavanomainen tuotanto) tai tuotantopolvena (luomutuotanto). Tavanomaisessa tuotannossa maahantuodut munat haudotaan hautomoilla ja linnut kasvatetaan karanteenitiloilla sukukypsäksi, minkä jälkeen ne siirretään munimaan munantuotantoon erikoistuneille munitustiloille. Munitustiloilta munat kerätään hautomoille, joissa tuotantopolven untuvikot syntyvät. Untuvikot siirretään lihanjalostusyrityksen sopimustuottajien broileritiloille kasvatamaan. Teuraspainoon kasvatetut tuotantopolven linnut teurastetaan ja jatkokäsitellään lihanjalostusyrityksissä.

Luomutuotannossa maahantuodut munat haudotaan Suomessa, minkä jälkeen untuvikot siirretään tiloille kasvamaan. Nuorikkokasvattamoista sukukypsät linnut siirretään munimaan emobroileritiloille, joista munat toimitetaan hautomoille. Hautomoilla munat haudotaan ja kuoriutuneet untuvikot toimitetaan kasvatustiloille. Kasvatustiloilla ns. tuotantopolven linnut kasvavat teurasikään, jolloin ne kuljetetaan teurastamolle teurastettavaksi. Teurastamolta liha siirtyy leikkaamon, pakkaamon ja jalostuksen kautta joko logistiikkakeskuksille tai suoraan kauppoihin (kuva 14).



**Kuva 14.** Broileriketjun vaiheet nuorikkokasvattamosta jakeluun. Siniset nuolet kuvaavat tuotevirtaa ja punainen nuoli teurastamolta kasvatustilalle toimitettavia aineita ja tarvikkeita.

Lintujen kasvatus tiloilla on kaikissa vaiheissa sähköriippuvaista toimintaa. Tiloille tulee rehua rehutehtailta ja se sekoitetaan yleisimmin tilan itse tuottamien raaka-aineiden kanssa tilalla rehuksi. Rahtimyllärit tekevät sekoituksen. Rehutehtaalta voidaan toimittaa tilalle myös suoraan täysrehua, jota ei enää tarvitse sekoittaa, mutta erityisesti tuotantopolven lintujen kasvatuksessa on hyvin yleistä, että rehuun lisätään omalla tilalla tuotettua viljaa. Rehua tulee tiloille säilytyskapasiteetista riippuen noin 2–3 viikon tarvetta vastaava määrä. Rehu säilytetään rehusiloissa, joista se ohjataan lintujen ruokkijoihin. Ruokkijoita on erilaisia eri linturyhmille, mutta kaikki toimivat sähköllä. Samoin vesi tulee linnuille sähköllä toimivien pumppujen kautta. Koska linnut kasvavat nopeasti ja sisätiloissa, on erittäin tärkeää, että eläintilassa on juuri oikea lämpötila ja riittävä ilmanvaihto. Ilmastointilaitteita ja lämmitysjärjestelmiä on erilaisia, mutta ilmastointilaitteet toimivat poikkeuksetta sähköllä. Lämmitysjärjestelmä saattaa perustua esim. hakelämmitykseen, jossa sähköä ei tarvita lämmitysenergiaksi. Erilaiset kuljettimet, ohjausjärjestelmät, pumput ja hälytysjärjestelmät kuitenkin tarvitsevat jatkuvaa sähköä toimiakseen. Myös kasvatustilojen valaistus on tärkeää, koska tavanomaisessa tuotannossa

linnut kasvatetaan ikkunattomissa halleissa, joihin ei tule lainkaan päivänvaloa. Valot säätelevät lintujen käyttäytymistä ja tuotantoa syömiskäyttäytymisen ja munantuotannon kautta.

Hautomolla koko haudontaprosessi koneineen ja säilytystiloineen toimii sähköllä. Hautomolle tulevat munat säilytetään varastoissa, joista ne menevät haudottaviksi hautomakoneisiin. Hautomakoneissa onnistunut haudonta vaatii tarkasti säädellyt olosuhteet, joiden hallinnassa ilmanvaihto ja lämmitys ovat keskeisen tärkeitä.

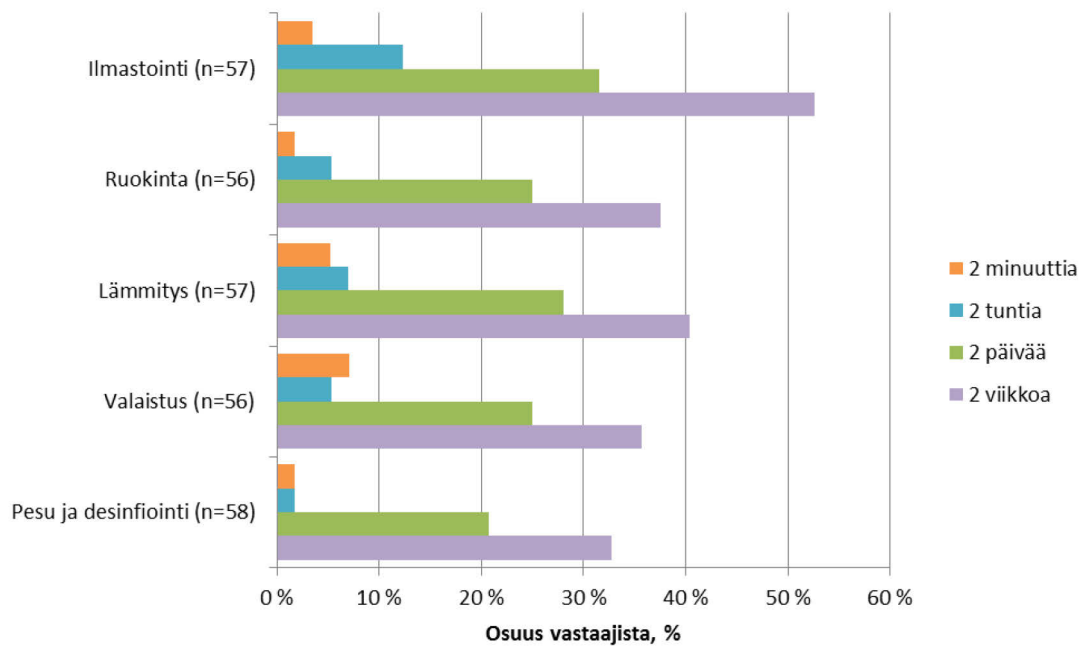
Teurastamon tuotantoprosessit lopetuksesta, kaltauksen ja jäädytyksen kautta leikkaamoon toimivat keskeisiltä osiltaan sähköllä. Lopetusmenetelmänä on yleisimmin kaasulopetus, josta linnut siirretään teurastamon linjalle. Lintujen ruhot ohjataan linjaa pitkin eri vaiheisiin. Teurastamolla on käytössään hätälopetusmenetelmiä, jotka eivät vaadi sähköä. Lihan jäädytys, kuljetus, leikkaaminen ja varastointi vaativat kuitenkin sähköä toimiakseen. Riittävä valaistus on turvallisuuden kannalta ja erityisesti lihan leikkauksen yhteydessä tärkeä.

Broilerinlihan tuotanto on teurastamoyritysten johtama ketju, jossa kasvattamot ja hautomot kuuluvat samaan ketjuun teurastamon kanssa. Teurastamo johtaa toimintaa. Teurastamo tilaa maahantuojalta tietyn määrän emolintuja, jotka kasvatetaan sukukypsiksi ja munitetaan. Hautomoille ja teurastamoille siirtyy munien mukana tiedot emoparvesta ja sen tuotannosta. Hautomoilta untuvikot siirretään kasvatustiloille, jotka saavat tietoja parvesta ja kasvattavat linnut teuraspainoisiksi. Teurastamon järjestämä kuljetus hakee ennalta sovitun aikataulun mukaisesti linnut teurastamolle, jolloin kasvattaja välittää parven kasvatustiedot teurastamolle. Teurastuksen jälkeen teurastamo toimittaa kasvattajalle tietoja lintujen tuotoksesta. Lisäksi viranomaiset keräävät tietoa linnuista, niiden saamasta lääkityksestä, tilojen olosuhteista jne. kaikissa ketjun vaiheissa. Tietoliikenne on riippuvaista sähkön saannista, mutta tiloilla lintujen tuotannosta saattaa olla kirjanpito myös kirjallisena. Viranomaisille tietoa menee sekä kirjallisena että sähköisesti.

### 5.2.3. Sähkökatkon vaikutukset broileriketjun osiin

Kyselyssä ja haastatteluissa kysyttiin, kuinka eripituiset sähköjakelun keskeytykset vaikuttavat tilojen, teurastamojen ja hautomoiden eri toimintoihin, jos rehua ja vettä on eläimille saatavilla sekä varavoima toimii, ts. perusvarautumistaso on tavanomainen.

Broileritiloilla sähköriippuvaisiksi toiminnoiksi määriteltiin erityisesti ilmastointi, ruokinta, lämmitys, eläintilojen pesu ja desinfiointi sekä valaistus. Huomioitavaa on, että suurimman osan vastan- neista mielestä kyselyn katkojen pituudet eivät aiheuta ongelmia millekään toiminnolle. Tiloilla pidetään omaa varautumisen tasoa sen verran hyvänä että, jos eläimille riittää vettä ja rehua ja jos varavoima on käytettävissä normaaliin tapaan, ongelmia ei tuotantoon juuri tule ja tuotanto pystytään ylläpitämään normaalina. Myöskään lyhyimmät (kaksi minuuttia – kaksi päivää) sähkökatkot eivät ehdi aiheuttaa ongelmia, jos varavoimanlähde toimii. Pieni osa vastaajista oli kuitenkin sitä mieltä, että myös lyhyet katkot aiheuttavat ongelmia (kuva 15).



**Kuva 15.** Broilerituotannon toimintojen häiriytyminen eripituisissa sähkönjakelukeskeytyksissä.

Vastaajien mukaan sähkökatkoksista johtuvat ongelmat ovat lähinnä varavoiman polttoaineen loppuminen ja ylimääräinen työ. Tiloilla on erikokoisia polttoainesäiliöitä. Säiliöiden koko sekä sillä hetkellä varastoitu polttoainemäärä vaikuttavat siihen, miten pian uutta polttoainetta tilalle tarvitaan ja missä ajassa ongelmia sen suhteen koetaan. Työn lisääntyminen ja väsyminen nousivat myös esiin ongelmina. Varavoimakoneen toiminnan vahtiminen ja kaikesta huolehtiminen poikkeusolosuhteissa, joissa kestoja tiedä, kuormittaa työntekijöitä henkisesti. Broileritiloilla varavoima kattaa poikkeuksetta kaikki toiminnot, joten jos varavoima toimii, niin kaikki toimii – tai päinvastoin.

Hautomoiden varvoimajärjestelmät kattavat joko kaikki toiminnot tai sitten vain jotkin järjestelmät, muiden jäädessä ilman varavoimaa. Samoin kuin kasvatustiloilla, hautomot tuntuvat pitävän varvoimajärjestelmää ja varautumistasoa sen verran hyvänä, että lyhimmistä sähkökatkoksista selviää ilman ongelmia. Pisimmät ja laajat kahden viikon katkot voivat aiheuttaa varvoimakoneen polttoaineen saatavuusongelmia, mikä saattaa johtaa siihen, että osa toiminnoista lakkautetaan.

Teurastamoilla ei ole varvoimajärjestelmiä varsinaisille tuotantoprosesseille. Mahdollinen varvoima riittää ylläpitämään vain tietoverkkoa. Teurastamoilla sähköriippuvaisiksi toiminnoiksi määriteltiin teurastus (lintujen pito ennen teurastusta, tainnutus, nosto linjastolle), ruhojen siirto linjastolla ja jäähdytys sekä ruhojen leikkuu ja muut toiminnot. Sähkökatkot eivät välttämättä aiheuta merkittäviä ongelmia varsinaiseen teurastukseen. Sitä voidaan siirtää lyhyiden katkojen yli (tunteja) ja pitkissä (useita tunteja/päivä) katkoissa eläimet voidaan hätälopettaa ilman sähkölaitteita. Broileriteurastamoissa teurastusta odottavia lintuja ei ruokita tai juoteta, joten viivästyksen sattuessa joudutaan hätälopetuksiin.

Teurastamolle matkalla olleet kuljetukset tai sovitut kuljetukset pitäisi pitempien sähkökatkojen takia ohjata toisille teurastamoille tai perua. Tiloille tämä lisäisi ongelmia, sillä rehua ei välttämättä ole varattu ylipitkälle kasvatuskaudelle. Broilerit myös kasvavat niin nopeasti, että jo muutaman päivän lisäkasvatuksen jälkeen teurastamo tuskin voisi enää ottaa lintuja vastaan. Ruhot olisivat liian suuria teurastamon linjastoille. Tiloilla jouduttaisiin siten todennäköisesti hätälopetuksiin. Se saattaisi onnistua helposti, koska Suomessa on yrityksiä, jotka muulloin hoitavat munivien kanojen lopetuksia suoraan tilalla ns. konttilopetuksena. Tällöin lihaa ei enää voida käyttää elintarvikkeiden raaka-aineena.

Kun linnut on saatu lopetettua teurastamoilla, ruhot siirretään sähkökäyttöiselle linjalle kalttaukseen ja jäädytykseen. Tässä vaiheessa lyhytkin (kaksi tuntia) sähkökatko aiheuttaa ongelmia. Ongelman muodostaa lähinnä hävikki, koska ruhot pitäisi saada nopeasti jäädytykseen teurastuksen jälkeen. Jo jäähtyneitä lihojakaan ei voida leikata, jos työntekijöille ei ole kunnan valaistusta. Kahden tunnin katkon aikana kaikki linjassa roikkuvat ruhot pitäisi hävittää, mikä tarkoittaa teurastamosta riippuen noin 40 000–100 000 kg lihaa.

Teurastamojen kylmävarastojen arvioitiin pysyvän kylminä muutamia päiviä, pakkasvarastojen pari viikkoa. Sen jälkeen myös niissä olevat ruhot ja tuotteet pilaantuvat. Ruuaksi kelpaamatonta lihaa voidaan jossain määrin ohjata rehun raaka-aineeksi lyhyiden katkojen aikana, mutta pitkät katkot aiheuttavat todennäköisesti niin paljon hävikkiä, että se pitää hävittää muilla keinoilla.

Muita ongelmia teurastamolle saattaa aiheutua valaistuksen puutteesta. Teurastamoilla on häätävalot, jotka toimivat poistumisvaloina, mutta lihanleikkuuseen tai muuhun toimintaan teurastamossa ne eivät riitä. Työt siis keskeytyvät ja henkilökunta joudutaan poistamaan tiloista työsuojelullisista syistä. Teurastamon pakkaamoissa ja lähettämöissä oleva elektroniikka on myös herkkää sähkökatkoille. Lyhyetkin katkot (kaksi minuuttia) aiheuttavat lisätyötä, uudelleen käynnistämistä ja jopa uudelleen ohjelmoimista. Teurastamoissa huonoin mahdollinen hetki sähkökatkoille onkin se, kun kaikki työntekijät ovat töissä ja teurastukset on ehditty aloittaa täydellä teholla.

#### 5.2.4. Sähkökatkon vaikutukset broileriketjuun

Broilerituotanto on keskittynyt teurastamojen lähialueille. Matkaa teurastamolta tiloille on yleensä alle 150 Km, joten alueelliset katkot vaikuttavat todennäköisesti sekä teurastamoon, että tiloille ja hautomoon. Teurastamot sijaitsevat tällä hetkellä Satakunnassa, Etelä-Pohjanmaalla ja Pirkanmaalla, joten kaikki broilerin lihan tuotanto on keskittynyt länsiosaan maata.

Lyhyet sähkökatkot (tunteja/päiviä) eivät vaikuta juuri hautomoiden tai tilojen toimintaan. Sähkökäyttöinen elektroniikka saattaa vaatia uudelleen käynnistämistä tai jopa uudelleen ohjelmoimista, mutta muuten tiloilla ja hautomoilla selvittää lyhyistä katkoista todennäköisesti hyvin ilman merkittäviä vaikutuksia tuotantoon.

Teurastamolla toiminta ja työnteko lakkaavat lyhyenkin katkon aikana ja hävikkiä alkaa syntyä noin kahden tunnin katkon jälkeen. Pitemmissä sähkökatkoissa (päiviä/viikkoja) hautomoiden ja tilojen toiminta on riippuvaista täysin varavoimaan tarvittavan polttoaineen saatavuudesta. Tiloilla ja hautomoilla on polttoainevarastoja, mutta niiden riittävyys pitkissä katkoissa on epävarmaa. Varavoima kattaa kaikki tilan ja hautomon toiminnat ja polttoainetta kuluu paljon. Myös ihmisten jaksaminen aiheuttaisi suuria ongelmia tiloilla pitkien katkojen aikana.

Hautomoissa lintujen haudontaprosessi todennäköisesti keskeytettäisiin, jos katko kestäisi viikkoja, jolloin tiloille ei saataisi toimitettua uusia untuvikkoja ja tilojenkin tuotannon alasajo alkaisi vähitellen. Teurastamolle pitkät sähkökatkot tarkoittaisivat sitä, että sen toiminta lakkaisi. Teurastamoilla ei voida juuri mitään toimintoja hoitaa ilman sähköä. Teurastamot kärsisivät myös mittavia taloudellisia vahinkoja, sillä hävikkiä syntyisi paljon.

Erittäin pitkien sähkökatkojen (viikkoja) aikana teurastamon ja hautomon toiminta ajettaisiin alas ja tiloilla pidettäisiin lintuja niin kauan kun rehua, vettä ja polttoainetta on saatavilla, minkä jälkeen linnut lopetettaisiin suoraan tilalla eikä uusia lintuja enää saataisi hautomolta. Emobroileritilojen ja nuorikkotilojen toiminta lakkaisi todennäköisesti samaa tahtia kasvatustilojen kanssa, koska niiden tuotantoa ei pystyittäisi toimittamaan mihinkään. Tuotannon uudelleen käynnistys täydellisen alasajon jälkeen kestäisi noin vuoden untuvikkojen maahantuonnista tuotantopolven teurastukseen asti, jos tuotantorakennetta ei muutettaisi nykyisestä.

### 5.2.5. Broileriketjun palautuminen sähkökatkon jälkeen

Kyselyyn vastanneilla broileritiloilla uskotaan hyvin nopeaan palautumiseen pitkienkin sähkökatkojen jälkeen (taulukko 6). Kahden päivän katkon jälkeen jopa 72 % vastanneista uskoo tuotannon palautuvan välittömästi normaaliksi ja ainoastaan 12 % uskoo palautumisen vaativan pitemmän palautumisajan. Kahden viikon katkon jälkeen 67 %:den mielestä palautuminen onnistuu välittömästi ja 15 %:llä palautuminen kestää pitempään. Vastauksissa näkyy broileritilojen luottamus omaan varavoimajärjestelmään ja sen toimivuuteen, mutta myös se, ettei pitemmistä sähkökatkoksista ole kokemuksia. Tilan toiminta voi kuitenkin palautua myös varsin nopeasti, varsinkin tilalla, jolla varavoimaa riittää kaikkien tilan toimintojen ylläpitoon.

**Taulukko 6.** Broileritilojen arviot palautumisesta eripituisten sähkökatkojen jälkeen.

Sähkökatkon pituus	Palautuu välittömästi normaaliksi	Palautuu muutamassa tunnissa	Palautuu muutamassa päivässä	Vaatii pidemmän palautumisajan
2 minuuttia (n=59)	100 %	0 %	0 %	0 %
2 tuntia (n=59)	92 %	8 %	0 %	0 %
2 päivää (n=58)	72 %	12 %	3 %	12 %
2 viikkoa (n=58)	67 %	9 %	9 %	16 %

Myös hautomoilla uskotaan tuotannon nopeaan palautumiseen. Suurin osa hautomoista ilmoitti, että palautuminen onnistuu välittömästi vielä kahden tunnin sähkökatkoksen jälkeen. Sen jälkeen toimintojen palautumiseen menee päiviä tai pitempään, riippuen siitä miten pitkään sähkökatko on kestänyt. Teurastamojen tuotanto palautuu välittömästi entiselleen kahden minuutin sähkökatkon jälkeen, ja vielä kahden tunnin sähkökatkostakin teurastamot selviytyvät oman arvionsa mukaan muutamassa tunnissa. Pidempien sähkökatkojen jälkeen teurastamot tarvitsevat myös pidemmän ajan tuotannon palauttamiseen.

## 5.3. Sianlihaketju

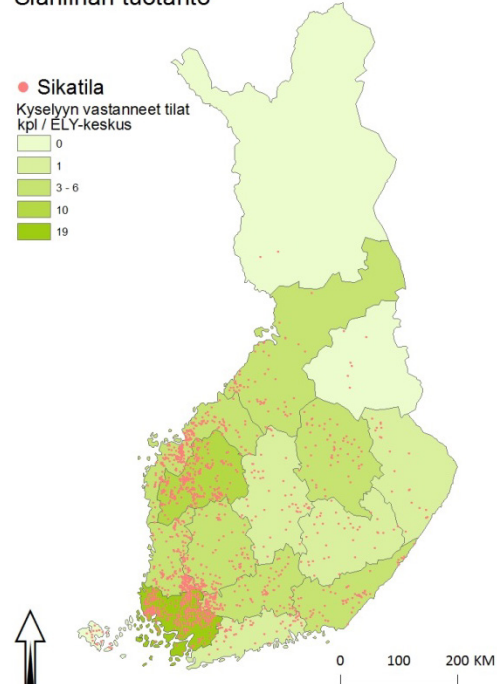
### 5.3.1. Tuotantorakenne

Sianlihaa tuotetaan koko Suomen alueella. Tuotanto painottuu voimakkaasti Varsinais-Suomen, Satakunnan, Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan alueille (kuva 16) lähelle teurastamoja. Sikatiloja oli 1.4.2017 yhteensä 1 230 kpl ja sikoja yht. 1 228 900 kpl. Sianlihaa tuotettiin Suomessa v. 2016 yhteensä 191,9 milj. kg.

Sianlihan kulutus on pysynyt suunnilleen samansuuruisena viimeiset 10 vuotta, ja se oli vuonna 2015 34,7 kg/hlö (SVT 2017c). Sianlihan kulutuksen kotimaisuusaste oli 81,9 % (Lihabarometri 2017).

**Kuva 16.** Kaikkien sikatilojen sijainti ja kyselyyn vastanneiden sikatilojen sijainti ELY-keskuksittain.

Sianlihan tuotanto

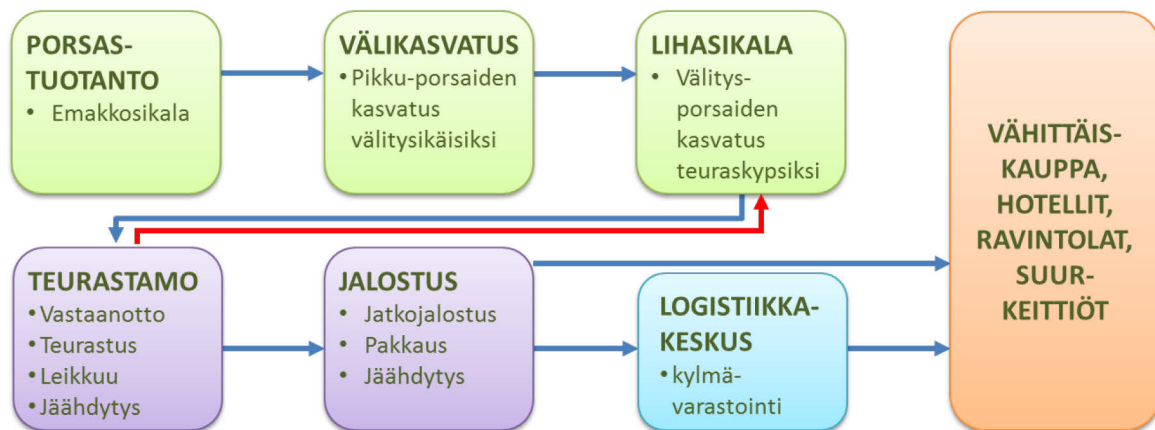




### 5.3.2. Sianlihaketjun kuvaus

Suomessa sianlihan tuotanto on pääosin sopimustuotantoa eli sianlihateollisuus ja tuottaja ovat sopineet tuotannosta määrääjäksi. Tuottajat sitoutuvat tuottamaan määrääjässä tietyn määrän lihateollisuudelle tietyn painoisia eläimiä ja teollisuus sitoutuu ostamaan tuotannon. Joillain tiloilla on oma teurastamo ja lihan markkinointi tehdään suoraan kuluttajille tai esim. ravintoloille.

Siantuotantoketju alkaa emakkosikalasta, jossa tuotetaan porsaas (kuva 17). Emakkosikala koostuu tiineytysosastosta, tiineiden emakoiden osastosta, porsitusosastosta ja vieroitusosastosta. Emakkosikalassa on myös yksi tai useampi karju omissa karsinoissaan. Tiineytysosastossa ja tiineiden osastossa emakot ovat ryhmäkarsinassa, joissa on yksilöllinen syöttö ruokinta-automaateista. Porsitusosastoissa emakot voivat olla joko liikkumisen estävässä porsimishäkissä, isommassa porsimiskarsinassa tai ryhmäkarsinassa muiden emakoiden ja pahnueiden kanssa. Kaikissa vaihtoehdoissa emakolla on yksilöllinen syöttö ja oma vesiautomaatti. Porsaille on oma porsaspesä (lämmin erillinen paikka). Vieroitusosastossa porsaas ovat pienryhmäkarsinoissa, joissa on ryhmäsyöttö ja vesiautomaatit. Emakkosikalassa emakoille ja porsaille tulee olla vettä saatavilla koko ajan. Vedenkulutus on suurta varsinkin imettävillä emakoilla.



**Kuva 17.** Sianlihaketjun vaiheet emakkosikalasta jakeluun. Siniset nuolet kuvaavat tuotevirtaa ja punainen nuoli teurastamolta lihasikalaa toimitettavia aineita ja tarvikkeita.

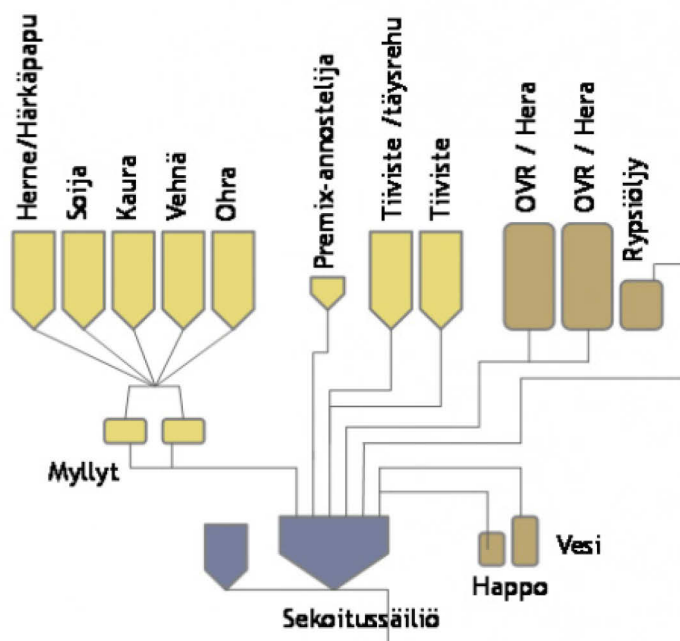
Vieroitettua porsaas siirretään erilliseen välikasvatusyksikköön tai emakkosikalalla yhteydessä toimivaan välikasvatusosastoon noin neljän viikon ikäisinä. Välikasvatamossa ne kasvavat kunnes saavuttavat noin 30 kg:n painon. Välikasvatuksen jälkeen porsaas siirretään lihantuotantoon erikoistuneisiin lihasikaloihin tai yhdistelmäskaloiden lihasikaosastoihin. Yhdistelmäskalassa porsastuotanto ja lihasikojen kasvatus on yhdistetty samalle tilalle. Lihasikalassa siat kasvatetaan teuraspainoon. Lihasikalat voidaan jakaa kahteen ryhmään täyttötavan perusteella: kertatäyttöisiin ja jatkuvatäyttöisiin lihasikaloihin. Kertatäyttöisessä lihasikalassa täytetään koko sikala porsaille kerralla, jatkuvatäyttöisessä lihasikalassa sikala on jaettu moneen eri kasvatusosastoon, jotka täytetään ja tyhjennetään eri aikoina. Nykyisin suurin osa rakennettavista lihasikalosta on tehty jatkuvatäyttöisiksi. Lihasikalassa siat ovat pienryhmissä, joissa on ryhmäsyöttö ja vesiautomaatit. Veden saantia ei ole rajoitettu. Ruokinta tapahtuu vähintään kerran päivässä.

### 5.3.3. Sähkökatkon vaikutus sianlihaketjun osiin

Sikojen ruokinta tapahtuu useimmiten automaattisilla ruokintalaitteilla joko yksilöllisesti tai ryhmässä. Käsini ruokinta on vaikea toteuttaa automatisoiduissa sikaloissa eläintilan tilajärjestelyn vuoksi. Rehun sekoitus, ruokintalaitteiden ja vesiautomaattien toiminta perustuu riittävään veden ja/tai ilman paineeseen sekä pumppujen, kuljettimien, sekoittimien ja myllyjen toimintaan. Sikatilat käyttävät

rehuna osaksi itse tuottamia rehuaineita, osaksi rehuteollisuudelta ostettua rehua, ja mahdollisuuksien mukaan myös teollisuuden sivuvirtoja osana rehustusta. Rehutehtaalta voidaan toimittaa tilalle myös täysrehua. Rehua tulee tiloilla noin 2–3 viikon tarpeisiin, riippuen säilytyskapasiteetista. Rehu säilytetään rehusiloissa, joista se ohjataan ruokkijoihin.

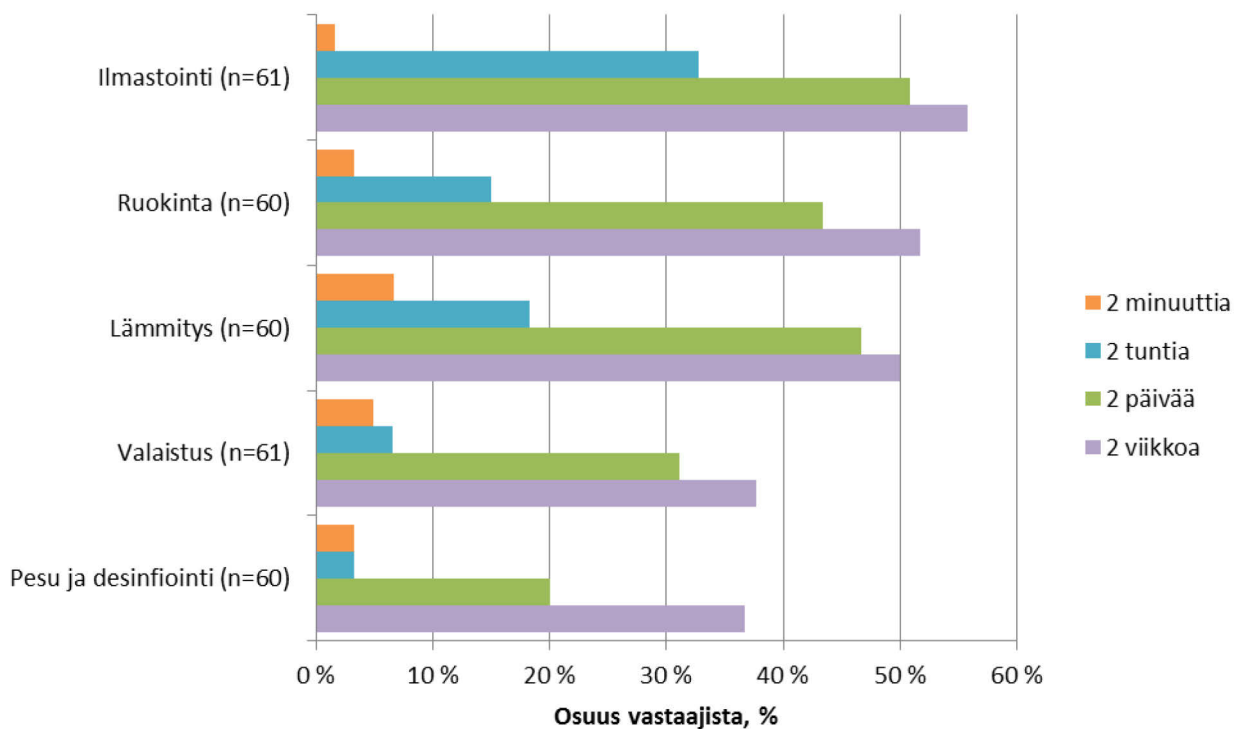
Sikojia voidaan ruokkia kuiva- tai liemirehulla. Yli puolella tiloista (n=35) oli käytössä liemiruokintalaitteisto (kuva 18). Kuivaruokintalaitteisto oli käytössä 12 tilalla, samoin käsinruokinta. Lisäksi kolmella tilalla vastanneista oli käytössä useampia ruokintamenetelmiä: esim. yhdistelmäsikatiiloilla voi olla kuivaruokinta emakoille ja pikkuporsaille sekä liemiruokinta lihasioille. Liemiruokinta on ylivoimaisesti yleisin ruokintamuoto Suomessa. Liemiruokintalaitteistoa ohjataan tietokoneella, johon rehusekoituksen resepti, eläinmäärät ja ruokinta-ajat ohjelmoidaan. Tietokone myös rekisteröi tietoja rehunkulutuksesta ja toimintahäiriöistä. Itse rehu sekoitetaan rehuaineista sekoitussäiliössä, josta rehupumput pumppaavat rehun rehulinjoihin sikojen saataville. Liemiruokintalaitteistossa sekä rehun sekoitus että sen jakelu on automatisoitu, eivätkä laitteet toimi ilman sähköä.



**Kuva 18.** Esimerkki liemiruokintalaitteistosta. Lähde: Vastuullinen sikatalous <http://www.vastuullinensikatalous.fi/ohjekirja/liemiruokintalaitteisto>

Liemirehuun lisätään yleensä vettä. Sioilla on tämän lisäksi oltava saatavilla myös puhdasta juomavettä. Osastojen ja muiden tilojen pesuun kuluu vettä. Lämpötilan ja riittävän ilmanvaihdon ylläpito eivät toimi ilman sähköä, vaikka ilmastointilaitteita ja lämmitysjärjestelmiä on erilaisia. Myös valaistus on tärkeää. Sikatiiloilla on oltava ikkunat, mutta myös keinovaloa tarvitaan. Valolla on tärkeä merkitys sikojen hedelmällisyyteen, ja valon määrällä säädellään kiimakiertoa. Kun porsaat siirretään välikasvatamoon, niiden syömään ja juomaan oppimista helpotetaan pitemmällä valaistusajalla. Mikäli sähkökatko osuu porsaiden siirtoajankohtaan, voi sillä olla vakavia haitallisia vaikutuksia.

Sikatiiloilla tunnistettiin sähkökriittisimmiksi toiminnoiksi ilmanvaihto, ruokinta, lämmitys, valaistus sekä pesu ja desinfiointi. Tiloilla oletettiin veden, rehun ja polttoaineen riittävän tarpeisiin. Suurimman osan vastaajista mukaan edes pitkistä sähkökatkoista ei aiheudu ongelmia, jos edellä mainitut ehdot täyttyvät ja varavoima toimii normaalisti. Lyhyet katkot (kaksi minuuttia – kaksi tuntia) eivät huoleta suurinta osaa vastaajista lainkaan (Kuva 19).



**Kuva 19.** Sianlihatuotannon toimintojen häiriytyminen eripituisissa sähköjakelukeskeytyksissä.

Ilmanvaihdossa on odotettavissa ongelmia erityisesti, kun sää on erittäin lämmin. Silloin ilmastoinnin olisi toimittava mahdollisimman tehokkaasti. Muutoin sikalan lämpötila alkaa nousta ja ilmanlaatu huonontua nopeasti. Puutteellinen lämmitys puolestaan aiheuttaa ongelmia erityisesti silloin, kun tilalla on pieniä porsaita tai jos ulkolämpötila on erittäin alhainen. Siat ovat arkoja erityisesti vedolle, ja ne voivat herkästi sairastua, mistä seuraa tuotantotappioita.

Sähköjakelukeskeytyksestä aiheutuvia ongelmia pahentaa, jos myös teurastamo kärsii sähkökatkosta eikä tilalla olevia teuraspainoisia sikoja voida viedä teurastettavaksi. Tämä aiheuttaa tilalla nopeasti ruuhkaa. Käytettävissä oleva eläintila tulee ahtaaksi, jolloin ongelmat kasvavat mm. häiriökäyttäytymisen vuoksi. Myöhästynyt ruokinta haittaa kasvua ja johtaa tuotostappioihin. Tilan puutteen ja ruokinnan muutosten takia siat saattavat stressaantua, alkavat herkemmin tapella ja hännänpurenta voi yleistyä.

Eläintilojen pesuja ja desinfiointeja tehdään sitä mukaa kun osastot tyhjäntyvät eläimistä. Eläintilojen pesut eivät ole välttämättömiä kesken kasvatuskauden, ja niiden tekemistä voidaan lykätä. Tilan hygieniataso on kuitenkin säilytettävä riittävänä myös poikkeustilanteessa. Likaisuus kasvattaa tautipainetta, mikä johtaa eläinten sairastumiseen ja tuotannon menetyksiin. Varavoiman käytöstä aiheutuvat meluhaitat ja lisääntynyt työmäärä mainittiin myös erityisinä ongelmina. Varavoiman käyttöä eri toimintoihin voidaan joutua vuorottelemaan, jos se ei riitä kattamaan kaikkia tilan toimintoja. Toiminnot priorisoidaan olosuhteiden mukaan.

Sikateurastamoilla oli havaittavissa samanlaisia ongelmia kuin broileriteurastamoissa. Koko prosessi lopetuksesta, kaltauksen ja jäähdetyksen kautta leikkaamoon on riippuvainen sähkön saannista. Eläinten säilytystiloissa tarvitaan vettä, ilmastointi ja mahdollisesti lämmitys. Teurastamolla on käytössä hätälopetusmenetelmiä, jotka eivät vaadi sähköä, mutta lihan jäähdytys, siirrot, leikkaaminen ja varastointi vaativat kaikki sähköä toimiakseen. Teurastamoilla ei ole varavoimaa ja niiden toiminta lakkaa hyvin nopeasti sähkökatkon aikana. Sähköriippuvaisiksi toiminnoiksi määriteltiin tärkeysjärjestyksessä teurastus (eläinten odotus ennen teurastusta, tainnutus, nosto linjastolle), ruhojen siirto linjastolla ja jäähdytys, ruhojen leikkaus ja muut toiminnot. Teurastamot määrittivät lisäksi tietoverkon yhdeksi sähkökriittisimmistä toiminnoista. Myös pakkasvarastojen häiriötön toiminta on

tärkeää teurastamoille. Vain yhdellä teurastamolla kolmesta haastattelusta oli varavoimajärjestely tietoverkkoa varten.

Teurastamoilla sähkökatkot eivät välttämättä aiheuta merkittäviä ongelmia eläinten teurastukseen. Teurastusta voidaan siirtää lyhyiden katkojen (tunteja) yli, ja pitkissä (useita tunteja/päivä) eläimet hätäteurastetaan ilman sähkölaitteita. Siinä tapauksessa niitä ei enää yleensä hyväksytä elintarvikekäyttöön. Sikateurastamoissa on odotustilat 800–2 500 sialle ja sikoja voidaan hätätilanteessa ruokkia ja juottaa, jos odotuksesta on tulossa pitempi kuin 12 tuntia. Teurastamoilla ruhot liikkuvat lopetuksesta kaltauksen ja jäähtymisen kautta leikkaamoon. Ennen jäähtymistä teuraslinjalla oli 200–400 ruhoa, ja ne pilaantuvat noin kahdessa tunnissa ihmisravinnoksi kelpaamattomiksi.

Kylmävarastoissa on 1 400–6 000 ruhoa. Kylmä- ja pakkasvarastojen toimintaan lyhyet sähkökatkot eivät juuri vaikuta. Teurastamo sulkee lyhyissä katkoissa kulun varastoihin, jolloin niiden lämpeneminen hidastuu. Varastojen lämpeneminen riippuu hyvin paljon ulkolämpötilasta. Päivässä teurastamot käsittelevät noin 1 500–5 000 ruhoa. Poistoon menevät ruhot hävitetään rehu- ja lannoiteräka-aineita valmistavassa teollisuudessa.

Valaistuksen puutteesta saattaa myös aiheutua ongelmia teurastamolle. Teurastamoilla on hätävalot, jotka toimivat poistumisvaloina, mutta lihanleikkuuseen tai muuhun toimintaan ne eivät riitä. Työt keskeytyvät ja henkilökunta joudutaan poistamaan tiloista työsuojelullisista syistä.

Teurastamon pakkaamoissa ja lähettämöissä oleva elektroniikka on myös herkkää sähkökatkoille. Lyhyetkin katkot (kaksi minuuttia) aiheuttavat lisätyötä, uudelleen käynnistämistä ja jopa uudelleen ohjelmoimista. Teurastamoissa huonoin mahdollinen hetki sähkökatkoille vuorokaudessa on, kun kaikki työntekijät ovat töissä ja teurastukset on ehditty aloittaa täydellä teholla.

#### 5.3.4. Sähkökatkon vaikutus sianlihan tuotantoketjuun

Lyhyet sähkökatkot (tunteja) eivät vastanneiden mukaan vaikuta juuri tilojen toimintaan. Ongelmia alkaa muodostua vasta pitemmissä (tunteja/päiviä) sähkökatkoissa. Kaiken kaikkiaan sikatiloilla ei uskota ongelmia ilmaantuvan, jos vaan varavoima toimii ja vettä sekä rehua on saatavilla. Lyhyet katkot vaikuttavat eniten lisääntyneenä työmääränä kun sähkölaitteiden ja varavoimajärjestelmän toimivuutta on valvottava. Sähkölaitteet saattavat tarvita uudelleen ohjelmointia, varavoimalaitteita on tankattava ja mahdollisesti myös siirrettävä, jos varavoima ei kata kaikkia tilan toimintoja.

Pitemmissä sähkökatkoksissa polttoaineen saatavuus rajoittaa varavoiman käyttöä ja ongelmia alkaa ilmaantua. Jos varavoima on kuitenkin käytettävissä normaalisti, eläimille ei sähkökatkoista oleteta aiheutuvan suurempia ongelmia. Jos varavoima ei kata kaikkia tilan toimintoja, sikalatyyppistä riippuen tärkeintä on turvata lyhyiden katkojen aikana riittävä ilmanlaatu ja lämpötila. Tarpeeksi korkea lämpötila on erittäin tärkeä, jos sikalassa on pikkuporsaita; isommat siat ovat puolestaan herkempiä liian korkean lämpötilan aiheuttamaan lämpöstressiin. Lämpöstressi voi aiheuttaa tiineysongelmia ja pahnueen koon pienenemistä emakoilla. Liika lämpö vaikuttaa myös lihasikojen syöntiin ja hidastaa kasvua. Toimiva ilmastointi on tärkeää erityisesti kuumina kesäpäivinä kun tilaa jäähdytetään. Sikojen terveydelle haitallisia kaasuja kuten hiilidioksidia ja metaania kertyy kasvatustiloihin liikaa, jos ilmastointilaitteet eivät toimi.

Teurastamoilla työskentelee paljon henkilökuntaa, ja eläimiä tuodaan teurastettavaksi koko työpäivän ajan. Pitkien sähkökatkojen (viikkoja) aikana myös sikaketjussa toiminta ajettaisiin hitaasti alas. Teurastamojen toiminta loppuisi ensin, ja tiloilla pidettäisiin eläimiä niin kauan kun rehua, vettä ja polttoainetta on saatavilla. Niiden loputtua siat lopetettaisiin tilalla. Suuremmat sikalat olisivat vaikeuksissa nopeammin kuin pienet tilat, joilla toiminta on pienempää ja huolehdittavia eläimiä vähemmän ja mahdollisesti sähköriippuvaisia toimintoja vähemmän.

Tilan työntekijöiden uupuminen on tärkein haastatteluissa ilmi tullut ongelma pitkissä sähkökatkoksissa. Varavoimalaitteista, eläimistä ja perheestä huolehtiminen koetaan ongelmalliseksi, jos tilalla ei ole paljon henkilökuntaa. Tiloilla on kuitenkin kova luottamus varavoimalaitteiston toimintakykyyn, polttoainevarastojen riittävyteen ja niiden avulla pärjäämiseen.

### 5.3.5. Palautuminen sähkökatkon jälkeen

Kyselyssä kysyttiin, kuinka nopeasti tilan toiminta palautuu takaisin eripituisten sähkökatkojen jälkeen (taulukko 7). Lyhyiden katkojen (kaksi minuuttia/kaksi tuntia) palautuminen on vastaajien mukaan hyvinkin nopeaa. Valtaosan mielestä tuotanto palautuu välittömästi normaaliksi vielä kahden tunnin sähkökatkon jälkeen. Myös pitemmistä sähkökatkoista tuotannon uskotaan palautuvan varsin nopeasti. Ainoastaan 10 % (6 kpl) vastaajista arveli, että 2 viikon katkon jälkeen tuotannon palautuminen tarvitsee muutamaa päivää pitemmän palautumisajan.

**Taulukko 7.** Sikatilojen palautuminen eripituisten sähkökatkojen jälkeen.

Sähkökatkon pituus	Palautuu välittömästi normaaliksi	Palautuu muutamassa tunnissa	Palautuu muutamassa päivässä	Vaatii pidemmän palautumisajan
2 minuuttia (n=62)	98 %	2 %	0 %	0 %
2 tuntia (n=61)	79 %	21 %	0 %	0 %
2 päivää (n=61)	49 %	39 %	10 %	2 %
2 viikkoa (n=61)	44 %	31 %	15 %	10 %

## 5.4. Leipäviljaketju

### 5.4.1. Tuotantorakenteen kuvaus

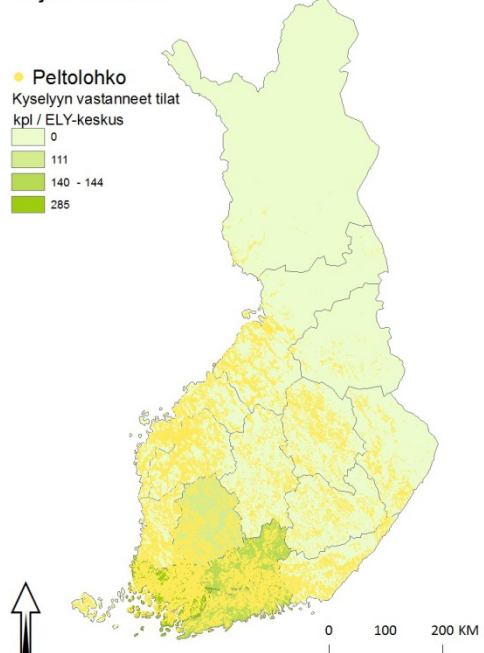
Viljan ja erityisesti leipäviljan tuotanto on keskittynyt Etelä- ja Länsi-Suomen lääneihin ja keskeisin viljantuotantomaa-kunta on Varsinais-Suomi. Kuvassa 20 näkyy viljanviljelyn peltolohkojen painottuminen edellä mainituille alueille.

Suomen maatalouden tuotantosuunnista viljanviljelytilojen lukumäärä oli 17493 v. 2016 (SVT 2017d). Viljan jauhatus myllyissä on keskittynyt viiteen isoon yksikköön. Kauppamyllysten yhdistykseen kuuluvat isot myllyt käsittelevät noin 95 % viljasta. Pienien myllyjen tuotanto ohjautuu lähinnä suoramyyntiin sekä paikallisille lähileipomoille.

Suomessa on hyvin monipuolinen ja -muotoinen sekä perheyrittäjävaltainen leipomoala. Leipomoteollisuus on elintarviketeollisuuden suurin alatoimiala toimi- ja työpaikkojen määrällä mitattuna (Taulukko 8).

**Kuva 20.** Kaikkien viljan viljelyssä olevien peltolohkojen sijainti ja kyselyyn vastanneiden viljatilojen sijainti Suomessa ELY-keskuksittain.

Viljan tuotanto

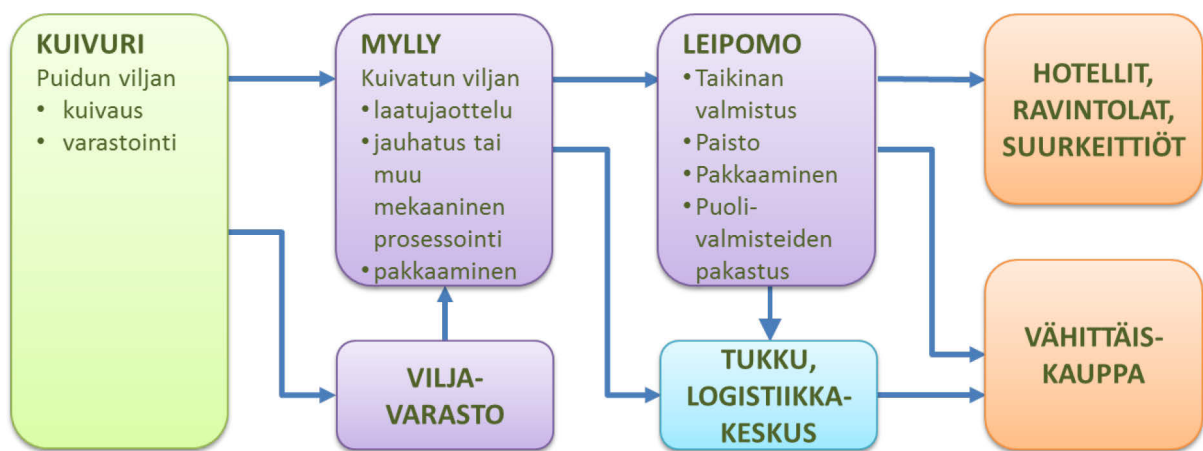


**Taulukko 8.** Leipomoalan tunnuslukuja (Hyrylä 2015). Pistepari tarkoittaa, ettei tietoa ole saatavissa.

Kokoluokka	Toimipaikat	Henkilöstö	Liikevaihto, 1 000 euroa	Liikevaihto per toimipaikka, 1 000 euroa	Liikevaihto per henkilö, 1 000 euroa
Kaikki kokoluokat	782	7 820	1 052 096	1 345	135
alle 10 henkilöä	617	1 515	160 301	260	106
10 - 49 henkilöä	133	2 308	268 986	2 023	117
50 - 249 henkilöä	30	..	..	..	..
yli 250 henkilöä	2	..	..	..	..

#### 5.4.2. Leipäviljaketjun kuvaus

Viljelijän kuivurista leipävilja siirtyy painovoimaisesti tai sähkötoimisten kuljettimien avulla kuorma-autoon, ajoneuvoyhdistelmään tai traktorin perävaunuun. Viljaerä kuljetetaan myllyyn, jossa viljaerästä otetaan laatuäytteet. Vastaanotettu vilja varastoidaan siiloihin. Myllyn jauhatusprosessin jälkeen jauhot ja eri jakeet varastoidaan siiloihin. Valmis jauho säilytetään jauho-siiloissa. Jauho pakataan suurkuluttajille säkkeihin ja kotitalouksille vähittäispakkauksiin. Jauhot siirtyvät siiloista irtotavarana säiliöautossa tai säkkeihin pakattuna kuorma-autossa leipomoihin tai tukkuun. Pieni mylly voi pakata jauhot ja sivutuotteet pienpakkauksiin ja myydä ne itse suoraan tai toimittaa tuotteet suoramyyntipisteisiin tai vähittäiskauppaan. Kaikki edellä mainitut prosessin vaiheet myllyssä ja leipomossa ovat sähköriippuvaisia. Leipomotuotteet (leivät, leivonnaiset, keksit ja puolivalmisteet) kuljetetaan vähittäiskauppaan, konditorioihin ja ketjujen huoltoasemiin (kuva 21).

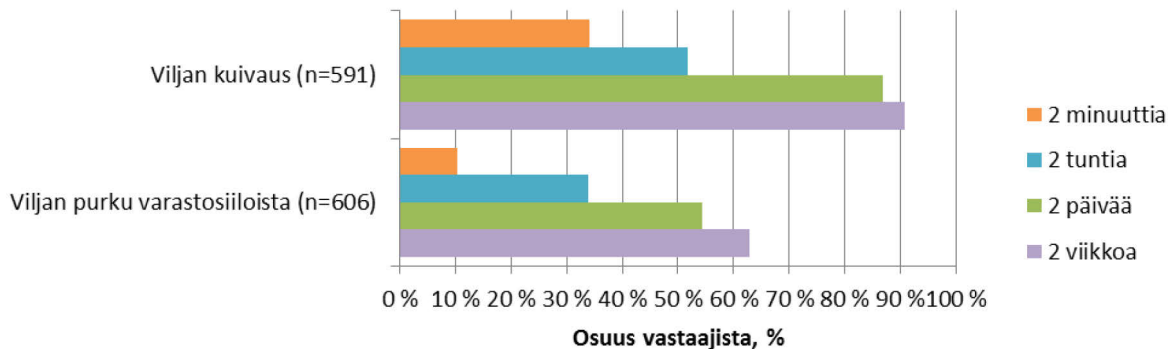
**Kuva 21.** Leipäviljaketjun vaiheet maatilan kuivurilta jakeluun.

#### 5.4.3. Sähkökatkon vaikutus leipäviljaketjun osiin

Lämminilmakuivuri koostuu yläsäiliöstä, kuivauskennoista, ilmapäädyistä, syöttölaitteesta, elevaattorista, polttimesta, ilmaputkista ja imurista, esipuhdistimesta sekä kaatoaltaasta. Jokainen elementti on tärkeä osa kuivausprosessia. Kuivurin toiminnassa keskeisiä sähkökriittisiä toimilaitteita ovat poltin ja puhallin, syöttölaite ja viljaa kierrättävä elevaattori.

Viljan kuivausprosessissa oleellista on viljan kosteuspitoisuus sillä hetkellä kun sähkökatko alkaa, sekä katkon pituus. Lyhyt, kahden sekunnin tai jopa kahden tunnin katko ei aiheuta merkittäviä ongelmia, mutta se aiheuttaa ylimääräistä työtä. Jos viljan kuivurissa oleva kuivauserä on märkää (kosteus 25 % tai enemmän) ja sähkökatko kestää vuorokauden tai pitempään, viljaerä lämpenee ja pilaantuu sekä holvaantuu kuivurin kennostoon. Holvaantuneen ja pilaantuneen viljan tyhjentäminen kuivurista on työlästä ja vaarallista. Vaarana on homepölylle tai hometoksiineille altistuminen.

Suuri osa kyselyyn vastanneista ei ollut havainnut ongelmia kahden minuutin mittaisista sähkökatkoista kuivausprosessin aikana, mutta sitä pidemmät katkot kahdesta tunnista kahteen viikkoon aiheuttivat ongelmia prosessissa (kuva 22). Jo lyhytkin katko aiheuttaa sen, että kuivurissa viljaa kierättävä elevaattori on tyhjennettävä ennen uudelleen käynnistystä, sillä muuten se tukkeutuu.



**Kuva 22.** Leipäviljan tuotannon toimintojen häiriytyminen eripituisissa sähkönjakelukeskeytyksissä.

Osa kuivuriin varastoidusta viljasta on varastosiiloissa. Siilot tyhjenevät painovoimaisesti niiden alle ajettuun viljarekkaan tai traktorin perävaunuun, joilla vilja toimitetaan tilalta myllyyn tai keskusvarastoon. Em. tilanteessa sähkökatko ei vaikuta viljan toimitukseen tilalta eteenpäin. Osa viljasta on kuitenkin varastoitu siiloihin, joiden tyhjentämiseen tarvitaan elevaattoreita, vaakakuljettimia tai ruuveja. Viljelijäkyselyssä kahden tunnin tai sitä lyhyempi sähkökatko aiheuttaa lähinnä viljantoimituksen viivästymisen, ellei tilalla ole käytössä varavoimaa.

Tuotantovolyymiltaan ison myllyn ja leipomom toiminnossa erittäin lyhytkin sähkökatko voi pudottaa yksittäisen laitteen prosessista pois. Jo kahden tunnin mittainen katko aiheuttaa sen, että prosessi joudutaan ajamaan alas. Isot myllyt ja leipomot tarvitsevat niin suuren sähkötehon, että sitä ei ole tarkoituksenmukaista varmistaa varavoimalla. Niissä luotetaan pitkälle siihen, että taajamassa virransyöttö voi tapahtua useammasta suunnasta. Sähkön toimitushäiriö yhdessä sähköverkon osassa ei siten vielä vaikuta tuotantoprosessiin.

#### 5.4.4. Sähkökatkon vaikutus leipäviljaketjuun

Leipäviljaketjussa kriittisempiä ovat isot myllyt ja leipomot sekä kuljetukset. Kuljetuksiin tarvitaan polttoainetta ja sähkö on välttämätöntä pneumaattisissa kuljettimissa, joilla säiliörekka täytetään. Jos kahden viikon sähkökatko on alueella, jossa on iso mylly, niin tilanne alkaa näkyä kaupan leipähyllissä pienellä viiveellä. Leipä on keskeisin ja tärkein viljaprosessin tuotteista laajan sähköntuotantohäiriön konkretisoituessa. Tukku- ja vähittäiskauppa voi kompensoida tilannetta korvaavilla tuontituotteilla.

#### 5.4.5. Palautuminen sähkökatkon jälkeen

Viljaketju palautuu tarkastelluista ketjuista nopeimmin sähkökatkon jälkeen. Viiveitä aiheuttavat lähinnä keskeytyneen prosessin jälkeinen laitteiston, tai ainakin kuljettimien tyhjennys, jotta prosessi saadaan jälleen käyntiin. Valtaosa viljanviljelijöistä ilmoitti, että viljankuivaus palautuu viimeistään tunnin sisällä häiriötilanteesta (taulukko 9).



**Taulukko 9.** Maatiloilla tapahtuvan viljankuivauksen palautuminen sähkökatkon jälkeen.

Sähkökatkon pituus	Palautuu välittömästi normaaliksi	Palautuu noin tunnissa
2 minuuttia (n=650)	73 %	27 %
2 tuntia (n=570)	42 %	58 %
2 päivää (n=463)	32 %	68 %
2 viikkoa (n=452)	31 %	69 %

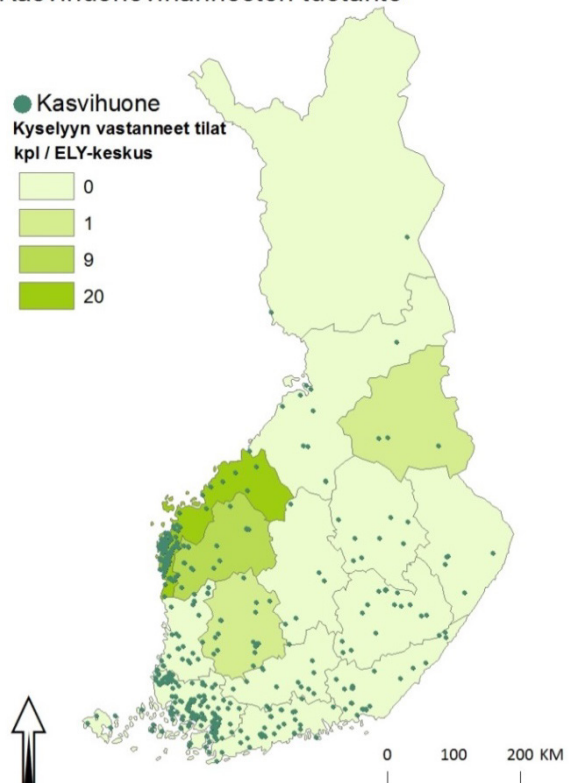
## 5.5. Kasvihuonevihannesketjut

### 5.5.1. Tuotantorakenteen kuvaus

Vuonna 2016 kasvihuonekurkkua tuottavia yrityksiä oli Suomessa 213 kpl ja tuotanto 39140 tn. Kurkun tuotannosta 68 % sijoittui Pohjanmaalle. Tomaattia tuottavia yrityksiä oli Suomessa 334 kpl ja tuotanto 40621 tonnia. Tomaatin tuotannosta 72 % sijoittui Pohjanmaalle. Koska tuotannon osuus on suurempi kuin kasvihuonealan osuus, Pohjanmaalla on suhteellisesti muuta maata enemmän ympärivuotista tuotantoa. Ruukkusalaattia tuottavia yrityksiä oli Suomessa 60 kpl ja tuotanto 73,8 miljoonaa ruukkua. Ruukkusalaattia tuotetaan yrityksissä ympäri vuoden ja tuotanto on jakautunut tomaatin ja kurkun tuotantoa tasaisemmin eri ELY-keskusten alueille. Ruukkusalaattia tuotetaan eniten Varsinais-Suomessa ja Satakunnassa, kummassakin 22 % koko tuotannosta. Varsinais-Suomessa yritykset ovat keskimäärin pienempiä kuin Satakunnassa (SVT 2017e) (kuva 23).

**Kuva 23.** Kaikkien kasvihuoneyritysten sijainti ja kyselyyn vastanneiden kasvihuoneyritysten sijainti ELY-keskuksittain.

Kasvihuonevihannesten tuotanto



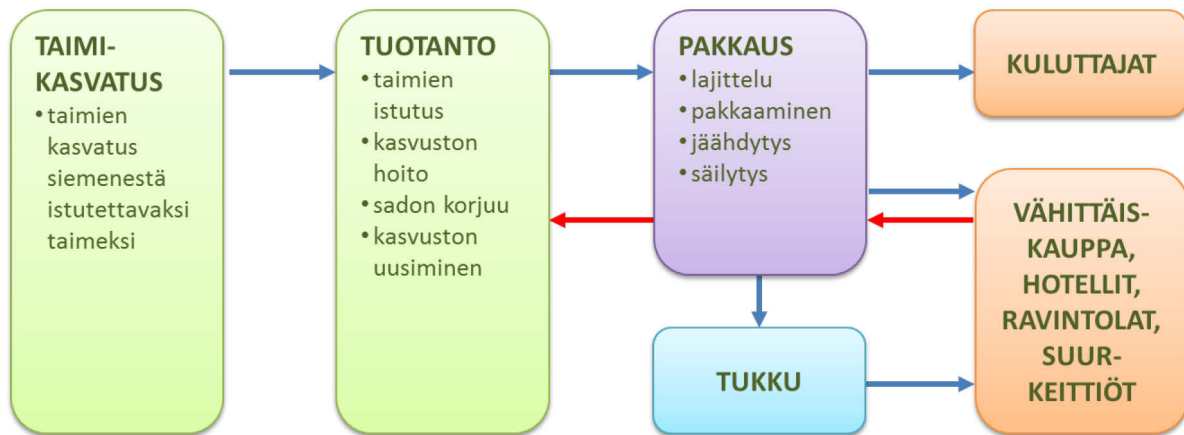
Vuonna 2016 kasvihuonekurkkua ja tomaattia viljelevistä yrityksistä 15 % ja ruukkusalaattia viljelevistä yrityksistä 100 % viljeli ympärivuotisesti luonnonvalon ja tekovalon avulla. Loput yrityksistä viljelivät pelkän luonnonvalon turvin helmikuun ja lokakuun välisenä aikana. Ympärivuotisen tuotannon viljelyala oli kasvihuonekurkulla 45 %, tomaatilla 34 % ja ruukkusalaatilla 100 % kasvin viljelypinta-alasta.

Kotimaiset kasvikset ry:n laatumerkin käyttöoikeuden omaavat vihannespakkaamot (5 kpl) ovat kaikki Pohjanmaalla. Pohjanmaalla vihannespakkaamot pakkaavat tomaatit ja kurkut ja markkinoivat ne pääosin keskusliikkeeseen tai tukkuun. Muualla Suomessa viljelijät pakkaavat tomaatit ja kurkut viljelmällä ja markkinoivat ne keskusliikkeeseen, tukkuun tai vähittäiskauppaa. Koko maassa ruukkusalaatti pakataan viljelmällä ja markkinoidaan keskusliikkeeseen, tukkuun tai vähittäiskauppaan.



### 5.5.2. Kasvihuonetuotantoketjun kuvaus

Kasvihuonevihannesten tuotantoketju alkaa taimituotannosta. Ruukkusalaatti kylvetään siemenistä, kun taas tomaatin- ja kurkuntaimet tulevat pääasiassa taimikasvattamoilta. Kasvihuoneissa kasvustoa hoidetaan, satoa korjataan sitä mukaa kun se kypsyy, ja kasvustoa uusitaan sen tuotantokyvyn alkaessa laskea. Sato lajitellaan, ja pakkaus voi tapahtua tiloilla kasvihuonetuotannon yhteydessä tai se toimitetaan erillisiin pakkaamoihin. Pakkaamoissa tuotteet jäähdytetään säilyvyyden vuoksi. Tiloilla pakattuja vihanneksia toimitetaan myös suoraan keskusliikkeiden tukkuihin ja kauppaan sekä myydään suoraan kuluttajille (kuva 24).



**Kuva 24.** Kasvihuonevihannesketju taimikasvattamosta jakeluun. Ruukkusalaattiviljelmällä koko ketju taimikasvatuksesta pakkaamiseen tapahtuu saman yrityksen sisällä. Kurkulla ja tomaatilla koko ketju voi toteutua eri yritysten välillä. Siniset nuolet kuvaavat tuotevirtaa ja punaiset nuolet mahdollisia uudelleen käytettäviä pakkauskauksia.

### 5.5.3. Sähkökatkon vaikutus kasvihuonetuotantoketjun osiin

Kasvi tarvitsee kasvuun ja sadon tuottamiseksi valoa, vettä, hiilidioksidia ja ravinteita. Kasvihuoneen lämpötilaa säädellään valoisuuden mukaan. Talvella päivän sähkökatkos pysäyttää kasvien kasvun, koska luonnonvalo ei ole riittävästi marraskuun ja helmikuun välisenä aikana. Runsaamman luonnonvalon aikaan sähkökatkos voi yhdessä samanaikaisen pilvisen jakson kanssa hidastaa kasvua. Valon vähyyden takia kasvi kasvaa pituutta, lehdet kellastuvat ja juuristo heikkenee.

Tavanomaisessa kasvihuonevihannesviljelyssä kasvualustan kaikki kasviravinteet ovat kasville liukoisessa muodossa. Kasvualustan tilavuus niin pieni, että kasvin päivässä tarvitsema vesimäärä ei siihen välttämättä mahdu. Kasvin pitää siten saada jokaisen kastelun yhteydessä kaikkia tarvitsemiin ravinteita. Kasteluliuksen valmistava lannoitesekoitin tarvitsee toimiakseen sähköä ja paineellista vettä.

Kasvihuonevihannestentuotannossa kasvihuoneen olosuhteita ja säätä mitataan sähköisesti. Kasvihuoneen säätölaitteita ohjataan olosuhteiden tavoitearvojen ja mittaustietojen perusteella. Mittaustiedot tallennetaan sähköisesti. Lämmitykseen tarvitaan sähkötoiminen poltin, säätöventtiileitä ja pumppuja. Lämpötilan ja ilmankosteuden säätämisessä käytetään pumppuja, säätöventtiileitä, kompressoreita, tuulettimia sekä verho- ja tuuletusluukkumoottoreita.

Kylvölinjan kylvökone ja kuljettimet toimivat sähköllä. Siementen tasainen taimettuminen varmistetaan lisävalotuksella. Myös taimien hoitotöihin tarvitaan sähkövaloa pimeään aikaan. Lokakuun ja helmikuun välisenä aikana kasvien kasvu edellyttää kasvihuonevalaisinten käyttöä. Lannoituskasteleluun tarvitaan pumppua ja magneettiventtiilejä. Hiilidioksidilannoituksen ohjaamiseen tarvitaan hiilidioksidiantureita ja magneettiventtiileitä. Myyntitaimien pakkausta varten tarvitaan kuljettimia ja kuljetuslaatikon kokoamiskoneita.

Kasvuston hoitokärryt ovat akkukäyttöisiä. Kasvuston hoitotöihin ja sadonkorjuuseen tarvitaan sähkövaloa pimeään aikaan. Tomaatti- ja kurkkusadon kokolajittelu tapahtuu koneellisesti, mutta se onnistuu viljelmillä myös käsityönä.

Salaatin viljelykouruja kuljetetaan ja harvennetaan viljelyn aikana kuljettimilla. Muovikääreiset ruukkusalaatit kuljetetaan sähkökäyttöisillä kuljettimilla viljelyosastosta pakkaamoon. Vihannesten kartonkilaatit liimataan kokoon yleensä koneella, mutta se onnistuu myös käsityönä. Kasvinsuojeluruiskut ja rikittimet ovat sähkökäyttöisiä. Tilojen puhdistukseen ja desinfiointiin käytetään sumuruiskua.

Vihannespakkaamon lämmitykseen tarvitaan sähköä tai sähkötoiminen poltin, säätöventtiileitä ja pumppuja. Työskentelyyn tarvitaan sähkövaloa. Tomaatti- ja kurkkusadon kokolajittelu tapahtuu sähköisesti. Vihannesten kartonkilaatit kootaan ja tuotelaatit pinotaan kuljetuslavalle koneellisesti. Pakatut vihannekset jäähdytetään kylmiössä kuljetusta varten.

#### 5.5.4. Sähkökatkon vaikutus kasvihuonetuotantoketjuun

Aiemmista sähkökatkoista ei ole aiheutunut haittaa vihannesviljelijöille, tai haitan suuruutta ei osattu arvioida. Sähkökatkosta arvioitiin olevan eniten haittaa talvella, jos lämmitysjärjestelmää ei saada nopeasti toimimaan. Moni tekovaloviljelijä arvioi viljelmän lämmöntuottokapasiteetin olevan talvella riittämätön, jos tekovalotuksen tuottamaa lämpöä ei ole käytettävissä. Myös kesällä sähkökatkosta voi aiheutua ongelmia, jos kastelua tai tuuletusta ei saada nopeasti toimimaan sähkökatkon alettua. Kun arvioitiin eripituisten sähkökatkojen vaikutuksia tuotantoon, niin kahden tunnin katkosta ei vielä aiheutuisi haittaa, kahden päivän katkosta sato vähenisi, ja kahden viikon katkosta kasvit eivät enää selviäisi.

Yli puolet tomaatin ja kurkun viljelijöistä ilmoitti, ettei pysty kasvattamaan taimia, mikäli niiden saatavuus taimituottajilta on häiriintynyt. Vajaa neljäsosa viljelijöistä (9 kpl) ilmoitti pystyvänsä kasvattamaan kaikki tarvitsemansa taimet. Kymmenesosa viljelijöistä (3 kpl) arvioi pystyvänsä kasvattamaan osan viljelmän tarvitsemista taimista. Kymmenesosa viljelijöistä (3 kpl) ei osannut arvioida, pystytäänkö tarvittavat taimet kasvattamaan itse. Nämä viljelijät ovat todennäköisesti ostaneet taimet tähän asti. Mitä suurempi oli yrityksen pinta-ala, sitä todennäköisemmin turvaudutaan osto-taimiin. Kyselyssä suurimmat yritykset, jotka ilmoittivat pystyvänsä kasvattamaan kaikki tarvitsemansa taimet, olivat 3 770 neliömetrin kurkkuviljelmä ja 12 000 neliömetrin tomaattiviljelmä. Ruukkusalaattiviljelijät pystyivät kasvattamaan taimet itse. Eviran rekisterin mukaan kasvihuonevihannesten taimituottajat (5 kpl) olivat kaikki Pohjanmaalla. Taimikasvattajan on käytettävä tekovaloa pystyäkseen toimittamaan taimia ympäri vuoden.

Taimituottajille aiemmista sähkökatkoista ei ole aiheutunut merkittävää haittaa tai haitan suuruutta ei osattu arvioida. Sähkökatko haittaisi eniten kylmään ja pimeään vuodenaikaan. Kun arvioitiin eripituisten sähkökatkosten vaikutuksia tuotantoon, niin kahden tunnin katkosta aiheutui haittaa lähinnä pimeässä työskentelystä, kahden päivän katkosta taimiin tulisi jo laatuviikoja talvella ja kahden viikon katkosta taimet eivät enää selviäisi.

Lyhyiden sähkökatkokkien seurauksena on pakkaamossa jouduttu muuttamaan työvuoron työtehtäviä. Tietojärjestelmät ja pakkauskoneet eivät ole toimineet katkon aikana. Prosessien ohjausjärjestelmät häiriintyvät jo lyhyistä katkoista. Yhteydet viljelijöihin ja kuljettajiin hoidetaan puhelimitse. Vain pieni pakkaamo voi ottaa vihanneksia vastaan viljelmältä sähkökatkoksen aikana. Osa pakkaamoista voi myös toimittaa vihanneksia kauppaan sähkökatkon aikana. Kurkku ja tomaatti säilyvät pakkaamossa myyntikelpoisina 1–3 vrk sähkökatkon aikana.

Kasvihuonekurkun ja tomaatin tuotantoketjussa vihannespakkaamot ovat ketjun kriittisin kohta. Niiden kautta kulkee suuri osa maan kurkku- ja tomaattisadosta. Jo lyhyt sähkökatkos pysäyttää tuotteiden pakkaamisen, mutta säilytyksessä olevat kurkut ja tomaatit alkavat pilaantua vasta muutaman päivän jatkuneen sähkökatkon seurauksena. Runsaan luonnonvalon aikaan taimikasvattajat ja vihannesviljelmät pystyvät pitämään taimet kasvussa ja kasvit tuotantokäytössä varavoiman turvin. Talvel-

la niukkaa luonnonvaloa ei voi korvata tekovalotuksella, joten kasvien kasvu pysähtyy. Vihannesviljelmät, jotka pakkaavat ja markkinoivat tuotteet itse, voivat katkon aikana jatkaa melko normaalisti, kunhan pakkauksia riittää sadon pakkaamiseen. Kartonkilaatikkojen kokoaminen ja kiertolaatikkojen pesu vaikeutuvat sähkökatkon aikana. Ruukkusalaattiviljelmät, jotka toteuttavat koko tuotantoketjun kylvöstä pakkaamiseen saman yrityksen sisällä pystyvät nopeammin sopeuttamaan tuotantoa.

Taimikasvatus kestää ruukkusalaatilla ja kasvihuonekurkulla kolme viikkoa ja tomaatilla 6–7 viikkoa. Taimien kasvu sadonkorjuuvaiheeseen kestää salaatilla ja kurkulla kolme viikkoa ja tomaatilla 7–8 viikkoa. Jos vihannesviljelmän kasvusto raivataan sähkökatkon seurauksena, pakkaamoon ja kauppaan saadaan ruukkusalaattia ja kurkkua aikaisintaan kuuden viikon kuluttua ja tomaattia 13 viikon kuluttua taimien kylvöstä.

### 5.5.5. Kasvihuonetuotantoketjun palautuminen sähkökatkon jälkeen

Taimikasvattajat arvioivat tuotannon palautuvan kahden tunnin sähkökatkosta ennalleen heti tai korkeintaan katkon pituisen ajan jälkeen. Kahden vuorokauden sähkökatkosta suurin osa taimikasvattajista ilmoitti tuotannon toipuvan viimeistään kahden vuorokauden kuluessa katkosta. Kahden viikon sähkökatkosta toipumisen arviot vaihtelivat eniten, välittömästi palautumisesta yli kahteen viikkoon. Taimikasvattajien epävarmuus tuotannon toipumisajan pituudesta näkyi vastauksissa jo kahden vuorokauden sähkökatkon jälkeen.

Vihannesviljelijöistä valtaosa arvioi tuotannon palautuvan ennalleen kahden tunnin sähkökatkosta heti tai viimeistään kahden tunnin kuluessa (taulukko 10). Kahden vuorokauden sähkökatkosta vajaa puolet viljelijöistä ilmoitti tuotannon toipuvan heti tai viimeistään kahden vuorokauden kuluttua katkosta. Neljäsosa viljelijöistä arvioi tuotannon toipuvan kahden viikon sähkökatkosta viimeistään 2 viikon kuluttua. Sähkökatkon ollessa kaksi vuorokautta tai pidempi, kasvava osuus viljelijöistä ei osannut arvioida tuotannon toipumisaikaa.

**Taulukko 10.** Kasvihuonetuotannon palautuminen eripituisten sähkökatkojen jälkeen.

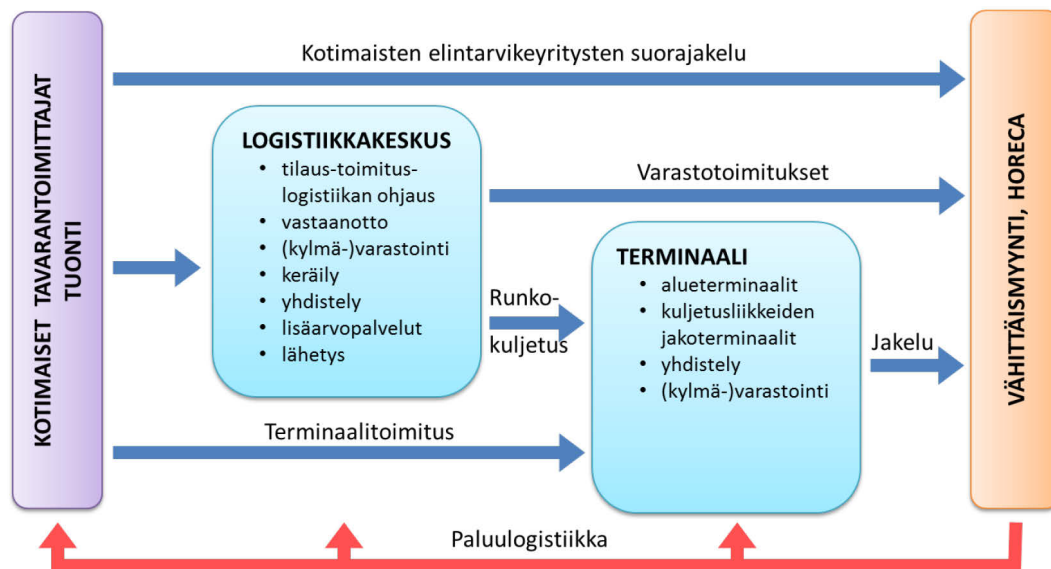
Sähkökatkon pituus	Palautuu välittömästi	Palautuu viimeistään katkon pituisessa ajassa	Palautuminen kestää yli katkon pituisen ajan	Ei osaa sanoa
2 tuntia (n=27)	59 %	30 %	4 %	7 %
2 päivää (n=25)	24 %	20 %	32 %	24 %
2 viikkoa (n=26)	15 %	8 %	42 %	35 %

Vihannespakkaamot arvioivat tuotannon palautuvan ennalleen kahden tunnin sähkökatkosta viimeistään tunnin kuluttua. Kahden vuorokauden sähkökatkosta toipumiseen pakkaamot arvioivat tarvittavan korkeintaan muutaman tunnin. Pakkaamojen vastauksissa oli eniten vaihtelua kahden viikon sähkökatkoksesta palautumisessa. Kolmasosa pakkaamoista ilmoitti tuotannon palautuvan heti, kolmasosa arvioi palautumiseen tarvittavan muutaman päivän ja kolmasosa ei osannut arvioida palautumisaikaa, jos sähkökatko oli kestänyt 2 viikkoa.

## 5.6. Logistiikkatoimijoiden sähköriippuvuus

Hankeessa haastateltiin kolme logistiikkapalvelujen tuottajaa, joiden kautta tai ohjauksessa kulkee yli 80 % Suomen elintarvikevähittäiskaupasta (sisältäen toimitukset food service -sektorille). Yhdessä näillä toimijoilla on toimintaa noin kymmenessä logistiikkakeskuksessa ja keskusvarastossa, ja ne operoivat näiden lisäksi kolmenkymmenen, koko maan kattavan terminaalin kautta. Kuljetukset on

alihankittu tavarakuljetusalan yrityksiltä. Tarkastellut logistiikkapalvelut käsittävät tuotteittain ja toimijoittain vaihtelevin osuuksin toimintoja tavaroiden hankinnasta ja maahantuonnista (toiminta hankintayhtiönä) varastoinnin ja keräilyn kautta tuotteiden vähittäisjakeluun ja paluukuljetuksiin asti (kuva 25).



**Kuva 25.** Elintarvikkeiden vähittäiskauppaan liittyvän logistiikan keskeiset osat.

Päivittäistavarakaupan tuotelogistiikan (tilaus-toimitusketjun hallinta tavarantoimittajilta vähittäiskauppaan) ohjaus on lähes kokonaan keskitetty logistiikkapalvelujen tuottajille. Palveluntuottajat ohjaavat pitkälti myös sellaisten tuotteiden hankinta- ja toimitusketjua, joissa itse tuote ei lainkaan käy palveluntuottajan hallitsemisessa tiloissa. Myös tässä hankkeessa tarkastellut tuoretuotteet (pakattu maito, sianliha, broilerinliha, leipomotuotteet ja kasvihuonevihannekset) ohjataan keskitetysti. Näiden toimitusketjut ovat valtaosaltaan joko suoratoimituksia valmistavasta yrityksestä myymälöihin tai terminaalien kauttakulku tuotteita.

Haastatellut logistiikkapalvelujen tuottajat pitivät sähkön saatavuutta ja toimitusvarmuutta oman toimintansa osalta erittäin hyvänä. Suurten logistiikkakeskusten sähkönsyöttö on vähintään kahdennettu, joten sähkönsaantia pidettiin varmana, mikäli kyseessä ei ole runkoverkon häiriö. Logistiikkakeskuksissa ei ole ollut sellaisia sähkönjakelukeskeytyksiä, jotka olisivat aiheuttaneet mainittavia katkoksia toimintaan. Vuonna 2016 yhdessä terminaalissa oli ollut katkos, minkä johdosta tuotevirtaa oli jouduttu uudelleenreitittämään.

Osa terminaaleista on varustettu varavoimalla, jonka varassa toimintaa voidaan jatkaa. Keskusvarastoissa ja logistiikkakeskuksissa varavoima riittää valaistukseen (lähinnä poistumisteiden valaistus) ja joidenkin pakkas- tai kylmätilojen ”täsmäjäähdytykseen”. Tuotteiden vastaanotto, sisälogistiikan toiminnot sekä lähettämön toiminta pysähtyvät sähkönjakelukatkon ajaksi, sillä automaattivaraston toiminnot, erilaiset kuljettimet, automaattiovet jne. vaativat sähkövirtaa toimiakseen. Tietojärjestelmät on suojattu UPS-järjestelmillä, ja ne mahdollistavat lähinnä tietojärjestelmien hallitun alasajon.

Kaikilla haastatelluilla logistiikkapalvelujen tuottajilla on varautumissuunnitelmat erilaisiin häiriötilanteisiin. Sähkönjakelukeskeytykseen liittyvät suunnitelmat koskevat kaikilla toimijoilla turvallista poistumista työ- ja varastotiloista, ja tätä on harjoiteltu henkilöstön kanssa (pelastautumismäökkulma). Näiden lisäksi suunnitelmissa on käsitelty mm. poikkeustilanteen yhteistoimintaa sähköntoimittajan kanssa.

Sähkökatkon alettu toiminta pääsääntöisesti loppuu logistiikkakeskuksissa. Teknisistä ratkaisuisista riippuen voi olla mahdollista siirtää valmiiksi kerätyt tuote-erät lähteviin autoihin, minkä jälkeen

”laitetaan ovet kiinni”. Ensimmäisenä prioriteettina on varmistaa henkilöstön turvallinen poistuminen tiloista. Pakkasvarastoja ei avata, ja kylmäkoneiden energiansaanti varmistetaan varavoiman avulla siellä missä se on mahdollista. Mikäli katko jatkuu pidempään, voidaan ainakin osa pakasteista tuotteista siirtää kylmäkontteihin tai kylmäkuljetusautoihin. Katkotilanteen pitkittyessä voidaan tavaraliikennettä uudelleenreitittää: esimerkiksi kuljetuksen määränpää voidaan vaihtaa kiinni olevasta terminaalista toiseen. Tulevien toimitusten kuljetukset voidaan myös katkaista tavarantoiminnan ollessa keskeytyksissä. Tällöin tavarat jäävät esimerkiksi maahantuontivarastoihin.

Mikäli tietojärjestelmät vielä toimivat, voidaan kerätyt tavarat pääsääntöisesti toimittaa vastaanottajille (sekä runkokuljetukset terminaaleihin että jakeluliikenne). Kuljetettavana oleva volyyymi sekä kaupassa oleva tavara muodostavat puskurin, mistä johtuen logistiikkatoimijoihin kohdistuva sähkönjakelukeskeytyks näkyy vasta viiveellä kaupan valikoimissa. Saatujen arvioiden mukaan lyhyt, luokkaa kaksi tuntia kestävä keskeytys sähkönsaannissa saattaa myöhästyttää tavarantoimituksia vastaavan ajan, mutta muita, esimerkiksi kylmä- tai pakkassäilytykseen liittyviä vaikutuksia sillä ei vielä ole. Pakkas- ja kylmävarastojen lämpötilat pysyvät vuodenajasta ja säätilasta riippuen 6..8 tuntia vaadituissa rajoissa. Kahdentoista tunnin katko voi jo aiheuttaa ongelmia tietojärjestelmissä, kun tilausten, toimitusten ja varaston hallinnan tietoja joudutaan tarkistamaan ”käsini”. Suuruusluokkaa yhden vuorokauden katko jakelukuljetuksissa alkaa jo näkyä vähittäiskaupoissa, sillä niillä ei ole varsinaisia varastoja. Kaikki edellä esitetyt aika-arviot ja vaikutusten laajuus riippuvat säätilan lisäksi siitä, osuuko sähkönjakelukeskeytys normaaliin viikkorytmiin vai jonkin sesonkiajan, esim. juhlapyhän, kohdalle.

Kun sähkönjakelu jälleen toimii, ajetaan tieto- ja kiinteistöjärjestelmät ylös, varmistetaan toiminnan vaatimien (mm. henkilö-) resurssien saatavuus, päivitetään tilannekuva ja viestitään toiminnan palauttamisen aloittamisesta sidosryhmille. Palautumisen kestot ovat arvioita, ja niihin vaikuttavat monet eri tekijät. Toipuminen lyhyestä, muutaman tunnin katkosta kestää tunnista kahteen, kun taas useamman vuorokauden katkosta täydelliseen toipumiseen voi mennä yli viikkokin. Keskeiset, palautumista hidastavat toiminnot liittyvät automaation ja sen osien jälleenkäynnistämiseen. Katkon pitkittyessä myös toiminnan ja varastonohjauksen tietojärjestelmät vaativat tarkistuksia ja tehostetua seurantaa, kun toimitusketjua palautetaan normaaliin tuotantovauhtiin. Palautuminen sähkökatkosta kestää sitä pidempään, mitä enemmän katkon aikana on tehty ”manuaalisia toimenpiteitä” ohi ohjausjärjestelmien.

Sähkönjakelukeskeytyksen aikaisten logistiikkatoimintojen jatkumisen ja toisaalta keskeytyksestä palautumisen kannalta on oleellista, että yrityksen tietojärjestelmät sekä tieto- ja viestintäverkot säilyvät keskeytyksen alkamisen jälkeen mahdollisimman pitkään toimivina.

Teoriassa voisi olla mahdollista lähettää tavarantoimittajilta tulevia kokonaisia lavoja vastaanottajille ilman, että tuotteet kulkisivat varastojen tai käsittelylinjojen kautta. Tämä olisi kuitenkin äärimmäinen keino, sillä toimitusten seuranta ja laskutus ovat sähkökatkon aikana poissa käytöstä. Tietojärjestelmän ”ohittaminen” aiheuttaisi runsaasti ongelmia toimitusketjujen ja laskutuksen hallinnassa, kun palataan normaaliin toimintaan.

Logistiikkakeskusten ja niiden yhteydessä toimivien keskusvarastojen varustamista toiminnan jatkuvuuden varmistavalla varavoimakapasiteetilla on harkittu, mutta sitä ei ole korkeiden kustannusten, riskianalyysin ja/tai suuren tehontarpeen vuoksi toteutettu. Suurten keskusten tehontarve on niin suuri, että käytännössä niiden yhteyteen olisi rakennettava erillinen voimala. Osa terminaalista on puolestaan useamman logistiikanpalvelutuottajan yhteiskäytössä, mikä voi hidastaa varvoimajärjestelyn hankintaa kaikkiin toimipisteisiin.

## 5.7. Sähkökatkojen taloudelliset ja ympäristövaikutukset

Sähkönjakeluhäiriöiden määrällistä vaikutusta alkutuottajilta kerätyn maidon ja teuraaksi lähetettyjen sikojen määrään tarkasteltiin luvussa 4.3 (Sähkökatkojen tuotosvaikutus). Muilta osin vaikutuksia on selvitetty vain laadullisesti.

Yleisimmin mainittuja suoria tai epäsuoria sähkönjakeluhäiriöiden taloudellisia vaikutuksia olivat kasvanut työmäärä, tuotoksen aleneminen, tuotteiden pilaantuminen sekä koneiden ja laitteiden rikkoutuminen. Rikkoutumiset voivat johtua sekä sähköverkosta tulevan, että varavoimalla tuotetun sähkön laadusta.

Kotieläintilat arvioivat, että jos varavoimajärjestelmä toimii normaalisti, ja vettä ja rehua saa eläimille normaalisti, hävikkiä ei synny pitkissäkään sähkönjakelun keskeytyksissä. Hävikkiä voi kuitenkin aiheutua eläinten kasvun heikkenemisenä ja tuotoksen vähenemisenä, mikäli tuotantorutiineista joudutaan poikkeamaan. Myös eläinlääkintäkulut voivat kasvaa. Näiden vaikutusten taloudellista merkitystä on vaikea arvioida. Kotieläintiloilla ruokinnan viivästyminen ja muut poikkeavat hoitokäytännöt voivat aiheuttaa häiriökäyttäytymistä ja erilaisten vammojen syntymistä. Nämä puolestaan vaikuttavat lihan laatuun. Kuolleisuus tiloilla voi lisääntyä, jos ilmastointi tai lämmitys ei toimi kunnolla myös silloin kun varavoimajärjestelmä on käytössä.

Sähkön tuottaminen varavoimakoneilla on epätaloudellista, eivätkä sähkönjakelukeskeytyksiin liittyvät, lakisääteiset korvaukset tai vakuutukset riitä kattamaan varavoiman käytön johdosta kasva-neita kustannuksia.

Ympäristövaikutukset eivät nousseet erityisesti esille kyselyissä ja haastatteluissa. Vain pilaantuneen tuotoksen (esim. lämmenneen maidon) tai hätäteurastettujen ruhojen hävittämisen suuressa mittakaavassa mainittiin voivan johtaa ongelmallisiin tilanteisiin ympäristön kannalta. Hävitettäväksi menevät raaka-aine- ja tuote-erät johtavat taloudellisiin tappioihin kaikissa ketjujen vaiheissa.

## 5.8. Alkutuotannon kyberuhkat

### 5.8.1. Kyberturvallisuuskäsite maataloudessa

Valtioneuvoston selvitys määrittää kyberturvallisuuden tarkoittavan tavoitetilaa, jossa kybertoimintaympäristöön voidaan luottaa ja sen toiminta turvata. Kybertoimintaympäristö taas tarkoittaa sähköisessä muodossa olevan tiedon käsittelyyn tarkoitettuja tietojärjestelmiä, ja niistä muodostuvaa toimintaympäristöä (Valtioneuvosto 2013). Maatalouden alkutuotannon yhteydessä kyberturvallisuuden voidaan käsittää tarkoittavan alkutuotannon digitaalisessa muodossa olevan tiedon käsitteilyyn ja hyödyntämiseen tarkoitettuista laitteista koostuvan kokonaisuuden turvaamista. Sähkö liittyy tähän olennaisesti, koska ilman sähköä ei ole mahdollista käyttää digitaalisessa muodossa olevaa tietoa.

Maatalouden kyberturvallisuuden päämääränä on turvata sähköisten laitteiden toiminta siten, että ruoka saadaan kasvatettua ja toimitettua alkutuotantotilalta aina kuluttajan pöytään asti (farm-to-fork). Tässä yhteydessä kyberturvallisuutta tarkastellaan ruuan kasvatuksesta maatilan portille asti. Kyberturvallisuuden merkitys on viime vuosina lisääntynyt ja tulee jatkossa lisääntymään yhä enemmän automaation ja tietotekniikan käytön lisääntyessä maataloudessa. Monilla tiloilla voidaan sanoa, että tilan toiminta on jo riippuvainen kybertoimintaympäristön toimivuudesta, koska tilan normaali toiminta ei ole mahdollista ilman tietojärjestelmiä ja niiden ohjaamaa automaatiota. Erityisesti eläintiloilla sekä kasvihuonetiloilla tuotantoympäristöä ohjaava automaatio on arkipäivää, ja sen oikeanlainen toiminta tilan toiminnan edellytys.

Alkutuotannossa tietotekniikka kytkeytyy vahvasti myös fyysiseen maailmaan automaatiojärjestelmien kautta. Eläinsuojia, kasvihuoneita, ja jatkossa myös yhä enenemässä määrin liikkuvia työkojeita valvotaan ja ohjataan tietojärjestelmien kautta. Täten kybertoimintaympäristön ongelmat voivat heijastua suoraan fyysiseen maailmaan, ja fyysinen toimintaympäristö voi myös altistaa kyberuhille.

Valtaosa kyberturvallisuuteen tarvittavasta osaamisesta ja teknologiasta on kuitenkin toimialariippumatonta, ja samoja menetelmiä ja periaatteita voidaan käyttää kaikkialla. Puhutaan muun mu-

assa niin sanotusta 80/20 -periaatteesta, jonka mukaan 80 kyberturvallisuudesta on yleisluontoista, ja loput 20 % toimialakohtaista. (Manning 2016)

Kenties tästä syystä puhtaasti maatalouteen liittyvää kyberturvallisuuden tutkimusta ei mainittavasti ole tehty. Maatalous on joko käyttöesimerkkinä yleisessä tutkimuksessa, tai sitten kyberturvallisuus on osana laajempaa maatalouden toiminnan tutkimusta. Viimeisen parin vuoden aikana maatalouden kyberturvallisuus on kuitenkin noussut esille erinäisissä yhteyksissä. Esimerkiksi vuonna 2016 FBI:n kyberturvallisuusosasto julkaisi Yhdysvalloissa tiedotteen nimenomaan maatilojen kyberturvallisuudesta (FBI 2016). Tiedotteessa nostettiin esille erityisesti kolme maataloihin kohdistuvaa kyberuhkaa:

- maatalousdatan varastaminen tai tuhoaminen
- kiristyshaittaohjelmat
- ruuantuotannon järjestelmien häirintä

Kaikki kolme FBI:n luettelemaa uhkaa ovat jonkin tahon tietoisesti aiheuttamia. Ne eivät välttämättä ole suoraan maatilaa tai maataloutta kohtaan suunnattuja. Erityisesti kiristyshaittaohjelmat leviävät tyypillisesti opportunistisesti, jolloin uhriksi jääviä järjestelmiä ei etukäteen tiedetä. Tiloja uhkaavat myös kyberuhat, joita ei kukaan tietoisesti aiheuta, kuten esimerkiksi sähkökatkot, laiterikot, tai tietojärjestelmien yhteensopimattomuus. Kyberturvallisuutta ei siis tulisi missään tapauksessa käsittää pelkästään kyberhyökkäyksiltä suojautumiseksi, koska maatilalla on monesti huomattavasti tavallisempaa kohdata vahingoista tai luonnonilmiöistä johtuvia kyberturvallisuusongelmia.

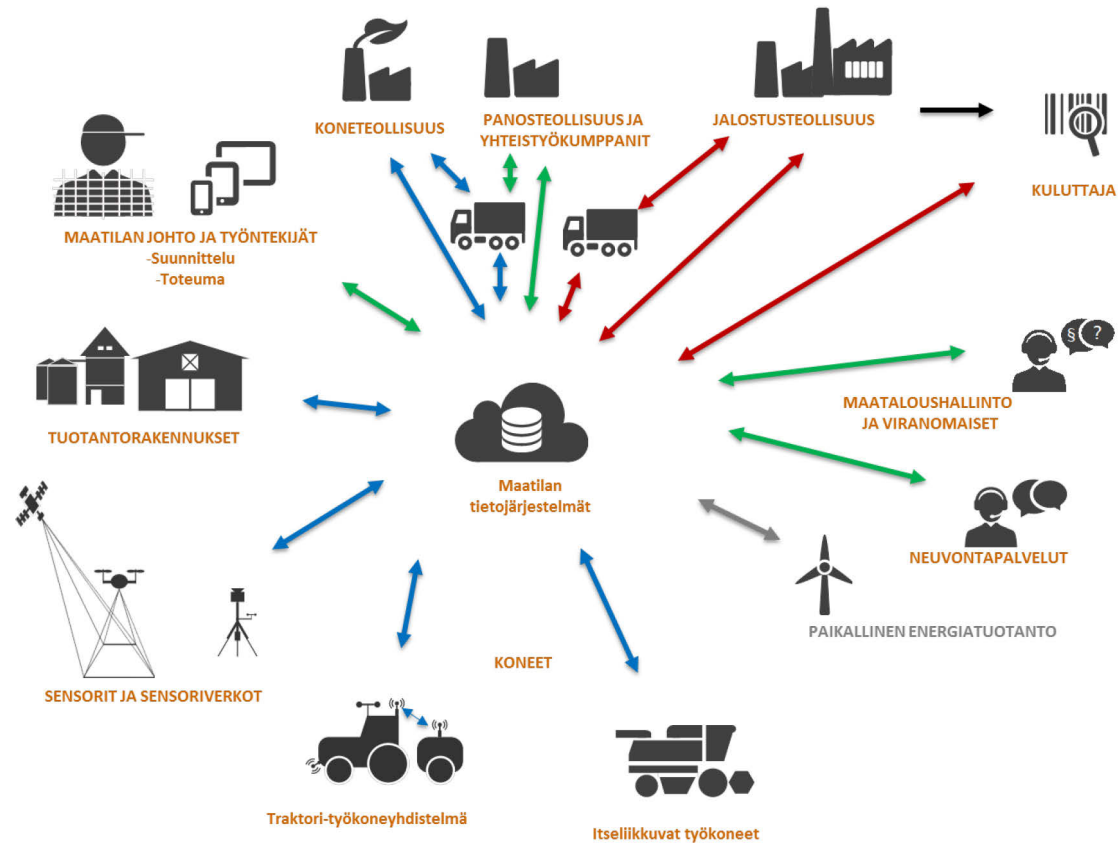
Kyberturvallisuus ei myöskään ole asia, jota alkutuotantotilojen pitäisi hoitaa itsenäisesti. Asiaa on kyettävä edistämään koko maataloussektorin puitteissa. Monella tilalla ei ole riittäviä resursseja asian itsenäiseen hoitamiseen, ja tietyn toimintaketjun kyberturvallisuus on vain niin hyvä kuin sen heikoin lenkki. Esimerkiksi Cooper (2015) antaa seuraavia ohjeita maatalouden kyberturvallisuuden parantamiseen:

1. Maataloussektorille tulisi luoda kyberturvallisuuskulttuuri
2. Sektorille tulisi saada enemmän kyberturvallisuuden asiantuntijoita
3. Kyberturvallisuuden arvioimiseksi tulisi kehittää menetelmiä
4. Maatalouden kyberturvallisuusstrategioita, suunnitelmia, ja toimitapoja tulisi kehittää
5. Tiedon varmuuskopiointi- ja palautusmenetelmiä tulisi kehittää ja testata
6. Maataloussektorin tulisi kehittää yhteistyötä muiden kriittisen infrastruktuurin sektoreiden kanssa

Cooperin kaikkien suositusten noudattaminen on jotain, mitä maataloussektorin olisi tehtävä kokonaisvaltaisesti. Kaikkien toimijoiden tulee olla mukana, jotta maatalouden kyberturvallisuutta on mahdollista parantaa.

### 5.8.2. Maatilan kyberuhat

Maatilan toimintaympäristö voidaan jakaa fyysiseen ja kybertoimintaympäristöön. Fyysiseen toimintaympäristöön kuuluvat tilan rakennukset, kiinteät laitteet ja rakennelmat, liikkuvat ja vedettävät työkoneet, sekä pellot ja muut maatilan maat. Kybertoimintaympäristö puolestaan koostuu yhdestä tai useammasta fyysisesti tai loogisesti erillisestä tietoverkosta, sekä näihin verkkoihin kytketyistä laitteista. Tietoverkkoon kytkettyjä laitteita voivat olla esimerkiksi toimistotietokoneet, kiinteät oheislaitteet, erilaiset kannettavat laitteet, sekä rakennelmiin, laitteisiin, työkoneisiin, ja muihin tiloihin liittyvät ja niihin erikseen rakennetut tietojärjestelmät (kuva 26).



**Kuva 26.** Maatilan toimintaympäristössä on perinteisiä koneita, koneita automaatiolaajennuksilla ja uusia automaatiojärjestelmiä (Lähde: Laajalahti & Nikander 2017)

Maatilan kybertoimintaympäristö on harvoin kovinkaan yksityiskohtaisesti etukäteen suunniteltu ja tämän suunnitelman mukaan rakennettu. Enemmän ympäristö on kehittynyt orgaanisesti ajan kuluessa kun tilalle on noussut uusia tietoteknisiä tarpeita. Syynä uusille laitteille on voinut olla esimerkiksi tilan fyysisen toimintaympäristön muuttuminen tai yhteistyökumppaneiden vaatimukset. Täten monen maatilan kybertoimintaympäristö on kokonaisuus, jota voi olla haastavaa ymmärtää, hallinnoida, tai kehittää edelleen.

Maatilan kyberturvallisuuden ylläpito vaatii tilan tietokoneiden, rakennusten ja liikkuvien työkoneneiden sekä tietoverkkojen jatkuvaa, asiantuntevaa ylläpitoa. Koska maatilan käytössä olevat resurssit ovat rajalliset, on maatalojen tietoturva usein puutteellista. Tämä puolestaan mahdollistaa erilaisien kyberuhkien toteutumisen maatilalla. Laitteiston vanhentuminen, kastuminen, putoaminen tai pölyntyminen voi rikkoa laitteita. Rikkoutuminen voi vaikeuttaa tai jopa pysäyttää tilan tuotanto-toiminnan tai kadottaa tärkeää tietoa, jota ei enää voida palauttaa. Puutteellisesti ylläpidetyt ja suojatut järjestelmät voivat joutua ulkopuolisten hyökkääjien kohteiksi, ja tätä kautta tilan tietoa voi joutua varastetuksi, sotketuksi, tai vaikkapa kiristyshaittaohjelman uhriksi. Tilan tietokoneita voidaan myös kaapata osaksi ns. bottiverkkoja, joiden avulla voidaan sitten tehdä esimerkiksi palvelunestohyökkäyksiä kolmansia osapuolia vastaan. Myös laitteiden pitkä käyttöikä voi aiheuttaa ongelmia. Maatilan tietokoneita voidaan käyttää kauan laitteiden ja ohjelmistojen virallisen ylläpidon loppumisen jälkeen.

Esimerkiksi 20 vuotta sitten hankitun automaatiojärjestelmän ohjaamiseen tarkoitettu ohjelma ei välttämättä toimi missään muussa käyttöjärjestelmässä kuin Windows 95:ssä. Täten, kun ohjaustietokoneeseen tulee ongelmia, ei ole enää tahoja joka voisi auttaa. Tietokoneen rikkoutuessa ei ole enää mahdollista ostaa uutta tilalle, koska Windows 95 ei toimi nykytietokoneissa. Lisäksi, vaikka tilalle saisi tietokoneen, jossa tarvittavat ohjelmat toimivat, ei vanhaan järjestelmään mahdollisesti tehtyjä päivityksiä ole enää saatavissa mistään.



Tietokoneet tarvitsevat jatkuvaa, tasaista sähkövirtaa, joten sähkönsaanti on yksi yleisimmistä maatalan kybertoimintaympäristön uhista. Uhka voidaan katsoa myös vakavaksi, koska sähkönsaannin häiriöt voivat helposti lamaannuttaa kybertoimintaympäristön tai sen osia.

### 5.8.3. Sähkön laatu ja kyberturvallisuus

Virtapiikit, katkokset, ja jo pelkkä jännitteen aleneminen voivat kaikki häiritä laskentaa, ja aiheuttaa tietokoneiden rikkoutumisia. Lisäksi organisesti rakentunut maatalan kybertoimintaympäristö voi ennalta-arvaamattomasti lamaantua keskeisen laitteen vikaantumisesta. Täten myös sähkökatkojen suhteen kybertoimintaympäristö on vain niin vahva kuin sen heikoin lenkki.

Varavirtalähteellä (UPS) varmistetut laitteet kykenevät selviämään alijännite- ja sähkökatkotilanteista, ja ylijännitesuojalla varustetut laitteet virtapiikeistä. Maatiloilla on käytössä erilaisia varmistuksia vaihtelevassa määrin. Kaikkia laitteita ei ole koskaan täysin varmistettu. Osa tilan sulautettujen järjestelmien ohjaustietokoneista voi myös olla vaikea varmistaa sähköverkon häiriöiden varalta. Mikäli tietokone on elimellinen osa sulautettua järjestelmää, kuten lypsyrobotia, ruokinta-automaattia tai vastaavaa, voi sen varmistaminen sähkökatkon varalta vaatia koko automaatiojärjestelmän varmistamista.

Mikroprosessorin sisältävillä laitteilla on sähkön laadulle omat erityiset vaatimuksensa. Mikroprosessorin tarvitsema virta alennetaan sopivalle tasolle erilaisilla muuntajilla ja virtalähteratkaisuilla. Riippuen laitteen suunnitteluperiaatteista tämä varsinaisen käyttövirran muodostaminen riittävän laadukkaasti vaatii laitteeseen tulevalta virralta tietyt laatuvaatimukset. Käytännössä on havaittu että esim. traktorigeneraattoreilla tuotetussa sähkössä ongelmia alkaa esiintyä, jos jännite tai taajuus laskee normaalien arvojen alapuolelle. Myös laitteiden rikkoontumisia ennemmin alijännitteen kuin pienen ylijännitteen seurauksena on raportoitu. Käytössä oleva varavoima on siis mitoitettava siten, että laitteistossa on riittävä tehoreservi tarvittavaan kulutukseen nähden, ja että varavoimalla tuotettava sähkövirta on riittävän laadukasta sekä tasalaatuista.

Lyhytkestoisella sähkökatkolla tarkoitetaan tässä hetkellistä tai muutamien minuuttien mittaista sähkökatkosta. Ilman erillistä virransyötön varmistuslaitetta tai omaa akkua olevat laitteet käytännössä sammuvat lyhyenkin katkoksen seurauksena. Laitteiston uudelleen käynnistyminen riippuu laitteiston tyypistä ja asetuksista. Tyypillisesti tietokoneissa on BIOS (Basic Input/Output System) tasolla mahdollisuus määritellä laitteiston uudelleen käynnistymisen periaatteet. Palvelimina ja ilman käyttäjän välittömiä toimenpiteitä olevissa laitteistoissa on asetuksena yleensä uudelleenkäynnistyminen tai edellinen toimintatila. Tämä mahdollistaa koneen automaattisen uudelleen käynnistymisen. Äkillinen uudelleenkäynnistyminen voi kuitenkin sotkea laitteita, tai niihin kytkettyjä muita järjestelmiä. Myös dataa voi kadota pysyvästi, mikäli laitteen muistissa oli tietoja, joita ei vielä ollut ehditty kirjoittaa pysyvään muistiin, tai mikäli kirjoitusoperaatio oli kesken sähkökatkon sattuessa.

Laitteiden äkillinen uudelleenkäynnistyminen voi aiheuttaa myös laajempia toimintahäiriöitä maatalan kybertoimintaympäristössä. Esimerkiksi verkkoreitittimen uudelleenkäynnistyminen voi katkaista verkkoyhteyden siihen kiinnitetyiltä laitteilta. Riippuen laitekokoonpanosta, verkkoyhteyden palauttaminen saattaa vaatia käyttäjän toimenpiteitä. Tällöin voi kulua huomattavasti aikaa ennen kuin maatalan kybertoimintaympäristön toiminnallisuus on saatu palautettua.

Lyhyidenkin sähkökatkojen aiheuttamat häiriöt maatalan kybertoimintaympäristössä voivat heijastua myös tilan fyysiseen toimintaympäristöön. Lyhyt katko voi muun muassa sekoittaa tilan automaatiojärjestelmiä. Esimerkiksi vikatilaan mennyt ruokintarobotti ei ruoki eläimiä, tai vikaantunut ilmanvaihtojärjestelmä ei säädi eläinsuojien sisäolosuhteita oikein. Tällaiset vikatilanteet voivat vaikuttaa tilan toimintaan ja eläinten hyvinvointiin huomattavasti.

Pitkäkestoisella sähkökatkolla tarkoitetaan tässä sähkökatkoa, joka kestää pidempään kuin muutamian minuutin. Tällaisessa katkossa akuilla varmistetut laitteet sammuvat ilman generaattorilla tuotettua varavoimaa. Katkon pitkittyessä ongelmaksi voi muodostua myös käytettävissä olevan varavoiman riittävyys verrattuna maatalan sähköntarpeeseen. Tällöin tilan kybertoimintaympäristöä ei

välttämättä voida käyttää kokonaan, mikäli käytettävissä oleva sähkövirta ei riitä kaikkien tilan laitteiden käyttämiseen samaan aikaan. Tällöin on tilalla priorisoitava se, mitä tietoteknisiä laitteita voidaan käyttää. Priorisoinnissa on huomioitava myös se että yhteys ulkoverkkoon toimii vasta sitten kun kaikki toisiinsa verkotetut laitteet ovat päällä.

Pitkäkestoiset sähkökatkot voivat kattaa suuriakin alueita. Pitempiaikaiset katkot voivat vaikuttaa maatalan kybertoimintaympäristöön myös maatalan ulkopuolelta. Matkapuhelinverkkojen tukiasemilla on sähkökatkojen varalta akkuihin perustuva varavoimaratkaisu, jossa varavirtaa riittää 3–4 tunnin ajaksi. Täten neljän tunnin sähkökatko on riittävän pitkä sammuttamaan matkapuhelinverkon ja sitä kautta suuren osan nykyaikaista telekommunikaatioinfrastruktuuria. Kaapeliyhteyksiin perustuva kommunikaatio, kuten lankapuhelimet sekä kiinteät internetliittymät, saattaa toimia pidempään riippuen palveluntarjoajan laitteistoratkaisuista.

Maatilojen telekommunikaatoratkaisut ovat kuitenkin yhä enemmän riippuvaisia matkapuhelinverkosta, joten yli neljän tunnin sähkökatko aiheuttaa huomattavaa lisähaittaa monille maataloille, sekä elintarviketuotannolle laajemminkin. Tietoliikennekatkokset voivat vaikuttaa laaja-alaisesti elintarviketuotannon toimijoiden viestintään sekä sitä kautta tuotannon ohjaukseen. Esimerkiksi kuljetustilauksia voi olla vaikeaa tai mahdotonta hoitaa mikäli puhelimet ja tietoliikenneverkko ei toimi.

## 6. Elintarvikeketjujen varautuminen

### 6.1. Varavoima

Elintarvikeketjujen varautuminen sähkökatkoihin perustuu pääasiassa varavoimalähteisiin sekä varautumissuunnitteluun. Varavoimalähteiden polttoainehuolto on oleellinen osa varautumista samoin kuin ajantasaiset, dokumentoidut ja jalkautetut toimintaohjeet poikkeustilanteiden ja niistä toipumisen varalta.

#### 6.1.1. Varavoimalähteet

Maatalous- ja puutarhayritysten rakennetutkimuksen mukaan (SVT 2017a) 41 %:lla yrityksistä oli varavoimalähde sähköjakelukeskeytysten varalle. Varavoimakoneella varustautuneiden yritysten osuus kasvaa yrityksen koon kasvaessa (taulukko 11).

**Taulukko 11.** Varavoimakoneiden osuus tuotantosuunnittain erikokoisilla tiloilla, koko maa. (Luonnonvarakeskus, Maatalous- ja puutarhayritysten rakenne 2016, ennakkotieto)

Tuotantosuunta	Varavoimalla varustautuneiden tilojen osuus kokoluokittain *)					
	alle 4 000e	4 000e - 15 000e	15 000e - 50 000e	50 000e - 250 000e	yli 250 000e	Kaikki kokoluokat
Viljanviljely (n= 17 441)	28 % (n=336)	25 % (n=1 662)	30 % (n=2 291)	34 % (n=694)	50 % (n=8)	29 % (n=4 991)
Muu kasvinviljely (n= 13 408)	27 % (n=800)	30 % (n=2 058)	34 % (n=877)	29 % (n=275)	43 % (n=36)	30 % (n=4 046)
Kasvihuone- ja avomaatuotanto (n= 2 138)	0 % (n=0)	22 % (n=34)	32 % (n=176)	59 % (n=569)	73 % (n=349)	53 % (n=1 128)
Lypsykarjatalous (n= 7 250)	15 % (n=2)	24 % (n=12)	45 % (n=280)	74 % (n=3 904)	96 % (n=1 198)	74 % (n=5 397)
Naudanlihan tuotanto, muu nautakarjatalous (n= 3 487)	30 % (n=8)	38 % (n=117)	47 % (n=526)	65 % (n=1 234)	92 % (n=139)	58 % (n=2 023)
Muu laidunkarja (n= 2 489)	15 % (n=12)	23 % (n=249)	34 % (n=362)	51 % (n=126)	33 % (n=1)	30 % (n=750)
Sikatalous, Siipikarjatalous (n= 1 134)	0 % (n=0)	50 % (n=2)	44 % (n=15)	80 % (n=341)	95 % (n=629)	87 % (n=987)
Sekamuotoinen tuotanto (n= 2 149)	33 % (n=1)	38 % (n=132)	38 % (n=241)	59 % (n=592)	80 % (n=136)	51 % (n=1 102)
<b>Keskimäärin varustautuneita kokoluokassa</b>	<b>27 % (n=1 159)</b>	<b>28 % (n=4 265)</b>	<b>34 % (n=4 770)</b>	<b>60 % (n=7 734)</b>	<b>88 % (n=2 496)</b>	<b>41 % (n=20 424)</b>

\*) Kokoluokitus perustuu standardituotokseen, joka on tilan kasvi- ja eläintuotannon laskennallinen arvo (euroina). Laskennallinen arvo perustuu viljelykasvialoihin ja eläinmääriin sekä maataloustuotteiden markkinahintoihin.

Kyselytutkimuksen perusteella maitotilojen varautuminen sähkökatkoihin on hyvä. Valtaosalla tiloista oli varavoimakone, jonka toimintakyky riittää kaikkien toimintojen ylläpitämiseen ja vain 6 %:lla ei ollut lainkaan varavoimaa (taulukko 12). Useat maitotilat mainitsivat hankkineensa varavoimakoneen aiempien sähkökatkokokemusten seurauksena. Yleisimmin varavoimakoneet olivat traktorikäyttöisiä (taulukko 13), mutta tilatyypin välillä oli selkeä ero: Parsinavetoissa varavoimakone oli 95 prosentilla traktorikäyttöinen, kun taas robottitiloilla hieman yli puolella varavoimakone oli automaattisesti käynnistyvä aggregaatti. Tilat, joilla ei ollut varavoimaa, olivat muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta pienehköjä parsinavetoita. Yli 80 % vastaajista testasi varavoimajärjestelmän toimivuutta edes joskus ja lähes puolet vähintään puolen vuoden välein (taulukko 14).

**Taulukko 12.** Varavoimajärjestely tiloilla ja sen kattavuus kyselytutkimuksen mukaan.

Tuotantoketju	Kyllä, toimintakyky riittää kaikkien toimintojen ylläpitämiseen	Kyllä, toimintakyky riittää osan toiminnoista ylläpitämiseen	Ei
Maitotilat (n=345)	86 %	8 %	6 %
Sikatilat (n=63)	83 %	5 %	13 %
Broilertilat (n=61)	97 %	3 %	0 %
Leipäviljatilat (n=680)	20 %	8 %	72 %
Kasvihuonevihannesviljelmät (n=31)	42 %	55 %	3 %

**Taulukko 13.** Varavoimajärjestelyn tyyppi.

Tuotantoketju	Traktori- käyttöinen	Manuaalisesti käynnistyvä	Automaatt. käynnistyvä
Maitotilat (n=316)	76 %	4 %	19 %
Sikatilat (n=63)	62 %	5 %	21 %
Broilertilat (n=64)	9 %	8 %	83 %
Leipäviljatilat (n=680)	76 %	17 %	7 %

Kasvihuonevihannesviljelmien varavoimakoneen tyyppiä ei kysytty.

**Taulukko 14.** Varavoimajärjestelyn testaustiheys.

Tuotantoketju	Usemminkin puolen vuoden välein	Puolen vuoden välein	Kerran vuodessa tai harvemmin	Ei testata
Maitotilat (n=319)	27 %	20 %	35 %	18 %
Sikatilat (n=58)	26 %	19 %	35 %	21 %
Broilertilat (n=60)	80 %	13 %	7 %	0 %
Leipäviljatilat (n=680)	8 %	32 %	18 %	42 %
Kasvihuonevihannesviljelmät (n=31)		Testataan säännöllisesti, 84%		16 %

Sika- ja broileritiloilla varautumistilanne on erittäin hyvä. Suurimmalla osalla kyselyyn vastanneista tiloista on varavoimajärjestelmä, joka riittää kaikkien tilan toimintojen ylläpitämiseen. Ainoastaan 13 % sikatiloista ilmoitti, ettei varavoimajärjestelmää ole. Broileritiloilla varavoimajärjestelmä on yleisimmin automaattisesti käynnistyvä. Sikatiloilla traktorikäyttöinen varavoimajärjestelmä on yleisin. Varavoimajärjestelmää testataan sika- ja broileritiloilla pääosin säännöllisesti. Broileritiloilla harjoittelu on yleisempää kuin sikatiloilla.

Broilerihautomoiden varavoimajärjestelmät olivat kaikki automaattisesti käynnistyviä. Monilla teurastamoilla on varavoimajärjestely, mutta se on mitoitettu lähinnä tietojärjestelmien ja turvavalon käyttöön, ei varsinaisen toiminnan ylläpitoon kuten tiloilla ja hautomoissa. Teurastamojen varavoimajärjestelmät olivat kahdella automaattisesti ja yhdellä manuaalisesti käynnistyviä. Hautomoilla ja suurimmalla osalla teurastamoja varavoimajärjestelmää testattiin säännöllisesti. Teurastamoiden varavoimajärjestelmää testataan kuukausittain tai harvemmin.

Sika- ja broileritiloilla sähkökatkoihin on kaikkiaan varauduttu lähes poikkeuksetta hyvin. Tilat, joiden mielestä varautuminen voisi olla parempaa, ottivat avoimessa vastauksessa esiin seuraavia

parannuskohteita: Varahenkilöjärjestelmää voisi parantaa, varautumissuunnitelmaa voisi tehdä yhteistyössä ketjun muiden toimijoiden sekä muiden tuottajien kanssa ja erityisesti pitkiin sähkökatkoihin varautumista voisi parantaa. Teurastamoista puolet koki varautumisen riittäväksi, mutta puolet vastasi, että parannettavaa löytyisi. Kirjallista varautumissuunnitelmaa pidettiin tarpeellisena ja varautumista pitäisi harjoitella sekä tehdä suunnitelma suurten lihamäärien kanssa toimimisesta. Hautomoiden mielestä varautuminen ei ole riittävää. Kirjallista, ketjun muiden toimijoiden sekä viranomaisten kanssa tehtyä suunnitelmaa pidettiin tarpeellisena.

Leipäviljatilojen kyselyyn vastanneista reilulla neljäsosalla oli varavoimaa. Traktorikäyttöinen varavoimageneraattori oli yleisin. Leipäviljan tuotantoketjussa isot myllyt ja leipomot eivät voi varautua varavoiman käyttöön, koska tarvittavat sähkötehot ovat erittäin suuria ja mahdolliset ratkaisut hyvin kalliita. Ainoa mahdollisuus ainakin teoriassa lienee taajaman mahdollisen säätövoiman ohjaaminen ison myllyn tai leipomon käyttöön.

Vihannesviljelijöistä lähes kaikilla oli käytössä varavoimalaitteet. Vain pienin kyselyyn vastannut viljelmä oli vailla varavoimalaitetta. Viljelijöistä valtaosa testasi varavoimajärjestelmää säännöllisesti. Viljelijöistä ilmoitti, että varavoimalaitteisto riitti kaikkien viljelmän toimintojen ylläpitämiseen. Valtaosalla näistä viljelmistä ei ollut tekovaloavusteista tuotantoa. Yli puolet viljelijöistä totesi, että varavoimalaitteisto ei riitä kaikkien toimintojen ylläpitoon. Näillä viljelmillä pystyttiin yleensä hoitamaan säätöautomaatiikka, lämmitys ja kastelut. Yleisimmäksi ongelmaksi sähkökatkotilanteessa mainittiin kasvihuoneen valotus.

Kaikilla taimituottajilla oli käytössä varavoimalaitteet ja niiden toimivuutta testattiin säännöllisesti. Tyypillisesti varavoimalaitteen kapasiteetti riitti kaikkien muiden toimintojen ylläpitoon paitsi taimien tekovalotukseen.

Vihannespakkaamoissa ei ollut varavoimalaitteita sähkökatkon varalle.

Taimikasvattajista 66 %, vihannesviljelmistä 84 % ja pakkaamoista 66 % arvioi, että sähkökatkoihin oli varauduttu riittävän hyvin. Varautumisen parantamiskohteiksi kasvihuonevihannesviljelmillä mainittiin henkilöstön lisätiedotus, suurempi generaattori ja pakkaamoilla varavoimalähde kriittisten toimintojen ylläpitoon.

### 6.1.2. Polttoainevarastojen suuruus

Maitotilojen polttoainevarastojen suuruudessa oli huomattavaa vaihtelua (taulukko 15). Pienillä tiloilla (vuosituotanto alle 250 000 litraa) saattoi olla varsin suuria määriä polttoainetta ja vastaavasti suurilla tiloilla (vuosituotanto yli 500 000 litraa) vain pieni polttoainevarasto. Polttoainetta oli tyypillisesti 1 000–5 000 litraa käytettävissä varavoimakoneen käyttämiseen. Alle 100 litran tai yli 10 000 litran varastoja oli vain muutamilla yksittäisillä tiloilla.

**Taulukko 15.** Alkutuotantotilojen ilmoittamat tyypilliset polttoainevaraston koot ja niillä saavutettava varakäyntiaika varavoimalähteen avulla.

Tuotantosuunta	Tyypillinen polttoainevaraston koko, litraa	Tyypillinen varakäyntiaika, vrk
Maitotilat, isot (n=120)	2 000 - 5 000	> 10
Maitotilat, keskisuuret (n=91)	1 000 - 2 000 / 2 000 - 5 000	> 10
Maitotilat, pienet (n=135)	1 000 - 2 000	> 10
Sikatilat, suuret (n=34)	4 000-10 000	> 10 (-> viikkoja)
Sikatilat, pienet (n=27)	2 000 - 4 000	> 10 (-> viikkoja)
Broilertilat, suuret (n=12)	6 000 - 10 000	> 10 (-> viikkoja)
Broilertilat, keskisuuret (n=14)	2 000 - 6 000	< 10 (jotakin päiviä)
Broilertilat, pienet (n=16)	2 000 - 6 000	> 10 (-> viikkoja)
Leipävilja, yli 150 ha (n=89)	4 000 - 10 000	> 10
Leipävilja, alle 150 ha (n=591)	2 000 - 6 000	> 10
Kasvihuonevihannesviljelmät (n= 28 / 21)	200 - 1 000	1 - 14

Maitotilalliset uskoivat tilallaan säilyttämänsä polttoainevaraston riittävän myös pitkien sähkökatkojen ajaksi varavoimakoneen pyörittämiseen. Kyselyyn vastanneista 36 % uskoi pystyvänsä jatkamaan maidontuotantoa sähkökatkon aikana yli 20 vuorokautta tilallaan säilyttämän polttoaineen turvin. Vain 4 % pystyisi jatkamaan tuotantoaan alle 3 vuorokautta.

Broileri- ja sikatiloilla varastojen määrä vaihteli laajasti tilakoon ja tuotannon mukaan. Monilla tiloilla, joilla polttoainetta varastoidaan paljon, viljellään myös viljaa, jolloin polttoainetta käyttäviä laitteita on tavallisestikin enemmän. Kaikki ilmoitettu polttoainemäärä ei siis tarkoita, että polttoaine olisi käytettävissä kaikkina vuodenaikoina vain varavoimajärjestelmän käyttöön. Tilat arvioivat, että pystyisivät ylläpitämään normaalituotantoa tilallaan varastoidulla polttoainemäärällä yleisimmin joko päiviä tai viikkoja. Joillain isoilla sikatiloilla polttoainevarastot riittäisivät omien arvioiden mukaan jopa kuukausiksi. Arviot eivät kuitenkaan ole tarkkoja ja tosiasiallinen polttoaineen menekki riippuu paljon esim. vuodenajasta ja laitteista, joiden toimintaan polttoainetta menee. Jos sähkökatko sattuu syksyllä, polttoainetta tarvitaan myös viljan kuivaamiseen.

Broilertilat jaettiin keskimääräisen vuosituotannon mukaan suuriin (vuosituotanto yli 500 000 lintua), keskisuuriin (vuosituotanto 300 000–500 000 lintua) ja pieniin tiloihin (vuosituotanto alle 300 000 lintua). Munitustilat ja nuorikkokasvattamot jätettiin tämän tarkastelun ulkopuolelle, koska ryhmänä niitä oli tuotantopolven kasvattamoihin verrattuna hyvin vähän ja niiden polttoainevarastojen koon vaihtelu oli erittäin suurta. Myös tuotantopolven kasvattamoiden polttoainevarastojen koko vaihteli paljon. Kuitenkin tyypillisimmin suurilla tiloilla oli polttoainetta 6 000–8000 litraa, jolla tilat arvioivat pystyvänsä jatkamaan normaalia toimintaa sähkökatkon alettua viikkoja. Keskisuurilla ja pienillä tiloilla polttoainetta oli varastossa keskimäärin 2 000–6 000 l, joilla keskisuuret tilat arvioivat selviävänsä päiviä ja pienet tilat viikkoja.

Sikatilat jaettiin keskimääräisen vuosituotannon mukaan suuriin (vuosituotanto yli 2 500 lihasikaa tai porsasta) ja pieniin (vuosituotanto alle 2 500 lihasikaa tai porsasta vuodessa) tiloihin. Kaikki sikalatyyppit (lihasikala, yhdistelmäsikala ja emakkosikala) olivat mukana tarkastelussa. Pienissä sikaloissa polttoainevarastoja on suurin piirtein 2 000–4 000 litraa ja sillä tilat arvioivat pystyvänsä pitämään varavoimaa yllä viikkoja. Isoilla sikaloilla varastot ovat suuremmat keskimäärin 4 000–10 000 litraa ja myös ne arvioivat pystyvänsä käyttämään varavoimaa viikkoja tällä polttoainevarastolla. Arviot varavoimalle käytettävissä olevasta polttoainemäärästä samoin kuin arvio sen avulla saavutetusta varakäyntiajasta vaihtelevat suuresti. Sikaloitten koko ei välttämättä ole missään suhteessa tilan polttoainevaraston kokoon.

Hautomoiden polttoainevarastot ovat pienempiä (noin 2 000 litraa) kuin tiloilla ja hautomoiden varastot riittäisivät korkeintaan muutamaksi päiväksi. Sen jälkeen toiminta pitäisi joko ajaa alas tai polttoainevarastoja pitäisi jatkuvasti täydentää. Teurastamoilla polttoainetta ei säilytetä merkittäviä määriä.

Leipäviljatilojen keskimääräinen polttoainevarasto oli 4 000 litraa polttoainetta. Vaihteluväli oli nollassa jopa 35 000 litraan tilaa kohti. Tilakoon kasvaessa on todennäköistä, että myös varastossa olevan polttoaineen määrä kasvaa. Ilmoitettujen määrien suurta vaihtelua kasvattaa se, että ilmoitettu polttoaineen määrä on jokin muu kuin kyselyajankohdan arvioitu polttoaineen määrä (esim. suurin varastointikapasiteetti tai polttoaineen määrä elo-syyskuussa eli puinti- ja kuivauskaudella).

Kasvihuonevihannesten tuotantoketjussa vain kasvihuoneyrityksillä oli polttoainevarastoja, jotka olisivat käytettävissä sähkökatkon aikana varavoimailaitteiston ylläpitoon. Taimikasvattajilla polttoainevaraston suuruus oli 2 000–4 000 litraa, jolla viljelmä pystyisi jatkamaan tuotantoa 48–270 tuntia. Vihannesviljelmillä polttoainevaraston suuruus oli 20–12 000 litran välillä, jolla viljelmä pystyi jatkamaan toimintaa 5–500 tuntia. Vihannesviljelijöistä 23 % arvioi, että polttoaine riittää korkeintaan 24 tunniksi. 26 % ei osannut arvioida, kuinka pitkään viljelmä pystyy jatkamaan varavoiman ja käytettävissä olevan polttoainevaraston avulla.

### 6.1.3. Sähköenergian tarpeen ja varavoimakapasiteetin suhde

Hankkeessa hankittiin kymmeneltä maatilalta tarkemmat tiedot tilojen sähkönkulutuksesta, niiden varavoimajärjestelmistä, sekä varavoiman käytössä olevasta polttoainevarastosta. Selvitys keskittyi eläintiloihin sekä kasvihuonetiloihin. Näihin tuotantosuuntiin keskityttiin sen takia, että niiden toiminnassa jo lyhyetkin sähkökatkot voivat aiheuttaa tuotantohäiriöitä ja eläinten sekä kasvien hyvinvoinnin alenemista. Tietoja kerättiin viideltä lypsykarjatilalta, joiden koko vaihteli välillä 60–180 lypsylehmää, yhdeltä sikatilalta (3 000 lihasikapaikkaa), sekä neljältä kasvihuonetilalta, joiden koko vaihteli 8 000 neliömetristä 20 000 neliömetriin.

Kahdelta karjatilalta sekä sikatilalta saatiin käyttöön päiväkohtainen sähkönsuranta, joka oli toteutettu eGauge – mittareilla, muilta tiloilta oli käytettävissä kuukausikohtainen sähkönsuranta.

Varavoiman tarve sähkökatkon sattuessa arvioitiin sähkönkäyttötietojen perusteella. Tätä tietoa verrattiin käytössä olevan varavoimakapasiteettiin sekä varavoimalle käytettävissä olevaan polttoainemäärään. Näiden tietojen avulla arvioitiin, kuinka hyvin tila pystyisi toimimaan pitkittyneen sähkökatkon sattuessa, sekä kuinka kauan tilan polttoainevarasto riittäisi käyttämään varavoimaa.

Tietojen hankinnan yhteydessä oltiin puhelimitse yhteydessä kahteen karjatalaan sekä yhteen sikatalaan. Kaikkien tilojen viljelijät olivat enemmän huolissaan vedensaannista kuin sähkön riittäväyydestä sähkökatkon sattuessa. Omassa hallinnassa olevat varavoimajärjestelmät koettiin riittäviksi, mutta vedensaanti oli kaikilla tiloilla kiinni veden toimittajan toiminnasta. Pitkäkestoisen sähkökatkon sattuessa vedentuloon ei luotettu.

Kerätyssä aineistossa keskimääräinen tuntiteho oli lypsykarjatiloiilla talvikuukausina (lokakuu–huhtikuu) keskimäärin 16,67 KW. Kesäkuukausina vastaava teho oli 13,49 KW. Kasvihuonetuotannossa vastaavat luvut olivat 1 553 KW ja 258 KW. Varavoimailaitteiden koko lypsykarjatiloiilla oli 30–120 KVA, keskimäärin n. 60 KVA. Kasvihuonetiloilla koot vaihtelivat 80–250 KVA, keskimäärin n. 160 KVA. Lypsykarjatiloiilla varavoimailaitteilla voidaan useimmiten tuottaa koko karjatalouden tarvitsema energia. Keskimääräisellä teholla laskettuna varavoimailaitteiden kapasiteetista on käytössä n. 30 %, mikä jättää vielä kohtuullisen tehoreservin. Kasvihuonetuotannossa varavoimailaitteilla voidaan kuitenkin tuottaa vain n. 20 % keskitehosta. Tämä tarkoittaa että varavoimalla voidaan käyttää vain tärkeimpiä sähkönkulutuskohteita kuten lämpökeskusta ja kiertovesipumppuja, kastelulaitteistoa sekä hätävalaistusta. Varavoimakoneiden teho ei riitä kasvien valaisuun.

Kyselyaineiston perusteella tiloilla on tyypillisesti varastoituna polttoainetta n. 3 500 litraa (luku 6.1.2, Polttoainevarastojen suuruus). Automaattilypsyä käyttävän tilan polttoaineen laskennallinen kulutus varavoimakäytössä on n. 200–350 litraa vuorokaudessa. Puhelinhaastattelut tiloille ja vara-

voimakoneiden valmistajille vahvistivat laskennallisen kulutusarvion vastaavan todellisuutta. Tällä kulutuksella ja varaston määrällä tilojen polttoaineen riittävyys sähkökatkoksissa on n. 10 vrk edellyttäen, että muuta kulutusta polttoaineelle ei ole ja että säiliössä on ilmoitettua vastaava määrä polttoainetta sähkökatkon alkaessa. Tämän ajan kuluessa on pystyttävä järjestämään tilalle lisää polttoainetta.

Kasvihuonetilojen kyselyssä ilmoittama polttoainevarasto oli merkittävästi pienempi suhteessa kulutukseen kuin lypsykarjatiloiilla. Ilmoitettu varastoitu polttoaine riittäisi 80 % varavoiman kuormituksella alle 3 vrk tarpeisiin.

Haastattelututkimuksen vastauksista selvisi että varavoimalaite oli yleensä hankittu ja asennettu lyhytaikaisten sähkökatkojen varalle. Varavoimalaitteen polttoainehuolto oli järjestetty siirrettävillä astioilla eikä varavoimalaitteita yleensä oltu kytketty tilan muuhun polttoainevarastointiin. Tyypillisen kiinteän varavoimalaitteen (n. 50 KVA) oma säiliö on kokoluokassa 200–300 litraa. Säiliö riittää tyypillisesti vain alle vuorokauden kulutukseen ilman uudelleen täyttämistä.

#### 6.1.4. Varavoiman mitoitus

Varavoiman tuottaminen pitkäkestoisessa sähkökatkossa on haastavaa tarvittavan polttoainehuollon takia. Esimerkiksi robottilypsytilalla on oltava varavoimaa käytettävissä melkein ympärivuorokautisesti, yleensä vähintään 20 h/vrk. Sika- ja siipikarjataloudessa sekä kasvihuonetuotannossa tuotantorakennusten sisäympäristö voi olla myös täysin riippuvainen ympärivuorokautisesta sähkön saannista. Näissä erikoistuotannon rakennuksissa jo muutaman tunnin katkos voi aiheuttaa tuotannolle pysyviä tappioita.

Pitkäkestoisissa sähkökatkoksissa varavoimalaitteiston polttoainehuoltoon on heti kiinnitettävä huomioita. Polttoaineen riittävyttä voidaan lisätä laitteiden käyttöä jaksottamalla. Tällöin laite ei ole käytössä koko ajan, vaan sitä käytetään tasaisin väliajoin tietyn ajan. Siten voidaan vähentää maatalan kokonaissähkökulutusta joutumatta kokonaan sammuttamaan tilan tärkeitä laitteita. Tuotantolaitteissa, joiden käyttöä ei ole mahdollista jaksottaa, tulisi jo suunnitteluvaiheessa huomioida niiden käyttö sähkökatkojen aikana. Kriittiset järjestelmät tulisi suunnitella ja asentaa siten, että niiden käyttö olisi mahdollista vuorottaa. Tällöin vain osa kriittisistä järjestelmistä olisi samaan aikaan käytössä, jolloin tarvittavaa varavoiman huipputehoa voitaisiin leikata. Tehon leikkaaminen mahdollistaisi varavoimalaitteen koon pienentämisen ja käyttämisen polttoaineen kulutuksen kannalta paremmalla hyötysuhteella.

Esimerkiksi lypsykarjataloudessa lypsyrobotin paineilman tuotanto ja maidon jäähdytys olisi mahdollista muuttaa vuorokäytölle. Maidon jäähdyttäminen voitaisiin keskeyttää kompressorin käyntijaksojen ajaksi. Samoin lämpimän veden tuotantoa voitaisiin ohjata muun tehontarpeen perusteella. Tässä ratkaisussa lypsylaitteistolle olisi oma varavoimalaite ja tilan muuta sähköntarvetta tuotettaisiin toisella varavoimalaitteella ajoittain.

Mahdollisuus ja tarve laitteiden käytön jaksottamiseen ja vuorottamiseen maataloilla vaihtelee huomattavasti tilan tuotantosuunnan, laitteiston, sekä niiden muodostaman kokonaisuuden mukaan. Tilojen sisäisessä sähköverkossa ei yleensä ole huomioitu käytön vuorottelua tai kuorman rajoittamista. Kuormituksen rajoitus on tehtävä manuaalisesti laitteita sammuttamalla tai sulakeryhmiä irtottamalla. Kuormituksen vuorottelu ja tehon rajaaminen tilakohtaisesti vaatisi lisäselvityksiä kokonaisvaikutusten arvioimiseksi.



**Taulukko 16.** Laskelma teknologiavalintojen vaikutuksesta varakäyntiaikaan samankokoisella polttoainevarastolla.

	Aggregaatin moottorin nimellisteho	Kulutus *)	Vara- voima päällä	Polttoaineen päiväkulutus *)	Varaston (4000 l) riittävyys
Esimerkkitapaus	KW	Kg/h	h/d	l/d	d
<b>Lypsyrobottila A</b> (yksi 35 KVA aggregaatti)	70	15,4	20	385	10,4
<b>Lypsyrobottila B</b>					
Lypsyrobotin kulutus (10 KVA aggregaatti)	20	4,4	24		
Tilan muut toiminnot (50 KVA aggregaatti)	100	22,0	4		
<b>Yhteensä</b>	<b>120</b>	<b>26,4</b>		<b>242</b>	<b>16,5</b>
<b>Lypsyasematila C</b> (yksi 50 KVA aggregaatti)	100	22,0	6	165	24,2

\*) Laskelmassa on käytetty moottorin polttoaineen ominaiskulutusta 220g/KWh ja kevyen polttoöljyn tiheyttä 0.8Kg/l (EN950)

Taulukossa 16 on esimerkkilaskelma siitä, kuinka maitotilan teknologiavalinta voi vaikuttaa polttoaineen riittävyyteen. Taulukossa on kuvattu varavoimalaitteen koko, polttoaineen kulutus, päiväkohtainen kulutus, sekä polttoaineen riittävyys, mikäli tilalla on 4 000 litraa polttoainetta varavoiman käyttöön sähkökatkon alkaessa. Taulukossa esitetään kolme erilaista maitotilatapausa: lypsyrobottia käyttävä maitotila yhdellä varavoimalaitteella (A), lypsyrobottila eriytettyllä lypsylaitteiston varavoimalla (B), sekä samankokoinen lypsyasemaa käyttävä tila (C). Lypsyrobotille (B) olisi erillinen 10 KW varavoimalaite jota käytettäisiin ympärivuorokautisesti vain lypsytoimintoihin. Asennus suoritettaisiin siten, että apulaitteita kuten paineilma ja vedenlämmitys käytettäisiin vuorottelemalla. Toisella lypsyrobottilalla (A) suurempaa varavoimalaitetta jouduttaisiin käyttämään ympärivuorokautisesti lypsylaitteiston vaatimuksista johtuen. Lypsyasematilalla (C) varavoima olisi käytössä vain lypsyai-kaan ja välittömästi siihen liittyvässä pesutoiminnoissa ja maidon jäähdytyksessä. Tilan muut toiminnot, kuten kylmälaitteet, vedenlämmitys, ruuanvalmistus, hygienia yms. yhdistettäisiin varavoiman käyttöjaksojen ajalle kaikissa kolmessa tapauksessa.

Tilojen energiankäytössä suuria eroja, jotka johtuvat tilojen tekemistä teknologiavalinnoista. Lypsyrobotti vaatii jatkuvaa varavoiman käyttöä. Vaikkakin robotin tuntikulutus on huomattavasti vähäisempää kuin muu sähköntarve, on sen vuorokausikulutus huomattava. Täten lypsyrobottilan vuorokauden kokonaiskulutus nousee lypsyasematilaa huomattavasti suuremmaksi. Tämä puolestaan johtaa siihen, että lypsyasematilalla varavoiman polttoaineen teoreettinen riittävyys on noin viikon robottilaa pidempi. Käytännön selviytymisaika on molemmilla tiloilla huomattavasti lyhyempi, koska tässä laskelmassa on oletettu tilan polttoainesäiliön olevan täynnä sähkökatkon alkaessa, sekä laskettu pelkkä varavoiman käyttämä polttoaine. Tositilanteessa polttoainetta kuluu tilalla myös muihin toimintoihin.

## 6.2. Vesihuolto

Vesi on kriittinen tuotannontekijä kotieläin- ja kasvihuonetuotannossa. Alkutuottajille tehdyn kyselyn mukaan tuotannossa tarvittava vesi ilmoitettiin hankittavaksi valtaosaltaan kunnallisen vesilaitoksen kautta (taulukko 17).

**Taulukko 17.** Tuotannossa tarvittavan veden lähde. Sika- ja broileritilojen sekä kasvihuonevihannesviljelmien tiedoissa on yhdistetty pora- ja maakaivot. ”Muu” voi olla luonnonlähde, pintavesi (järvi) tai yhdistelmä useasta vesilähteestä.

Tuotantosuunta	Kunnallinen vesi *)	Maakaivo	Porakaivo	Vesi- osuuskunta	Muu
Maitotilat (n=346)	40 %	18 %	20 %	18 %	4 %
Sikatilat (n=62)	61 %	31 %	←	-	8 %
Broilertilat (n=63)	87 %	8 %	←	-	5 %
Kasvihuonetilat (n=31)	55 %	39 %	←	-	6 %

\*) On mahdollista, että kunnalliseksi vedeksi on ilmoitettu myös vesiosuuskunnan kautta vetensä hankkivia tiloja.

Neljäsosalle maitotiloista oli odotettavissa ongelmia veden saantiin, kun sähköt olivat poikki 2 päivää. Ongelmien yleisyys ei vaikuta riippuvan siitä, mistä vesi saadaan. Syiksi ongelmiin mainittiin mm., ettei vesiosuuskunnalla ole varavoimaa, tai että kunnallinen vesi saattaa olla poikki tai vedenpaine liian matala. Veden jatkuva saatavuus on erityisen tärkeää maidontuotannossa, sillä lypsylehmä juo 90–120 litraa vettä vuorokaudessa.

Broileri- ja sikatiloista suurin osa saa eläinten juomaveden kunnan kautta. Kunnallinen vesi tulee tiloille vesiyhtiöiden tai vesiosuuskuntien kautta. Lisäksi tiloilla on maakaivoja. Broileritiloista vain 8 %:lla on maakaivo, mutta sikatiloilla maakaivo löytyi 31 %:lta vastanneista. Osa broileritiloista sai vettä myös muualta, mutta vastauksissa ei tarkennettu, mikä veden lähde oli.

Valtaosa kasvihuonetuloista luotti veden toimittajan varautuneen sähkökatkoihin tai pystyi varmistamaan vedensaannin oman varavoimansa avulla. Kuudesosalla veden saantia ei ollut varmistettu tai ei osattu sanoa, onko vettä saatavilla myös sähkökatkojen aikana.

### 6.3. Varautumissuunnitelmat

Joka toisella maitotilalla oli kirjallinen varautumissuunnitelma sähkökatkojen varalle (taulukko 18). Yleensä varautumissuunnitelmassa oli huomioitu myös lomittajat ja muut tilalla työskentelevät varahenkilöt (taulukko 19). Vain harva maitotila oli suunnitellut varautumissuunnitelmaa yhdessä muiden toimijoiden kanssa (taulukko 20). Jos varautumissuunnitelmaa oli suunniteltu yhdessä, se oli yleisimmin tehty naapuritilan kanssa.

**Taulukko 18.** Varautumissuunnitelmat sähkökatkojen varalta (Kysymys: ”Onko tilallanne kirjallista varautumissuunnitelmaa sähkökatkon varalta?”)

Tuotantosuunta	Kyllä	Ei ole kirjallisena, mutta kaikille työntekijöille on annettu toimintaohjeet	Ei ole kirjallisena, eikä ohjeita ole annettu
Maitotilat (n=345)	49 %	35 %	15 %
Sikatilat (n=61)	43 %	39 %	18 %
Broilertilat (n=60)	30 %	60 %	10 %
Leipäviljatilat (n=680)	4 %	22 %	74 %
Kasvihuonevihannesviljelmät (n=31)	23 %	39 %	39 %

**Taulukko 19.** Varahenkilöiden huomioiminen varautumissuunnitelmissa (Kysymys: ”Onko lomittajat ja muut varahenkilöt huomioit varautumissuunnitelmassa?”)

Tuotantosuunta	Kyllä	Ei
Maitotilat (n=281)	79 %	21 %
Sikatilat (n=61)	56 %	44 %
Broilertilat (n=59)	81 %	19 %

**Taulukko 20.** Varautumissuunnitelman tekeminen yhdessä muiden toimijoiden kanssa (Kysymys: ”Onko varautumissuunnitelma tehty yhdessä muiden toimijoiden kanssa?”)

Tuotantosuunta	Kyllä	Ei
Maitotilat (n=267)	18 %	82 %
Sikatilat (n=63)	10 %	90 %
Broilertilat (n=59)	22 %	78 %

Suurimmalla osalla sika- ja broileritiloista ei ollut kirjallista varautumissuunnitelmaa. Sikatiloilla kirjallinen suunnitelma löytyi hieman yleisemmin kuin broileritiloilta. Tilat kuitenkin ohjeistavat kaikki työntekijät sähkökatkojen varalta. Suurimmalla osalla tiloista varautumissuunnitelman mukaista toimintaa myös harjoitellaan (taulukko 21). Broileritiloista suurimmalla osalla varautumissuunnitelmasa on huomioitu myös varahenkilöt. Sikatiloilla varahenkilöt on otettu huomioon hieman yli puolella vastanneista. Varahenkilöinä toimivat yleisimmin viljelijän perheenjäsenet, lomittajat tai joskus naapurit. Varautumissuunnitelmaa ei yleensä oltu tehty yhdessä muitten ketjun toimijoiden kanssa. Sikatiloilla yhteistyötä oli tehty pelastuslaitoksen ja sähköyhtiön kanssa. Broileritiloilla suunnitelmia oli tehty teurastamon ja vesilaitoksen kanssa. Lisäksi jotkut tilat olivat suunnitelleet varautumista yhdessä toisen tuottajan kanssa.

**Taulukko 21.** Varautumissuunnitelman harjoittelu

Tuotantosuunta	Kyllä	Ei
Maitotilat (n=271)	33 %	67 %
Sikatilat (n=61)	69 %	31 %
Broilertilat (n=59)	81 %	19 %
Leipäviljatilat (n=680)	22 %	78 %
Kasvihuonetilat (n=31)	0 %	100 %

Kasvihuonevihannesten taimikasvattajat (66 %) ja vihannesviljelmät (39 %) olivat ohjeistaneet henkilöstöä sähkökatkoa varten. Vihannesviljelmistä 23 %:lla oli kirjallinen varautumissuunnitelma. Kolmasosalla taimikasvattajista, 39 %:lla vihannesviljelmistä tai yhdelläkään vihannespakkaamoista ei ollut varautumissuunnitelmaa sähkökatkojen varalta. Varautumissuunnitelman toimintaa on harjoiteltu hyvin harvoin. Kolmasosa taimikasvattamoista ja alle puolet vihannesviljelmistä oli suunnitellut, miten poikkeustilanteesta palataan normaaliin tilanteeseen.

Hautomoilla ja teurastamoilla ei ollut kirjallista varautumissuunnitelmaa sähköhäiriöihin varautumisesta, mutta työntekijät olivat saaneet ohjeistusta. Hautomoilla varavoimajärjestelmää testataan säännöllisesti kuukausittain, mutta varautumissuunnitelman mukaista toimintaa hyvin paljon harvemmin: hautomosta riippuen ei lainkaan tai kerran vuodessa. Teurastamoilla harjoitellaan varautumissuunnitelman toimintaa myös teurastamosta riippuen joko useamman kerran vuodessa tai harvemmin. Teurastamoilla harjoittelu yleensä liittyi henkilökunnan turvallisuuteen ja harjoittelu tapahtuu palo- ja pelastautumisharjoitusten yhteydessä. Yhdessä hautomossa varautumissuunnitelmassa oli myös varahenkilöksi osoitettu päivystäjä, kahdessa muussa hautomossa varahenkilöitä ei ollut

huomioitu suunnitelmassa. Varautumissuunnitelmaa ei myöskään ollut tehty yhdessä ketjun muiden toimijoiden kanssa, mikä arvioitiin vastauksissa erityiseksi puutteeksi. Kahdessa kolmesta teurastamosta varahenkilöt oli mainittu suunnitelmassa.

Hautomokyselyihin vastanneiden mukaan varautuminen sähkökatkoihin on puutteellista. Kirjalista ja muiden ketjun toimijoiden (tilat, teurastamo, eläinkuljetukset, vesilaitos, sähkölaitos, pelastusviranomaiset jne.) kanssa yhdessä suunniteltua varautumissuunnitelmaa pidettiin erittäin hyvänä ajatuksena. Sama todettiin myös teurastamoissa. Yksi teurastamo piti varautumistaan riittävän tasoisena.

## 6.4. Varautumiseen vaikuttavat säännökset

Alkutuotannon sähkökatkoihin varautumista varten on olemassa suoraan velvoittavia säädöksiä sekä välillisesti ohjaavia säädöksiä. Ne on pirstaleisesti siroteltu eri lakeihin, asetuksiin ja säädöksiin osaksi laajempaa kokonaisuutta. Velvoittavien säädösten lukumäärä ei ole suuri. Suoraan varavoimaan varautumiseen velvoittavat säädökset on kerätty tämän julkaisun liitteeseen 1.

Useimmissa tapauksissa varautumisvaatimus syntyy välillisesti. Se tarkoittaa, että jos jokin järjestelmä, kone tai laite tarvitsee sähköä toimiakseen, sen toiminta on voitava varmistaa sähkökatkon sattuessa. Esimerkkinä tästä *Maa- ja metsätalousministeriön asetus* elintarvikkeiden alkutuotannon elintarvikehygieniasta (Suomen säädöskokoelma 2017) sisältää mm. seuraavia vaatimuksia:

### **Luku 4. Maidontuotanto**

#### **4.3. Maidon käsittely ja kuljetus**

*3. Maidon käsittelylaitteet ja -välineet, jotka ovat kosketuksissa maitoon, on pesun ja mahdollisen desinfiointin jälkeen huuhdeltava vedellä, joka täyttää tämän asetuksen liitteessä 1 säädetyt vaatimukset. Pesun ja desinfiointin jälkeen on varmistuttava siitä, että huuhteluvesi valuu pois laitteista ja säiliöistä.*

*4. Maito ei saa jäätä alkutuotantopaikalla. Jos alkutuotantopaikalla jäädytetään ternimaitoa, se on tehtävä mahdollisimman nopeasti lypsyn ja maidon jäädytyksen jälkeen. Jäädytetty ternimaito on luovutukseen asti säilytettävä ja kuljetettava -12 °C:n lämpötilassa tai kylmemmässä.*

*5. Siirrettäessä maitoa kuljetussäiliöön laitokseen tapahtuvaa kuljetusta varten saa siirrettävän maidon lämpötila olla korkeintaan 6 °C. Yksittäisissä tapauksissa voidaan kuljetussäiliöön siirtää maitoa, jonka lämpötila on korkeintaan 10 °C edellyttäen, että kuljetussäiliössä olevan maidon lämpötila ei tämän takia ylitä 6 °C. Maidon lämpötila ei kuljetuksen aikaan saa ylittää 6 °C.*

*6. Alkutuotannon toimijalla on oltava kirjanpito, josta selviää, että alkutuotantopaikalla noudatetaan lainsäädännön edellyttämiä lämpötiloja maidon säilytyksessä ja siirtämisessä.*

#### **4.4. Automaattilypsyä koskevat lisävaatimukset**

*1. Automaattisessa lypsylaitteistossa on oltava järjestelmä,*

*a) joka itsenäisesti havaitsee ja ohjaa muuttuneen maidon erilleen elintarvikkeeksi tarkoitusta maidosta (erottelujärjestelmä);*

*b) johon voidaan etukäteen ohjelmoida tiedot eläimistä, joiden maito ohjataan erilleen, kuten tiedot lääkityistä ja vastapoikineista eläimistä;*

*c) joka tallentaa seurantaan varten tiedon*

*1) lypsylaitteiston ja maidon jäähdytys- ja varastointilaitteiden puhdistamisen teknisestä epäonnistumisesta, kuten pesemättä jäämisestä, pesuaineen puuttumisesta ja veden väärästä lämpötilasta;*

*2) eläinakohtaisesti kaikesta erilleen ohjatusta maidosta;*

Edellä kuvailut maidontuotantoa koskevat vaatimukset voidaan toteuttaa vain sähkötoimisilla laitteilla (jäähdytys, pakastus, tietokoneohjaus, datan tallennus jne.) mutta sähköön saanti oletetaan varmatoimiseksi. Maa- ja metsätalousministeriön asetus tuettavaa rakentamista koskevista lypsykarjarakennusten rakennusteknisistä ja toiminnallisista vaatimuksista (Suomen säädöskokoelma 2017) ja sen pykälä 3 sisältää veloitteen sähkökatkoihin varautumiseen.

### **3 § Yleisiä vaatimuksia**

*Lypsykarjarakennuksen tuotanto ja eläinten hyvinvointi on voitava järjestää sähkökatkoksen sattuessa varasähköjärjestelmän avulla ja turvaamalla vedensaanti.*

Sähköön käytön jatkuvuuden varmistamiseen suoraan tai välillisesti vaikuttavat säädökset voidaan jakaa eläinlajikohtaisiin alkutuotannon prosesseihin, elintarviketurvallisuuteen sekä teurastuksiin liittyviin toimenpiteisiin. Säädöksissä on hierarkkisuutta siten, että tärkeimmät ohjaavat instrumentit ovat eläinsuojelulaki ja siihen verrattavat lakitasot. Niiden alapuolella ovat asetukset, tärkeimpänä eläinsuojeluasetus. Maa- ja metsätalousministeriön asetus tuettavaa rakentamista koskevista rakenteellisista määräyksistä ja vaatimuksista sisältää sähköön saannin turvaamiseen veloitteen maidontuotantotiloja koskien.

Säännöksissä on havaittavissa hierarkkisuutta myös siten, että tärkeimmät säännökset kohdistuvat herkästi pilaantuviin elintarvikkeisiin tai suuresti sähköstä riippuvaan tuotantoon. Tästä syystä juuri maidontuotanto, maidon säilytys ja luovutus meijeriin kuljetettavaksi on tärkein ja laajin säädöksiä sisältävä toimintakokonaisuus. Seuraavaksi tärkein sähköriippuvainen toiminta on broilerin kasvatusta. Teknisessä mielessä keskeisimmät vaatimukset kohdistuvat maidon jäähdytys- ja säilytysprosesseihin, ilmanvaihdon toiminnan varmistamiseen ja lämpötilan hallintaan erityisesti broilerikasvattamoissa.

## 7. Johtopäätökset

Sähkönjakeluhäiriöstä elintarvikeketjujen toiminnalle ja toimituskyvylle aiheutuvien vaikutusten arviointi on erittäin haasteellista. Jo yksittäisen toimijatyyppin (alkutuotantotilat, elintarviketeollisuus tai vähittäiskaupan logistiikkapalvelut) sisäinen vaihtelu koskien sähkönjakeluhäiriöiden vaikutuksia on erittäin suurta. Tämän lisäksi arvioon vaikuttavat dynaamiset tekijät, kuten erilaiset mahdollisuudet kuljetusten uudelleenjärjestelyyn ja reititykseen sekä muutokset siinä, mitä loppu- tai välituotetta raaka-aineesta tuotetaan. Tässä hankkeessa kerätyn tiedon perusteella voidaan kuitenkin osoittaa elintarvikeketjujen haavoittuvimpia kohtia ja pullonkauloja sekä varautumiseen liittyviä kehityskohteita.

Maidontuotannon rakennemuutos kohti suurempia yksiköitä johtaa todennäköisesti myös sähköriippuvien prosessien (automaatio, tuotannon ohjaus ja valvonta, tietoliikenne) lisääntymiseen. Kehitys tuo mukanaan myös tietoisuuden siitä, että varautuminen sähkönjakeluhäiriöihin on välttämätöntä. Tähän viittaa esim. lypsyrobottilojen muuta lypsyteknologiaa käyttäviä korkeampi osuus varavoimalla varustautuneista tiloista. Varustautumista varavoimajärjestelyllä on myös edellytetty maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa 405/2017, joka koskee lypsykarjarakennusten tuettua uudisrakentamista, merkittävää laajentamista ja laajaa peruskorjausta. Sama asetus edellyttää myös vedensaannin varmistamista. Vesihuollon varmistaminen sähkökatkon aikana oli hankkeessa tehdyssä kyselyssä yleisimmin mainittu huolenaihe kotieläintiloilla ja kasvihuonetuotannossa.

Broileritiloilla ja hautomoilla on tehtyjen kyselyjen perusteella suurimmaksi osaksi kaiken toiminnan kattavat varavoimajärjestelmät. Broileritilat ja hautomot luottavat varavoimajärjestelmiin niin paljon, että kertoivat tilan toiminnan voivan jatkua lähes normaalina sähkönjakelun keskeytymisestä huolimatta, kunhan vettä, rehua ja polttoainetta vaan saadaan tarpeeksi. Sama pätee suureksi osaksi myös sikatiloihin, vaikka osalla kyselyyn vastanneilla sikatiloilla oli vähemmän kattavat varavoimajärjestelmät kuin broileritiloilla. Teurastamoilla varavoimajärjestelmät kattavat vain vähäisiä toimintoja, kuten tietojärjestelmiä ja poistumisvalaistusta. Teurastamojen mukaan varautuminen on kuitenkin riittävää.

Viljatilat ovat tarkastelluista alkutuotannon tiloista vähiten huolissaan sähkönjakelukeskeytyksistä. Viljan kuivaukseen ja siirtoihin liittyvät toiminnot palautuvat sähkökatkon jälkeen lähes kaikkien vastanneiden mukaan noin tunnissa. Juuri keskeiseen viljankuivauskauteen sattuva, pitkäaikainen sähkökatko voi kuitenkin olla ongelma, mikäli viljan korjuuta ja kuivausta ei saada järjestetyksi. Vain noin viidesosalla viljatiloista oli käytössään varavoimajärjestely, jonka avulla kaikki em. toiminnot voidaan ylläpitää myös ilman verkkosähköä.

Lähes kaikilla kasvihuonevihannesviljelmillä oli kyselyn mukaan varavoimajärjestely, jolla tuotantoa voidaan jatkaa lähes häiriöttä tyypillisissä sähkökatkotilanteissa. Viljelijät ilmoittivat, ettei aiemmista sähkönjakelun keskeytyksistä ole ollut suurta haittaa tuotannolle. Varavoimajärjestely ei kuitenkaan yleensä riitä keinovalaistuksen järjestämiseen, joten pidemmän sähkökatkon aikana tuotoksen laatu laskee ja lopulta kasvien kasvu tyrehtyy. Vihannespakkaamojen kyky käsitellä ja edelleen-toimittaa satoa heikkenee tuotantolinjojen ja jäädytyksen pysähtyessä. Kyselyyn vastanneilla pakkaamoilla ei ollut varavoimajärjestelyä.

Elintarvikeketjut, kuten muukin yhteiskunnan toiminnot, ovat yhä enemmän riippuvia sähkön jatkuvasta ja tasalaatuisesta saatavuudesta. Erikoistuneen tuotannon eri vaiheet ja logistiikka muodostavat verkoston, jossa toimijoiden ja toimintojen tarkka ohjaus on koko järjestelmän toimivuuden elinehto. Nämä kehityssuunnat eivät ole uusia, ja ne ovat olleet ennakoitavissa jo vuosikymmeniä. Sähkön hyödyntäminen, paitsi tuotantoprosessien suorana energianlähteenä, myös välttämättömänä osana prosessien ohjauksesta ja viestintästä, on kuitenkin pitkälti edennyt yksittäisten tuotantoverkoston toimijoiden ja niiden käyttämien prosessien kehityksen ehdoilla, ei verkoston yhteisen tavoitteen – elintarvikehuollon jatkuvuuden – ehdoilla.

Sähkönjakelun keskeytykset eivät ole aiheuttaneet merkittäviä tuotannon alenemia tai toimituskatkoksia elintarvikeketjuissa. Sähkön hyvä saatavuus keskeisenä ja monesti ainoana tuotantoprosessin energianlähteenä on kaventanut myös varautumisen keinoja: Sähkön loppumiseen varaudutaan varavoimakoneilla tai muilla järjestelyillä, joilla sähkönsaanti on tarkoitus turvata häiriötilanteessa. Viime kädessä kuitenkin se, kuinka koko ketjun sähkönsaanti järjestetään häiriötilanteessa, ratkaisee sen, saadaanko elintarvikkeita vähittäisjakeluun. Sähköriippuvuuden ratkaisemiseen ja elintarvikeketjujen toimituskyvyn varmistamiseen tarvitaan siten paljon muutakin kuin oma varavoimalähde.

## 7.1. Haavoittuvuus ja pullonkaulat

Maatilojen, erityisesti kotieläintilojen ja kasvihuonetuotannon, varautuminen sähkönjakelun keskeytyksiin perustuu pitkälti niiden hankkimisiin varavoimakoneisiin. Niiden varaan lasketaan varsin paljon, ja ne ovatkin omiaan varmistamaan sähkön saatavuus sähköverkon lyhyiden, korkeintaan muutamia päiviä kestävien ja harvoin toistuvien sähkönjakelukeskeytysten aikana. Tähän antavat myös tiloilla varastoitu polttoaine sekä traktorikalusto hyvän pohjan. Varvoimajärjestelyn pullonkaulaksi muodostuu polttoainehuolto pidemmissä ja laajoissa sähkökatkoissa, jolloin polttoaineen tarve voi kasvaa alueellisesti hyvinkin suureksi. Se alkaa todennäköisesti silloin myös kilpailla muun kulutuksen kanssa sekä itse polttoaineesta että sen kuljetuskapasiteetista.

Elintarvikeketjujen sähkönjakeluhäiriöihin liittyvien haavoittuvuuksien taustalla ovat polkuriippuvat kehitystrendit, jotka ohjaavat ja supistavat, paitsi teknisten ratkaisujen valikoimaa, myös varautumisessa käytettäviä keinoja. Tällaisia yleisiä kehitystrendejä ovat

- laitteistojen ja järjestelmien täydentyminen pienissä osissa pitkän ajan kuluessa
- riippuvuus tasalaatuisen sähkön jatkuvasta saatavuudesta
- ketjujen ohjauksen välttämättömyys niiden toiminnalle

Tuotannossa käytettäviä laitteistoja ja järjestelmiä uusitaan ja hankitaan erityisesti alkutuotannossa sitä mukaa kun vanhat laitteet tulevat tiensä päähän tai kun toimintaa kehitetään. Kokonaan uusien tuotantojärjestelmien rakentamisen tai perusteellisten saneerausten yhteydessä käyttöön tulee myös suurempia uusia kokonaisuuksia, joissa mm. sähkönsyötön varmistukset ja kyberturvallisuus on otettu huomioon. Aikojen kuluessa orgaanisesti kasvaneet järjestelmät ovat kuitenkin tyyppillisiä, ja niissä kokonaisuuden toimivuutta sähkönjakeluhäiriöissä ei ole ennalta voitu varmistaa eikä tietoturvanäkökohtia ottaa huomioon.

Myös sähkön hyvä toimitusvarmuus (yhdessä teknologisen kehityksen kanssa, ”technology push”) johtaa siihen, että sähkökriittisyys lisääntyy tuotannossa, sen ohjauksessa sekä näihin välttämättömänä osana kytkeytyvässä tieto- ja viestintäteknologiassa. Komponentteja ja suuria toiminnallisia kokonaisuuksia suunnitellaan ja toteutetaan ilman, että kokonaisuuksien, tai edes osien toimivuutta on kunnolla testattu todellisten sähkönjakeluhäiriöiden varalta. Jakeluverkon lyhyistä pikajälkeenkytkennöistä (ns. ”räpsyt”), ukkosesta, varavoima-aggregaatin tuottamista sähkön laadun epätaisaisuuksista tai kulutuspaikan sähkösuunnittelun ja sähköistyksen toteutuksen puutteista johtuvat sähkölaitteiden vikaantumiset eivät ole harvinaisia.

Tieto- ja viestintäteknologian toimivuus sähkönjakeluhäiriötilanteessa on elintarvikeketjujen toimivuuden kannalta keskeistä. Tuotannon vaiheet alkutuotannosta kulutukseen toimivat useissa tapauksissa reaaliaikaisen kommunikaation varassa, ja katkos vähintäänkin vaikeuttaa toimintaa. Poikkeustilanteissa, esim. kun tuotteen toimitus- tai vastaanottokyky on merkittävästi alentunut, luotetaan toimiviin viestiyhteyksiin. Niiden toimivuutta erityisesti pidempien sähkökatkojen yhteydessä ei usein ole kuitenkaan varmistettu tai muulla tavoin (esim. poikkeustilanteita koskevien, keskenään yhteen sopivien toimintasuunnitelmien luomisella) varauduttu.

Elintarviketeollisuudessa sekä logistiikan puolella pitkittynyt sähkökatko johtaa pääsääntöisesti töiden ja toimitusten pysähtymiseen, kun se erityisesti kotieläin- ja kasvihuonetuotannossa puoles-

taan aiheuttaa lisätyötä ja stressiä. Pelkästään varavoiman ylläpito- ja huoltotehtävät sitovat tuottajien kapasiteettia. Huolehtiminen kotieläinten hyvinvoinnista ja kasvihuonekasvustojen selviämisestä poikkeusoloissa aiheuttavat stressaantumista. Myös työvoiman tarve kasvaa, eikä siihen ole välttämättä varauduttu.

Maitotiloilla haavoittuvin kohta sähkökatkon aikana on vesihuolto. Oma varavoimajärjestelmä ei takaa veden saantia, jos vesi tulee kunnalliselta vesilaitokselta tai vesihuollosta vastaa vesiosuuskunta. Absoluuttisen saatavuuden ohella myös riittävä veden paine voi osoittautua kriittiseksi tekijäksi, mikäli käytettävä järjestelmä perustuu syöttölinjan paineeseen, eikä tilan vesijärjestelmissä ole erillistä, omalla varavoimalla toimivaa paineenkorotuspumppua.

Meijerit ovat maitoketjun toimivuuden kannalta avainasemassa, sillä maidon vastaanotto ja jalostus pysähtyvät sähköön katketessa. Tuntiluokan sähkönjakelukeskeytyksen jälkeen tuotanto voidaan ajaa ylös välittömästi, mutta useampia päiviä kestävä keskeytys johtaa tuotannon hitaampaan palautumiseen. Palautumisen edellytyksenä on riittävä veden saatavuus laitoksen pesuja varten. Ketjun toimituskyvyn kannalta on keskeistä, että tiloilla tuotettu maito voidaan tarpeen tullen reitittää toiseen, käynnissä olevaan jalostuslaitokseen.

Broilerinlihan tuotannossa keskeisin haavoittuvuus liittyy maatilalla varavoimajärjestelyn pettämisen ohella teurastamoiden kykyyn vastaanottaa lintuja. Teuraspainossa oleva broileri kasvaa jo muutamassa päivässä liian suureksi mahtuakseen teurastamon tuotantolinjalle. Kasvatus on myös optimoitu siten, ettei rehua välttämättä riitä eläinten ruokkimiseen yli sovitun noutopäivän. Mikäli varsinaista broilerikasvatusta edeltävät vaiheet (maahan tuotujen broileriemojen kasvatus ja tuotantobroilerien munien haudonta) pysähtyvät, voi mennä jopa vuosi, ennen kuin broilerinlihan tuotanto toipuu entiselleen.

Samat teuraseläintuotantoon liittyvät haavoittuvuudet pätevät myös sianlihan tuotantoketjussa. Niiden lisäksi sikaloissa yleisimmin käytetyn liemiruokintajärjestelmän toimivuus sähkönjakeluhäiriöissä aiheuttaa todennäköisesti ongelmia. Kun tuotantoyksiköt ovat suuria, ei sikojen ruokkiminen käsin onnistu. Liemiruokintajärjestelmän sähkökriittisiä osia ovat siihen liittyvä automaatio ja integraatio tuotannonohjausjärjestelmään, toimilaitteet sekä laitteiston tarvitsema vesihuolto.

Leipäviljaketjussa pullonkaulana ei ole alkutuotanto vaan jatkojalostus. Viljan jatkokäsittely jauhoksi ja muiksi komponenteiksi on keskittynyt viiteen isoon myllyyn, jotka ovat pidempikestoisessa sähkönjakeluhäiriössä haavoittuvia. Jos samalla polttoainejakelu häiriintyy, niin koko prosessin keskeiset kuljetukset voivat vaarantua.

Vihannespakkaamot muodostavat kasvihuonekurkun ja – tomaatin osalta ketjun kriittisen kohdan, sillä pakkaustoiminta pysähtyy heti sähkönjakelun katkettua, eikä kyselyyn vastanneilla pakkaamoilla ollut varavoimajärjestelyä. Taimien kasvatus ja riittävä saatavuus muodostavat toisen pullonkaulan, mikäli kokonaisia kasvihuonekasvustoja menetetään pitkien sähkökatkojen aikana. Tällöin kurkun ja ruukkusalaatin saatavuus keskeytyy kuudeksi ja tomaatin saatavuus 13 viikoksi.

Keskusliikkeiden logistiikkakeskukset toimivat hyvin varmistetuissa sähköverkoissa, eikä niiden tehontarvetta voida mielekkäin kustannuksin kattaa varavoimalan avulla. Käytössä oleva varavoima riittää lähinnä poistumisteiden valaisuun ja mahdollisesti pakastevarastojen täsmäjähdytykseen. On selvää, että suuren logistiikkakeskuksen toiminta halvaantuu sähkönjakelukeskeytyksen seurauksena lähes välittömästi. Logistiikkakeskukset hoitavat valtaosan kaupan ketjujen tuotteiden ohjauksesta. Mikäli tuotteiden tilaus- ja toimitusjärjestelmät eivät tietoliikenneverkkojen häiriöiden vuoksi toimi, pysähtyvät myös tavaran tuonti satamista sekä toimitukset terminaaleihin ja vähittäiskauppoihin. Näitä järjestelmiä ei käytännössä voida ohittaa manuaalisesti.



## 7.2. Varautumisen kehittäminen

Tässä hankkeessa tunnistettiin seuraavat sähkönjakelukeskeytyksiin liittyvät kehityskohteet:

1. Alkutuotannon, erityisesti kotieläintilojen, polttoainehuolto on varmistettava alueellisesti laajoissa ja pitkäkestoisissa sähkönjakelukeskeytyksissä. Kehittäminen edellyttää polttonestetarpeen sekä jakelu- ja varastointivaihtoehtojen tarkempaa selvittämistä.
2. Varautumista laadukkailla ja oikein mitoitetuilla varavoima- ja UPS-järjestelyillä on edistettävä kaikissa elintarvikeketjujen vaiheissa.
3. Dokumentoidun varautumissuunnitelman tekemistä on edistettävä elintarvikkeiden tuotantoketjun kaikissa osissa. Varautumissuunnitelma on syytä laatia yhdessä ketjun muiden toimijoiden, mutta myös muiden toimintaa palvelevien tahojen (esimerkiksi rehun, veden, sähkön, pakkausmateriaalien jne. toimittajat) kanssa. Suunnitelman mukaista toimintaa on harjoitettava säännöllisesti ja myös yhdessä muiden toimijoiden kanssa.
4. Alkutuotantotilojen sähköjen palautumista sähkönjakelukeskeytyksen jälkeen on nopeutettava. Jakeluverkon haltijalla ja linjojen ylläpidolla on oltava tiedossa tilojen sijainti ja suunnitelma, jolla sähkön palauttamista tiloille voidaan priorisoida. Kehittäminen edellyttää tilojen ja sähkönjakeluyhtiöiden yhteistyötä.
5. Kotieläin- ja kasvihuonetuottajien vesihuolto on varmistettava selvittämällä vaihtoehtoiset vesilähteet ja kunnallisen/vesiosuuskunnan veden toimitusten jatkuvuus sähkökatkotilanteessa. Kehittäminen edellyttää vettä toimittavien yhteisöjen ja tilojen yhteistyötä.
6. Käytetyn tuotantoteknologian vikaantumisherkkyttä on vähennettävä. Käytettäviä keinoja voivat olla parempi laitteiden, järjestelmien ja asennusten suunnittelu ja toteutus. Kehittäminen edellyttää laitteiston valmistajien ja asentajien sekä puolueettomien testauslaitosten yhteistyötä.
7. Kyberuhkiin varautumista alkutuotannossa ja sen verkostoissa on edistettävä. Mahdollisia keinoja ovat esimerkiksi kyberuhkatietoisuuden parantaminen, tuotantoverkostossa käytettyjen laitteistojen kehittäminen ja suunnitelmallinen hankinta.
8. On selvitettävä mahdollisuuksia alkutuotannon sähköriippuvuuden vähentämiseen esimerkiksi kehittämällä tilalla tuotetun energian käyttöä.
9. Elintarviketeollisuuden ja logistiikan prosessien ja siten elintarviketoimitusten jatkuvuutta sähkönjakeluhäiriötilanteissa on kehitettävä. Selvitetäviä asioita ovat ainakin tulo- ja lähtölogistiikan uudelleenreitityksen varmistaminen, kylmävarastojen varmistaminen ja purkamismahdollisuus myös sähkökatkon aikana sekä tuotannonohjaukseen liittyvän varastokirjanpidon ja tilaus-toimitus-laskutus -järjestelmien varmistaminen siten, että varastossa olevia tuotteita saadaan jakeluun myös sähkönjakelukeskeytyksen aikana.

## Liitteet

### Liite 1: Säännösviittaukset lainauksineen

Jäljempänä olevaan listaukseen on kerätty ne laki- ja asetustasoiset pykälät, joissa suoraan viitataan sähkökatkoihin varautumiseen. Pykälät on lyhennetty siten, että vain oleelliset kohdat ovat esillä. Sähkökatkoihin varautumista on käsitelty myös Eviran kotieläintuotannon oppaissa, mutta niiden tekstit noudattavat lakien ja asetusten sisältöä.

#### **247/1996 Eläinsuojelulaki**

##### *4 § Eläinten pitopaikka*

*Eläimen pitopaikan on oltava riittävän tilava, suojaava, valoisa, puhdas ja turvallinen sekä muutoinkin tarkoituksenmukainen ottaen huomioon kunkin eläinlajin tarpeet. Eläimen pitäminen tarpeellonta kärsimystä tuottavalla tavalla on kielletty.*

*Asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä eläimen pitopaikalle asetettavista vaatimuksista. Asetuksella voidaan myös säätää, että maa- ja metsätalousministeriö voi antaa niistä tarkempia määräyksiä.*

#### **375 / 2011 Valtioneuvoston asetus broilereiden suojelusta**

*Valtioneuvoston päätöksen mukaisesti, joka on tehty maa- ja metsätalousministeriön esittelystä, säädetään eläinsuojelulain (247/1996) nojalla:*

##### **4 § Kasvatustilanteen olosuhteet**

*Jos eläinten hyvinvointi ja terveys on riippuvainen koneellisesta ilmanvaihtojärjestelmästä, kasvatustilanteessa on oltava mahdollisuus eläinten hyvinvoinnin ja terveyden kannalta riittävän ilmanvaihdon järjestämiseen myös koneellisen ilmanvaihtojärjestelmän häiriöiden aikana. Koneellisessa ilmanvaihtojärjestelmässä on tällöin oltava hälytysjärjestelmä, joka antaa hälytyksen toimintahäiriön sattuessa. Hälytysjärjestelmän toimivuus on testattava säännöllisesti.*

##### **5 § Suurta kasvatustiheyttä koskeva erityissäännös**

*Jos broilereiden kasvatustiheys on yli 33 elopainokiloa neliometriä kohti, kasvatustilanteessa on oltava sellainen ilmanvaihtojärjestelmä sekä tarvittaessa lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä, jota käytettäessä seuraavat vaatimukset täyttyvät:*

*Lisäksi broilerikasvatustilanteessa on oltava sähköntuotannon varajärjestelmä, jolla turvataan koneellisen ilmanvaihdon toiminta sähkökatkojen aikana.*

##### **11 § Tuotantojärjestelmän kuvaus ja tuotantojärjestelmää koskevat keskeiset tiedot**

*Eläinsuojelulain 26 c §:n 3 momentissa tarkoitettua tuotantojärjestelmän kuvauksesta tulee käydä ilmi:*

*3) tiedot ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmästä sekä niille suoritetuista teknisistä tarkastuksista;*

*5) broilereiden hyvinvoinnin kannalta olennaisten automaattisten ja mekaanisten laitteiden vioittumisen hälytysjärjestelmät ja niiden varajärjestelmät;*

*6) tiedot hälytysjärjestelmille suoritetuista teknisistä tarkastuksista;*

Eläinsuojelulain 26 c §:n 3 momentissa tarkoitetut tuotantojärjestelmää koskevat keskeiset tiedot ovat kasvatusosastoittain:

3) broilereiden hyvinvoinnin kannalta olennaisten automaattisten ja mekaanisten laitteiden vioittumisen hälytysjärjestelmät ja niiden varajärjestelmät;

## **592/2010 Valtioneuvoston asetus nautojen suojelusta**

### **5 § Eläinsuojan olosuhteet**

Jos eläinten terveys ja hyvinvointi on riippuvainen koneellisesta ilmanvaihtojärjestelmästä, eläinsuojassa on oltava mahdollisuus eläinten terveyden ja hyvinvoinnin kannalta riittävän ilmanvaihdon järjestämiseen myös koneellisen ilmanvaihtojärjestelmän häiriöiden aikana. Koneellisessa ilmanvaihtojärjestelmässä on tällöin oltava hälytysjärjestelmä, joka antaa hälytyksen toimintahäiriön sattuesssa. Hälytysjärjestelmän toimivuus on testattava säännöllisesti.

### **117/2015 Maa- ja metsätalousministeriön asetus eläinten hyvinvointikorvauksesta**

Maa- ja metsätalousministeriön päätöksen mukaisesti säädetään eräistä ohjelmaperusteisista viljelijäkorvauksista annetun lain (1360/2014) 7 §:n 3 momentin nojalla:

### **3 § Nautojen ruokinta ja hoito**

Nautatilalla on oltava toimintahäiriöiden varalta kirjallinen ajan tasalla pidettävä suunnitelma, jossa määritellään ne toimenpiteet, joihin ryhdytään sähkö- tai vesikatkoksen aikana. Jos pitopaikassa on ruokinta-, juotto-, lypsy- tai muu vastaava järjestelmä, josta eläinten hyvinvointi on riippuvainen, suunnitelmaan on sisällyttävä myös kuvaus toimenpiteistä, joihin ryhdytään laitteiston toimintahäiriön aikana. Jos eläinten hyvinvoinnista ei voida huolehtia ilman sähköä, nautatiloilla on oltava sähkökatkosten varalta valmius varavoiman kytkemiseen, jonka avulla saadaan tarvittaessa juotto, lypsy, ruokinta, ilmanvaihto ja lannanpoisto toimimaan.

### **241/2015 Valtioneuvoston asetus maatalan investointituen kohdentamisesta**

Valtioneuvoston päätöksen mukaisesti säädetään maatalouden rakennetuista annetun lain (1476/2007) 7 §:n 4 momentin nojalla, sellaisena kuin se on laissa 1187/2014:

### **2 § Rakentamisinvestointi**

Rakentamisinvestoinnilla tarkoitetaan tässä asetuksessa maatalouden tuotantotoimintaan käytettävän rakennuksen, rakennelman tai rakenteen uudisrakentamista, laajentamista ja peruskorjausta sekä rakennettavan kohteen käyttötarkoitukseen ja toimivuuteen liittyvien välttämättömien koneiden ja laitteiden hankintaa.

Tukea voidaan myöntää eläintiloja sisältävän rakennuksen uudisrakentamiseen tai laajentamiseen vain, jos investoinnin toteuduttua rakennuksessa on sen laajuuteen ja siinä harjoitettuun tuotantoon nähden asianmukainen varavoimajärjestelmä.

### **3 § Lypsy- ja nautakarjatalous**

Tukea voidaan myöntää lypsy- ja nautakarjataloudessa tarvittavaan rakentamisinvestointiin.

533/2012 **Maa- ja metsätalousministeriön asetus** tuettavaa rakentamista koskevista siipikarjatalousrakennusten rakennusteknisistä ja toiminnallisista vaatimuksista

Maa- ja metsätalousministeriön päätöksen mukaisesti säädetään porotalouden ja luontaiselinkeinojen rahoituslain (45/2000) 7 §:n 2 momentin sekä maatalouden rakennetuista annetun lain (1476/2007) 13 §:n 4 momentin nojalla, sellaisena kuin niistä on ensin mainittu laissa 275/2004:

### **11 § Ilmanvaihto ja huonetilailmasto**

Eläintilojen ilmanvaihtosuunnittelussa on otettava huomioon liitteen taulukon mukaiset ilmanvaihdon enimmäis- ja vähimmäismäärät sekä ilmanvaihdon riittävyys ja lämpötila myös kostealla ja helteisellä säällä. Eläimille haitallisten kaasujen ja epäpuhtauksien pitoisuudet eivät saa eläintilan huoneilmassa ylittää muutoin kuin satunnaisesti seuraavia raja-arvoja:

- 1) hiilidioksidi 3 000 ppm
- 2) ammoniakki häkkikanalassa 10 ppm
- 3) ammoniakki avokanalassa 25 ppm
- 4) rikkivety 0,5 ppm
- 5) orgaaninen pöly 5 mg/m<sup>3</sup>.

Broilerikasvattamossa ammoniakkin pitoisuus ei saa ylittää 20 ppm mitattuna broilerin pään tasolla.

Pitkien kylmäjaksojen aikana eläintilan ilmanvaihdon ja lämpötilan tulee olla hallittavissa. Ilmanvaihdon järjestämisen on oltava mahdollista myös ilmanvaihtolaitteiden toimintahäiriön aikana. Jos eläintilassa on sähköstä riippuvainen lämmitys tai ilmanvaihto, on käytössä oltava hälytyslaitteisto, joka varoittaa eläinten hoitajaa sähkökatkosta ja liian alhaisesta tai korkeasta lämpötilasta.

### **8/2012 Maa- ja metsätalousministeriön asetus tuettavaa rakentamista koskevista lypsykarjarakennusten rakennusteknisistä ja toiminnallisista vaatimuksista**

Maa- ja metsätalousministeriön päätöksen mukaisesti säädetään porotalouden ja luontaiselinkeinojen rahoituslain (45/2000) 7 §:n 2 momentin sekä maatalouden rakennetuista annetun lain (1476/2007) 13 §:n 4 momentin nojalla, sellaisena kuin niistä ensiksi mainitun lain 7 §:n 2 momentti on laissa 275/2004:

### **17 § Eläintilan ilmanlaatu**

Eläintilojen ilmanvaihtosuunnittelussa on otettava huomioon liitteen taulukon 7 mukaiset ilmanvaihdon enimmäis- ja vähimmäismäärät sekä ilmanvaihdon riittävyys myös kostealla ja helteisellä säällä. Eläimille haitallisten kaasujen ja epäpuhtauksien pitoisuudet eivät saa jatkuvasti ylittää seuraavia raja-arvoja:

- a) hiilidioksidi 3 000 ppm;
- b) ammoniakki 10 ppm;
- c) rikkivety 0,5 ppm ja
- d) orgaaninen pöly 10 mg/m<sup>3</sup>

Lypsykarjarakennuksen ilmanvaihtosuunnittelussa on otettava huomioon, että eläintilan sisälämpötilan on oltava vähintään +2 °C. Viileäpihaton ilmanvaihdon ja lämpötilan on oltava hallittavissa myös pitkän kylmäjakson aikana.

*Jos eläintilassa, jossa pidetään vasikoita, on koneellinen ilmanvaihto, tulee olla käytössä hälytyslaitteisto, joka varoittaa eläinten hoitajaa liian alhaisesta tai liian korkeasta ilman lämpötilasta, sähkökatkosta ja hälytyslaitteiston viasta.*

**405/2017 Maa- ja metsätalousministeriön asetus tuettavaa rakentamista koskevista lypsykarjarakennusten rakennusteknisistä ja toiminnallisista vaatimuksista**

*Maa- ja metsätalousministeriön päätöksen mukaisesti säädetään porotalouden ja luontaiselinkeinojen rakennetuista annetun lain (986/2011) 12 §:n 4 momentin sekä maatalouden rakennetuista annetun lain (1476/2007) 13 §:n 4 momentin nojalla:*

**3 § Yleisiä vaatimuksia**

*Tuotanto ja eläinten hyvinvointi on voitava järjestää sähkökatkoksen sattuessa varasähköjärjestelmän avulla ja turvaamalla vedensaanti. Jos eläintilassa on sähköriippuvainen ilmanvaihto, on käytössä oltava hälytyslaitteisto, joka varoittaa eläinten hoitajaa sähkökatkosta.*

## Lähdeluettelo

- AVMA 2012. Emergency Preparedness and Response [verkkojulkaisu]. American Veterinary Medical Association. [viitattu: 23.9.2017]. Saantitapa: [https://ebusiness.avma.org/files/productdownloads/emerg\\_prep\\_resp\\_guide.pdf](https://ebusiness.avma.org/files/productdownloads/emerg_prep_resp_guide.pdf)
- Chang, S., McDaniels, T., Mikawoz, J. ja Peterson, K. 2007. Infrastructure failure interdependencies in extreme events: power outage consequences in the 1998 Ice Storm [verkkojulkaisu]. Nat Hazards 41: 337. [viitattu: 23.9.2017]. Saantitapa: <https://doi.org/10.1007/s11069-006-9039-4>
- Cooper, C. 2015. Cybersecurity in Food and Agriculture. Kirjassa Leclair, J. (ed.): Protecting Our Future, Volume 2: Educating a Cybersecurity Work Force. Albany NY: Excelsior College. 234 s.
- Dupigny-Giroux, L.-A. 2000. Impacts and consequences of the ice storm of 1998 for the North American north-east [verkkojulkaisu]. Weather, 55: 7–15. [viitattu: 23.9.2017]. Saantitapa: <http://dx.doi.org/10.1002/j.1477-8696.2000.tb04012.x>.
- FAOSTAT 2017. Food and agriculture data [verkkojulkaisu]. [viitattu 19.8.2017]. Saantitapa: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
- FBI 2016. Smart Farming May Increase Cyber Targeting Against US Food and Agriculture Sector [verkkojulkaisu]. FBI: Private Industry Notification PIN 160331-001. [viitattu 23.9.2017]. Saantitapa: <https://info.publicintelligence.net/FBI-SmartFarmHacking.pdf>
- Herndon, C.W. 2006. Will the Mississippi and Louisiana Dairy Industry Survive Hurricane Katrina? [verkkojulkaisu]. Yhdysvallat: Mississippi State University. [viitattu: 23.9.2017]. Saantitapa: <http://ageconsearch.umn.edu/record/35409/files/sp06he03.pdf>
- Hu, A., Xie, W., Li, N., Xu, X., Ji, Z. ja Wu, J. 2014. Analyzing regional economic impact and resilience: a case study on electricity outages caused by the 2008 snowstorms in southern China [verkkojulkaisu]. Nat Hazards 70: 1019–1030. [viitattu: 23.9.2017]. Saantitapa: <http://dx.doi.org/10.1007/s11069-013-0858-9>
- Hyrylä, L. 2015. Leipomoteollisuus. TEM Toimialaraportti 5. [viitattu: 23.9.2017]. Saantitapa: [http://www.temtoimialapalvelu.fi/files/2560/22\\_TOIMIALARAPORTTI\\_Leipomoteollisuus\\_2015.pdf](http://www.temtoimialapalvelu.fi/files/2560/22_TOIMIALARAPORTTI_Leipomoteollisuus_2015.pdf)
- Järvinen, M., Karjalainen K. ja Vuollet, A. 2016. Kasvihuoneviljely – tuotantotekniikan perusteet. Opetushallitus 2016. 332 s.
- Kerry, M., Kelk, G., Etkin, D., Burton, I. ja Kalhok, S. 1999. Glazed Over: Canada Copes with the Ice Storm of 1998 [verkkojulkaisu]. Environment: Science and Policy for Sustainable Development, 41:1, 6-11. [viitattu: 23.9.2017]. Saantitapa: <http://dx.doi.org/10.1080/00139159909604608>
- Kotimaiset kasvikset ry. 2013. Laatutarha-ohjeisto, versio 2013 [verkkojulkaisu]. 37 s. [viitattu 23.9.2017]. Saantitapa: [http://www.kauppapuutarhaliitto.fi/images/pdf-tiedostot/Laatutarhaohjeisto\\_versio2013.pdf](http://www.kauppapuutarhaliitto.fi/images/pdf-tiedostot/Laatutarhaohjeisto_versio2013.pdf)
- Laajalahti, M. ja Nikander, J. 2017. Alkutuotannon kyberuhat. [verkkojulkaisu]. Helsinki: Luonnonvarakeskus [viitattu 1.9.2017]. Saantitapa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-411-3>
- Laitinen, Jaana (toim.) 2015. Sähkörüippuvuus modernissa yhteiskunnassa. [verkkojulkaisu] Helsinki: Turvallisuuskomitea 2015 [viitattu: 23.9.2017]. Saantitapa: [http://www.defmin.fi/files/3070/sahkoriippuvuus\\_modernissa\\_yhteiskunnassa\\_verkkojulkaisu.pdf](http://www.defmin.fi/files/3070/sahkoriippuvuus_modernissa_yhteiskunnassa_verkkojulkaisu.pdf)
- Lihabarometri 2017. Lihantuotanto Suomessa [verkkojulkaisu]. Lihatiedotusyhdistys ry. [viitattu 23.9.2017]. Saantitapa: <http://www.lihatiedotus.fi/liha-tilastoissa/lihantuotanto-suomessa.html>
- Manning, L. 2016. What is the Cybersecurity Threat in Agriculture. Agfunder Newsletter [verkkojulkaisu]. [viitattu 23.9.2017]. Saantitapa: <https://agfundernews.com/what-is-the-cybersecurity-threat-in-agriculture.html>
- Menski, U. ja Gardemann, J. 2008. Auswirkungen des Ausfalls Kritischer Infrastrukturen auf den Ernährungssektor am Beispiel des Stromausfalls im Münsterland im Herbst 2005 [verkkojulkaisu]. [viitattu: 23.9.2017]. Saantitapa: [https://www.fh-muenster.de/humanitaere-hilfe/downloads/Auswirkungen\\_des\\_Stromausfalls\\_05\\_im\\_Muensterland.pdf](https://www.fh-muenster.de/humanitaere-hilfe/downloads/Auswirkungen_des_Stromausfalls_05_im_Muensterland.pdf)

- Meta Economics 2013. Electricity Supply Issues for Farmers [verkkojulkaisu]. Australia: Meta Economics Consulting Group [viitattu: 23.9.2017]. Saantitapa: <http://energyconsumersaustralia.worldsecuresystems.com/grants/442/AP-442-Meta-Economics-Farmers-electricity-supply-report.pdf>
- Nykänen, H. 2015. Tomaatitkin kärsivät sähkökatkoista – viljelijälle kymmenien tuhansien tappiot [verkkojulkaisu]. Yle Uutiset 2015 [viitattu: 23.9.2017]. Saantitapa: <http://yle.fi/uutiset/3-7744094>
- Nyman, K. 2017. Maito ja Me [verkkojulkaisu]. [viitattu 23.9.2017]. Saatavissa: <http://www.maitojame.fi/articles/tarkeat-kaksi-minuuttia/9514182>
- ProAgria 2017. Lypsykarjan tuotosseurannan tulokset 2016 [verkkojulkaisu]. Seminaariesitelmä. Saatavissa: [https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/lypsykarjan\\_tuotosseurannan\\_tulokset\\_2016.pdf](https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/lypsykarjan_tuotosseurannan_tulokset_2016.pdf)
- Schnepf, RD. ja Chite, RM. 2005. U.S. agriculture after Hurricane Katrina: status and issues [verkkojulkaisu]. Washington, D.C.: Congressional Research Service, Library of Congress [viitattu 23.9.2017]. Saantitapa: <http://web.archive.org/web/20090327040425/http://www.au.af.mil/au/awc/awcgate/crs/rl33075.pdf>
- Siipikarjabarometri 2016. Suomen Siipikarja 2016:4. Jokioinen: Suomen Siipikarjaliitto ry.
- Suomen Meijerikalenteri 2016. Meijerialan Ammattilaiset MVL ry. Kausijulkaisu.
- Suomen säädöskokoelma 2017. Maa- ja metsätalousministeriön asetus tuettavaa rakentamista koskevista lypsykarjarakennusten rakennusteknisistä ja toiminnallisista vaatimuksista [verkkojulkaisu]. Finlex: Lainsäädäntö. [viitattu 23.9.2017] Saantitapa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2017/20170405>
- SVT 2012a. Suomen virallinen tilasto (SVT): Maatalouden rakennetutkimus / Maatalouslaskenta 2010 – Energia [verkkojulkaisu]. Helsinki: Luonnonvarakeskus [viitattu: 23.9.2017]. Saantitapa: [http://stat.luke.fi/maatalouden-rakennetutkimus-maatalouslaskenta-2010-energia\\_fi](http://stat.luke.fi/maatalouden-rakennetutkimus-maatalouslaskenta-2010-energia_fi)
- SVT 2012b. Suomen virallinen tilasto (SVT): Maatilarekisteri – Maatilojen rakenne 2012 [verkkojulkaisu]. Helsinki: Luonnonvarakeskus [viitattu: 23.9.2017]. Saantitapa: [http://stat.luke.fi/maatilarekisteri-maatilojen-rakenne-2012\\_fi](http://stat.luke.fi/maatilarekisteri-maatilojen-rakenne-2012_fi)
- SVT 2017a. Suomen virallinen tilasto (SVT): Maa- ja puutarhatalouden energiankulutus 2016 (ennakko). [verkkojulkaisu]. Helsinki: Luonnonvarakeskus [viitattu: 23.9.2017]. Saantitapa: [http://stat.luke.fi/maa-ja-puutarhatalouden-energiankulutus-2016-ennakko\\_fi](http://stat.luke.fi/maa-ja-puutarhatalouden-energiankulutus-2016-ennakko_fi)
- SVT 2017b. Suomen virallinen tilasto (SVT): Kotieläinten lukumäärä. [verkkojulkaisu]. Helsinki: Luonnonvarakeskus [viitattu: 23.9.2017]. Saantitapa: <http://stat.luke.fi/kotielainten-lukumaara>
- SVT 2017c. Ravintotase [verkkojulkaisu] Helsinki: Luonnonvarakeskus [viitattu: 23.9.2017]. Saantitapa: <http://stat.luke.fi/ravintotase>
- SVT 2017d. Suomen virallinen tilasto (SVT): Maatalous- ja puutarhayritysten rakenne 2016 [verkkojulkaisu]. Helsinki: Luonnonvarakeskus [viitattu: 23.9.2017]. Saantitapa: [http://stat.luke.fi/maatalous-ja-puutarhayritysten-rakenne-2016\\_fi](http://stat.luke.fi/maatalous-ja-puutarhayritysten-rakenne-2016_fi)
- SVT 2017e. Suomen virallinen tilasto (SVT): Puutarhatilastot 2016 [verkkojulkaisu]. Helsinki: Luonnonvarakeskus [viitattu: 23.9.2017]. Saantitapa: <http://stat.luke.fi/puutarhatilastot>
- Valtioneuvosto 2013. Suomen kyberturvallisuusstrategia, Valtioneuvoston periaatepäätös 24.1.2013 [verkkojulkaisu]. Helsinki: Turvallisuuskomitea. [viitattu 23.9.2017]. Saantitapa: [https://www.defmin.fi/files/2368/Suomen\\_kyberturvallisuusstrategia\\_ja\\_tauostamuistio.pdf](https://www.defmin.fi/files/2368/Suomen_kyberturvallisuusstrategia_ja_tauostamuistio.pdf)
- Verho, P., Sarsama, J., Strandén, J., Krohns-Välämäki, H., Hälvä, V. ja Hagqvist, O. 2012. Sähköhuollon suurhäiriöiden riskianalyysi- ja hallintamenetelmien kehittäminen – Projektin loppuraportti [verkkojulkaisu]. Tampere: VTT 2012. [viitattu: 23.9.2017]. Saantitapa: <http://www.tut.fi/cs/groups/public/@I102/@web/@p/documents/liit/mdbw/mdiz/~edisp/p023819.pdf>
- Wilson, T.M. ja Cole, J.W. 2007. Potential impact of ash eruptions on dairy farms from a study of the effects on a farm in eastern Bay of Plenty, New Zealand; implications for hazard mitigation [verkkojulkaisu]. Nat Hazards 43: 103 [viitattu 23.9.2017]. Saantitapa: <https://doi.org/10.1007/s11069-007-9111-8>



luke.fi

Luonnonvarakeskus  
Latokartanonkaari 9  
00790 Helsinki  
puh. 029 532 6000