



# SELVITYS KESKEYTYKSEN AIHEUTTAMAN HAITAN KUSTANNUKSISTA

Energiavirasto

11/2022

SELVITYS KESKEYTYKSEN AIHEUTTAMAN HAITAN  
KUSTANNUKSISTA



**Yhteystiedot**

<b>Nimi</b>	<b>Sähköposti</b>	<b>Puhelinnumero</b>
Petri Vihavainen	petri.vihavainen@afry.com	050 321 5887
Evgenia Tkachenko	evgenia.tkachenko@afry.com	0400 987 365

AFRY on Euroopan johtavia suunnittelu- ja konsultointiyhtiöitä, joka edistää muutosta kohti kestävämpää yhteiskuntaa. Olemme 16 000 omistautunutta rakennetun ympäristön, teollisuus- ja energia-alojen sekä digitalisaation asiantuntijaa, jotka kehittävät kestäviä ratkaisuja tuleville sukupolville ympäri maailman.

Copyright © AFRY Management Consulting Oy

Tämä raportti on tehty AFRY Management Consulting Oy:n (AFRY) toimesta Energiaviraston käyttöön ("Asiakas"). Raportti on laadittu noudattaen AFRYn ja Asiakkaan välisen sopimuksen ehtoja. AFRYn tähän raporttiin liittyvä tai siihen perustuva vastuu määräytyy yksinomaan kyseisten sopimusehtojen mukaisesti.

AFRYn näkemyksen mukaan tämän julkaisun sisältämät tiedot ovat paikkansapitäviä ja perusteltuja. Tästä huolimatta raporttia tulkitsevien tai käyttävien osapuolten tulee käyttää omaa harkintaansa sekä ammattitaitoaan julkaisun tietojen soveltamisessa. Tämä julkaisu sisältää osittain informaatiota, joka ei ole AFRYn hallittavissa. Näin ollen AFRY ei anna julkaisun perusteella tai siihen liittyen mitään vakuutusta, nimenomaista tai konkludenttista, eikä vastaa sen sisältämien tietojen ja arvioiden oikeellisuudesta. AFRY ei vastaa kolmansille osapuolille tämän julkaisun käyttämisen tai siihen luottamisen perustella aiheutuneesta haitasta taikka mistään välittömästä tai välillisestä vahingosta.

## Sisältö

Sisältö.....	3
1 Tiivistelmä.....	5
2 Selvityksen tausta .....	7
2.1 Selvityksen tavoite ja toteutustapa.....	7
2.2 Keskeytyksestä aiheutuneen haitan laskenta Suomessa .....	7
2.2.1 Laatumittaus.....	7
2.2.2 Jakeluverkon keskeytyksestä aiheutuneen haitan yksikköhinnat...8	
2.2.3 Kantaverkon keskeytyksestä aiheutuneen haitan yksikköhinnat ...8	
3 Historiallinen kehitys.....	10
3.1 Jakeluverkonhaltijoiden keskeytyksistä aiheutuneet haitat vuosina 2016–2020 .....	10
3.2 Erilaisten vikojen vaikutus vuosina 2016–2020 .....	12
4 Keskeytyksestä aiheutuneen haitan laskennan perusteet verrokkimaissa.....	14
4.1 Kirjallisuuskatsaus.....	14
4.2 Iso-Britannia .....	15
4.3 Norja .....	16
4.4 Ruotsi.....	17
4.4.1 Luotettavuusstandardi .....	18
4.5 Yhteenveto.....	19
5 Sidosryhmien haastattelut .....	20
5.1 Haastattelujen tavoite.....	20
5.2 Laatumittauksen toiminta ja ohjaavuus .....	20
5.3 Yksikköhintojen päivitys.....	21
5.4 Suurjännitteisen jakeluverkon suunniteltujen keskeytysten yksikköhinnat	22
5.5 Pika- ja aikajälleenkytkentöjen yksikköhinnat .....	22
5.6 Laiterikot .....	23
5.7 Tuotannon huomiointi.....	23
5.7.1 Tuotannon menetyksen laskenta.....	23
5.8 Myrskyt laatumittauksessa .....	24
5.9 Pienjänniteverkon rooli laatumittauksessa.....	24
6 Energiamurroksen tuomat mahdollisuudet ja haasteet .....	25
6.1 Aurinkopaneelit ja sähköautot.....	25
6.2 Joustot ja niiden hyödyntäminen.....	26
6.3 Sähköverkkojen toimitusvarmuusinvestoinnit .....	27
7 Keskeytyksestä aiheutuneen haitan laskeminen .....	28
7.1 Yksikköhinnan määrittäminen .....	28

7.2	Keskeytyshaitan laskenta jakeluverkoille .....	29
7.2.1	Kotitaloudet.....	29
7.2.2	Maatalous, palvelut ja julkinen sektori ja teollisuus .....	31
7.2.3	Mallin tulosten tarkentaminen.....	32
7.2.4	Sähkönkulutuksella painotettu yksikköhinta.....	33
7.2.5	Suunniteltu keskeytys.....	33
7.2.6	Aikajälleenkytkentä ja pikajälleenkytkentä .....	33
7.2.7	Jakeluverkon uudet yksikköhinnat.....	34
7.3	Keskeytyshaitan laskenta kantaverkolle .....	34
7.3.1	Teollisuusryhmien yksikköhinnat.....	35
7.3.2	Liikenteen yksikköhinnat.....	37
7.3.3	Jakeluverkon kokema haitta .....	38
7.3.4	Kantaverkon uudet yksikköhinnat.....	38
7.4	Yhteenveto .....	39
8	Lähteet .....	40
	Liitteet .....	42
A.	Verrokkimaiden laatukannustinmallien tarkempi kuvaus.....	42
B.	Haastatellut sidosryhmät .....	44

## 1 Tiivistelmä

Tämä selvitys on tehty Energiaviraston toimeksiannosta kesä – marraskuussa 2022. Selvityksen tarkoituksena on määritellä uudet keskeytyksestä aiheutuvan haitan yksikköhinnat viimeaikaiseen tutkimustietoon perustuen. Yksikköhintoja käytetään laatukannustimen laskennassa jakeluverkon ja kantaverkon haltijoille. Tässä selvityksessä yksikköhinnat määritellään tilastollista menetelmää käyttäen ja niitä tarkennetaan haastattelujen ja tutkimusten pohjalta. Raportissa käsitellään ensin erilaisia näkökulmia, jotka vaikuttavat yksikköhintojen laskentaan ja lopuksi esitellään uudet tilastoihin pohjautuvat jakeluverkon ja kantaverkon keskeytyksestä aiheutuneen haitan yksikköhinnat.

Keskeytyksestä aiheutuneen haitan historiallista kehitystä käsitellään luvussa 3. Keskimääräinen asiakkaan kokeman sähkökatkon pituus on lyhentynyt vuosina 2010–2020 sähköverkkoon tehtyjen toimitusvarmuusinvestointien takia. Keskeytyksestä aiheutuvan haitan kustannus verkkoyhtiöille on kuitenkin hieman kasvanut vuosina 2019 ja 2020. Haitan kokonaiskustannus on selitettävissä näille vuosille osuneilla myrskyillä, joiden vaikutus kokonaiskustannukseen on merkittävä.

Luvussa 4 käsitellään sekä viimeaikaista tutkimusta, että keskeytyksestä aiheutuvan haitan laskentaa kolmessa verrokkimaassa: Isossa-Britanniassa, Ruotsissa ja Norjassa. Verrokkimaiden osalta tarkastellaan laajemmin laatukannustimen laskentamallia. Yleisesti ottaen voidaan todeta, että verrokkimaiden laatukannustimen laskentamallit ovat yksityiskohtaisempia ja myös osittain monimutkaisempia, kuin Suomen malli. Toisaalta niissä on myös sellaisia elementtejä, joita voisi harkita käytettävän myös Suomessa laatukannustimen laskennassa, kuten myrskyjen vaikutuksen poistaminen laatukannustimen laskennasta. Laatukannustimen arviointi ei kuulunut osaksi tätä selvitystä, joten tarkempaa arviointia ei ole tehty.

Energiaviraston ja kantaverkonhaltijan sidosryhmien haastattelujen tuloksia on esitetty luvussa 5. Haastattelujen ensisijainen tarkoitus oli ymmärtää paremmin asiakkaille keskeytyksestä aiheutuvaa haittaa. Tämä on oleellista laskentamallin tarkentamisen ja malliin sisällytettävien tekijöiden valinnan kannalta. Haastatteluissa korostuivat työn monipaikkaisuuden huomioiminen keskeytysten aiheuttaman haitan arvottamisessa ja menetetyt tuotannon arvottaminen sähkökatkoa pidemmäksi ajaksi. Nämä on huomioitu osana laskentamenetelmää. Lisäksi paljon keskustelua herätti suurjännitteisen jakeluverkon suunniteltujen keskeytysten merkittävä kustannus verkkoyhtiöille. Tämän huomioimiselle annetaan luvussa 7 vaihtoehtoisia tapoja.

Luvussa 6 kuvaillaan energiamurroksen tuomia muutoksia, erityisesti pientuotannon, sähköautoilun ja kotitalouksien jouston näkökulmasta. Murroksen tuomia muutoksia ei sellaisenaan huomioida yksikköhintojen laskentamallissa, mutta niitä on syytä pohtia yhtenä näkökulmana tulevaisuuden laatukannustimen määrittelyssä.

Selvityksen tulokset vedetään yhteen luvussa 7, jossa esitellään ja perustellaan uusi laskentamalli yksikköhinoille, sekä lopuksi esitetään uudet yksikköhinnat keskeytyksestä aiheutuneelle haitalle. Yksikköhintojen määrittelyssä edetään siten, että ensin lasketaan hinta pelkästään tilastojen tietoihin perustuen. Näin saadaan yksikköhinta, joka huomioi ainoastaan keskeytyksen aikaisen haitan. Tilastotiedoilla määritellyt yksikköhintoja tarkennetaan haastattelujen perusteella, arvioimalla erilaisten tekijöiden vaikutuksia yksikköhinnan laskennassa käytettäviin parametreihin, esimerkiksi tuotannon menetystä siltä ajalta, kun sähkön syöttö on palautunut tuotantoyksikölle, mutta tuotantolinjaa ei saada vielä käynnistettyä. Näin ollen esitetyt uudet yksikköhinnat huomioivat myös haastattelujen perusteella saadut

tarkennustarpeet. Tämän selvityksen tarkoituksena on ollut kehittää malli, jota käyttäen yksikköhintoja voidaan tarvittaessa päivittää helposti tulevaisuudessa. Uudet yksikköhinnat voidaan päivittää tarvittaessa, jos jotkin laskentaparametrit muuttuvat.

## 2 Selvityksen tausta

### 2.1 Selvityksen tavoite ja toteutustapa

Sähkönjakeluverkon keskeytyksetön toiminta on yhä tärkeämpää yhteiskunnan toiminnalle. Sähkönjakeluverkkojen toimintaa ohjataan kohti luotettavampaa toimintaa suorilla vaatimuksilla ja taloudellisilla kannustimilla, jotka on kuvattu Energiaviraston valvontamenetelmissä jakeluverkon, suurjännitteisen jakeluverkon ja kantaverkon haltijoille. Valvontamenetelmien tähtäimenä on hyvä sähkönlaatu ja kohtuulliset palveluperiaatteet kohtuullisin kustannuksin.

Energiavirasto on laatimassa suuntaviivoja vuosien 2024–2031 valvontamenetelmiksi. Valvontamenetelmien laatukannustin ohjaa aiempien valvontajaksojen tavoin verkonhaltijan toimintaa kohti kohtuuhintaista ja hyvää sähkön laatua. Osana suuntaviivojen laatimista Energiavirasto arvioi tarpeita laatukannustimen sekä sen osien kehittämiseksi.

Tämän selvitystyön tavoite on muodostaa sekä jakeluverkolle että kantaverkolle keskeytyksestä aiheutuneen haitan (KAH) yksikköhinnat, jotka ovat laatukannustimen keskeinen parametri.

Työssä on arvioitu keskeytyksen haitan laskentaa kolmessa vertailumaassa, sekä selvitetty taloudellisen mallinnuksen ja sidosryhmähaastattelujen avulla keskeytysten aiheuttamaa haittaa erilaisille sähkönkäyttäjärhyhmille Suomessa.

### 2.2 Keskeytyksestä aiheutuneen haitan laskenta Suomessa

#### 2.2.1 Laatukannustin

Energiaviraston jakelu- ja kantaverkoille kohdistuvassa valvontamallissa on erilaisia kannustimia. Yksi näistä on laatukannustin ja sen käytölle on määritetty seuraavat käytön perusteet (Energiavirasto, 2013):

”Sähkön laadun huomioimisen lähtökohtana on se, että verkonhaltijan omien kustannusten ja sähköntoimituksessa tapahtuneista keskeytyksistä verkonhaltijan asiakkaille aiheutuneiden kustannusten eli ns. keskeytyskustannusten summa minimoituu. Tämän yhteiskunnallis-taloudellisesti optimaalisen tavoitetilan kannalta toimivin tapa sähköntoimitusten keskeytysten arvostamiseksi laatukannustimessa on tarkastella sähkönsiirron ja -jakelun keskeytyksistä verkonhaltijan asiakkaille aiheutunutta haittaa. Laatukannustimella halutaan tukea ja ohjata myös verkonhaltijoiden oma-aloitteista sähkönsiirron ja -jakelun laadun kehittämistä.”

Laatukannustimessa määritetään asiakkaille sähkökatkosta aiheutunut haitta laskennallisten keskeytyskustannusten avulla. Laatukannustin lasketaan laskennallisten keskeytyskustannusten ja jokaiselle verkkoyhtiölle etukäteen määritetyn vertailutason erotuksena. Jakeluverkkoyhtiöiden vertailutasona viidennellä valvontajaksolla (2020–2023) käytetään keskijännitejakeluverkon vuosien 2012–2019 ja suurjännitejakeluverkon vuosien 2013–2019 toteutuneiden keskeytyskustannusten keskiarvojen summaa. Kantaverkon osalta vertailutasona viidennellä valvontajaksolla käytetään kantaverkon vuosien 2012–2019 toteutuneiden keskeytyskustannusten keskiarvojen summaa.

Jakeluverkkoyhtiöiden laatukannustin voi vaikuttaa  $\pm 15$  % verkkoyhtiölle määritetyn kohtuullisen tuoton arvoon ja  $\pm 3$  % kantaverkolle määritetyn kohtuullisen tuoton arvoon.

2.2.2 Jakeluverkon keskeytyksestä aiheutuneen haitan yksikköhinnat  
 Keskeytyskustannukset eli keskeytyksistä aiheutunut haitta lasketaan keskeytysten lukumäärien ja keskeytysaikojen sekä keskeytysten yksikköhintojen perusteella. Jakeluverkon laskennassa viidennellä valvontajaksolla (2020–2023) otetaan huomioon keskijännitejakeluverkosta ja suurjännitejakeluverkosta aiheutuvat (Energiavirasto, Valvontamenetelmät neljännelle 1.1.2016-31.12.2019 ja viidennelle 1.1.2020-31.12.2023 valvontajaksolle, 2021):

- suunniteltujen keskeytysten lukumäärä ja keskeytysaika
- odottamattomien keskeytysten lukumäärä ja keskeytysaika
- pikajälleenkytkentöjen lukumäärä
- aikajälleenkytkentöjen lukumäärä

Jakeluverkkojen keskeytyksestä aiheutuneen haitan yksikköhinnat perustuvat vuosina 2005–2007 tehtyihin tutkimuksiin. Nykyisin käytössä olevien yksikköhintojen arvot vuoden 2005 rahan arvossa näkyvät taulukossa 1.

*Taulukko 1. Jakeluverkon keskeytyksestä aiheutuneen haitan yksikköhinnat, joita sovelletaan viidennellä valvontajaksolla 2020–2023. Taulukon hinnat ovat vuoden 2005 rahanarvossa.*

Odottamaton keskeytys		Suunniteltu keskeytys		Aikajälleenkytkentä	Pikajälleenkytkentä
€/ kWh	€/ kW	€/ kWh	€/ kW	€/ kW	€/ kW
11,0	1,10	6,80	0,50	1,10	0,55

2.2.3 Kantaverkon keskeytyksestä aiheutuneen haitan yksikköhinnat  
 Kantaverkon osalta keskeytyksestä aiheutunut haitta lasketaan keskeytysten lukumäärien, keskeytysaikojen ja keskeytysajankohtien sekä keskeytystehojen ja keskeytysten yksikköhintojen perusteella. Kantaverkon keskeytyksestä aiheutuneen haitan yksikköhinnat ovat lisäksi määritelty erikseen erilaisille kulutuslajeille (Taulukko 2).

*Taulukko 2. Kantaverkon keskeytyksestä aiheutuneen haitan yksikköhinnat asiakkaan kulutuslajeittain. Taulukon hinnat ovat vuoden 2010 rahanarvossa.*

Asiakkaan kulutuslaji	Odottamaton yli 1s keskeytys		Odottamaton alle 1s keskeytys (PJK)
	€/kW	€/kWh	€/kW
<b>Kaivannaistoiminta</b>	0,44	0,27	0,44
<b>Paperiteollisuus</b>	2,60	0,23	2,20
<b>Kemianteollisuus</b>	2,40	2,00	1,30
<b>Metalliteollisuus</b>	2,02	0,98	1,80
<b>Liikenne</b>	0,10	0,90	0,00
<b>Jakeluverkot, kaupunki</b>	1,90	16,10	1,50
<b>Jakeluverkot, maaseutu</b>	1,90	16,10	1,50

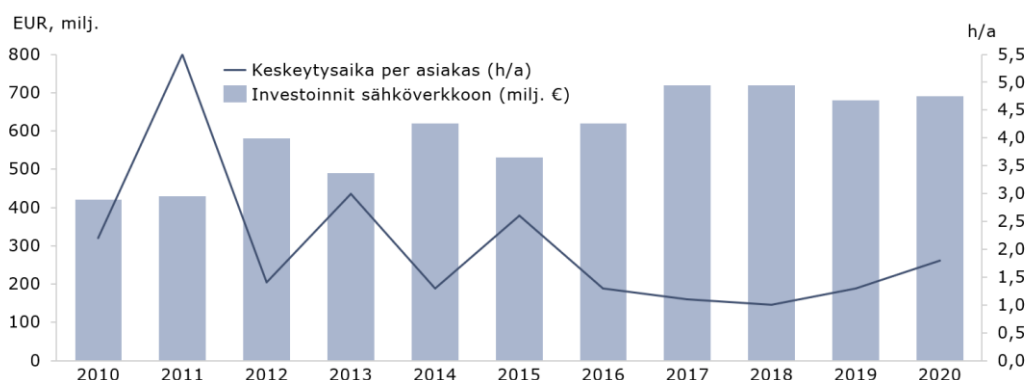


Kantaverkon yksikköhintarakenne eroaa jakeluverkkojen osalta siinä, että asiakkaan kulutuslajit ovat eroteltu. Kantaverkolla on 125–150 asiakasta, joista 77 on jakeluverkkoyhtiötä ja loput teollisuusasiakkaita, junaliikennettä ja tuotantolaitoksia. Kantaverkon teollisuusasiakkaat edustavat suurteollisuuden eri aloja ja niiden tuotantoprosessit ja prosessien riippuvuus katkeamattomasta sähköntoimituksesta on hyvin erilaista. Tämän takia on perusteltua, että kantaverkon osalta keskeytyksestä aiheutuneen haitan yksikköhinnat on määritelty erikseen eri teollisuuden aloille, liikenteelle ja jakeluverkoille.

Kantaverkossa on tehty investointeja toimitusvarmuuteen, samalla kuin kantaverkon teollisuusasiakkaat ovat sähköistäneet toimintaansa, ja asiakkaiden riippuvuus toimitusvarmasta sähkönsiirrosta on kasvanut. Tästä syystä keskeytyksestä aiheutuneen haitan yksikköhintojen uudelleentarkastelu osana valvontamenetelmien suuntaviivojen laatimista on aiheellista.

### 3 Historiallinen kehitys

Jakeluverkkoyhtiöt ovat investoineet merkittävästi 2010-luvulla toimitusvarmuuteen. Ilmajohitoja on muun muassa vaihdettu maakaapeleihin ja keskijänniteverkon johtokatujen puuvarmuutta on parannettu. Toimenpiteet ovat parantaneet asiakkaiden sähköjakelun luotettavuutta. Kuvassa 1 on esitetty jakeluverkkoyhtiöiden investointimäärän kasvu 2010-luvulla ja asiakkaiden kokemien sähkökatkojen keston lyheneminen.



Kuva 1. Toimitusvarmuusinvestoinnit 2010-luvulla ja sähköjakelun luotettavuus.

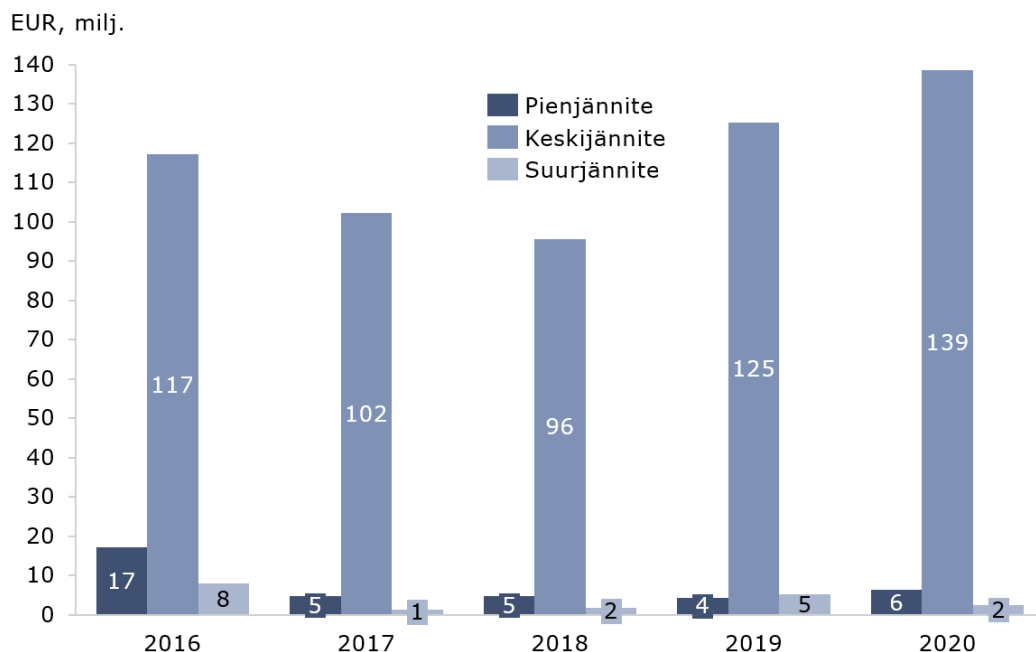
Seuraavissa luvuissa analysoidaan tarkemmin laatukannustimen ja keskeytyksestä aiheutuneen haitan toteumaa vuosina 2016–2020. Historiallisesta kehityksestä näkyy miten kustannukset vaihtelevat vuosittain. Analyysi myös selvittää eri kustannuskomponenttien vaikutusta keskeytyksistä aiheutuville kustannuksille.

Jakeluverkkoyhtiöiden laatukannustimessa on ollut vuoteen 2019 asti mukana vain keskijännitteisessä jakeluverkossa aiheutuneet keskeytykset ja niistä aiheutuva haitta asiakkaille. Vuodesta 2020 alkaen laatukannustin on huomionnut myös suurjänniteverkon keskeytyksien haitat. Pienjänniteverkon keskeytykset eivät ole mukana viidennen valvontajakson (2020–2023) laatukannustimessa.

Verkkoyhtiöt toimittavat vuosittain Energiavirastolle keskeytystiedot. Raportointivelvoite on koskenut myös pienjänniteverkon ja suurjänniteverkon keskeytyksiä, vaikka ne eivät ole laatukannustimessa mukana olleetkaan. Näiden tietojen pohjalta on laskettu keskeytyksestä aiheutuneen haitan kustannusten historiallinen toteuma sekä pien- että suurjänniteverkolle.

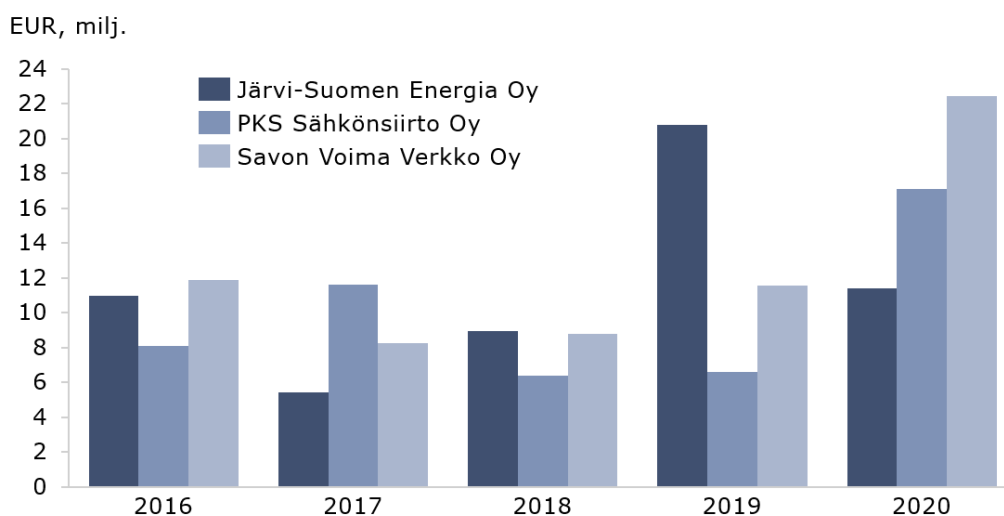
#### 3.1 Jakeluverkonhaltijoiden keskeytyksistä aiheutuneet haitat vuosina 2016–2020

Suurin osa jakeluverkkoyhtiöiden laatukannustimen mukaisesta keskeytyksestä aiheutuneesta haitasta syntyy keskijänniteverkossa, kuten kuva 2 osoittaa. Suurjännite- ja pienjänniteverkon osuus olisi ollut vain reilu 5 % kokonaisuudesta, mikäli ne olisivat olleet mukana laatukannustimessa vuosina 2016–2020. Vuosittainen vaihtelu sekä jännitetasojen sisällä, että kokonaisuuden osalta on suurta. Vuonna 2016 pienjänniteverkon keskeytyksestä aiheutunut laskennallinen haitta oli 17 miljoonaa euroa, mikä on kolminkertainen määrä vuosiin 2017–2020 verrattuna.



Kuva 2. Keskeytyksistä aiheutunut haitta jännitetasoittain.

Yksittäisten yhtiöiden kokemat vaihtelut ovat myös merkittäviä. Myrskyt voivat kaataa puita linjoille tai rankat lumisateet painavat puita nojaamaan sähkölinjoihin. Järvi-Suomen alueella Aapeli- ja Aapo-myrskyjen tuomat lumisateet vaikeuttivat sähkönjakelua vuonna 2019. Vastaavasti vuoden 2020 kesäkuun Päivö-myrsky aiheutti laajoja myrskyvahinkoja Savossa ja elokuun Rauli-myrsky Pohjois-Karjalassa. Keskijänniteverkon keskeytyksistä aiheutuneen haitan vuosittainen vaihtelu näkyy kuvassa 3 näiden kolmen esimerkkiyhtiön osalta. Mielenkiintoista on havaita samalla maantieteellisellä alueella toimivien yhtiöiden väliset erot. Myrskyt ja sään ääri-ilmiöt vaikuttavat todellakin olevan hyvin paikallisia.



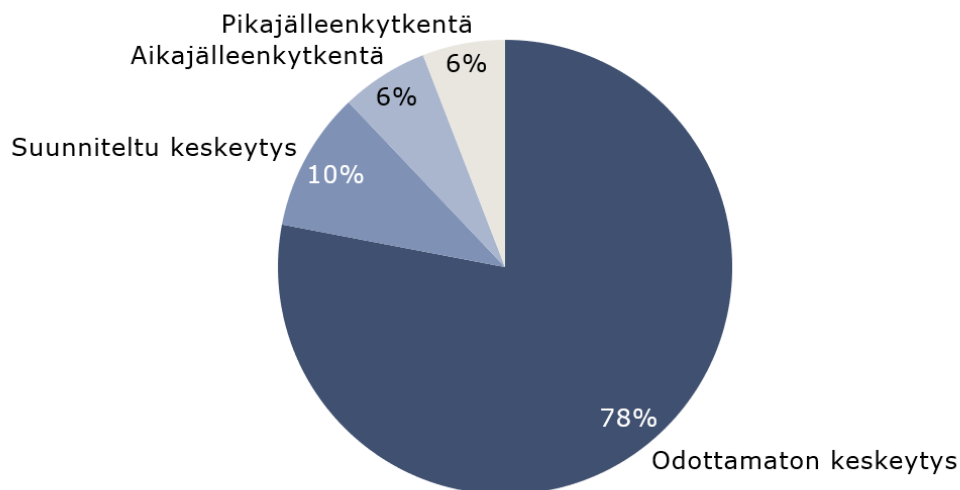
Kuva 3. Keskeytyksistä aiheutuvan haitan vaihtelu verkkoyhtiöittäin eri vuosina.

### 3.2 Erilaisten vikojen vaikutus vuosina 2016–2020

Jakeluverkkojen laatukannustin huomioi keskeytyksestä aiheutuneen haitan neljälle erilaiselle tilanteelle / komponentille:

1. Odottamaton keskeytys
2. Suunniteltu keskeytys
3. Pikajälleenkytkentä
4. Aikajälleenkytkentä

Jokaiselle komponentille on omat yksikköhintansa ja ne muodostavat yhteensä jakeluverkkoyhtiön keskeytyksestä aiheutuneen haitan. Odottamattomat keskeytykset muodostivat merkittävimmän osan, 78 %, lasketusta haitasta vuosina 2016–2020, kun mukaan huomioidaan kaikki jännitetasot; pien-, keski- ja suurjännite. Suunnitellut keskeytykset kattoivat 10 % ja jälleenkytkentöjen osuus oli yhteensä 12 % jakautuen tasan pika- ja aikajälleenkytkentöihin.



Kuva 4. Keskeytyksestä aiheutuva haitta komponenteittain vuosina 2016–2020, laskennassa on mukana kaikki kolme jännitetasoa; pien-, keski- ja suurjänniteverkot.

Mielenkiintoista on tarkastella vastaavaa jakaumaa jännitetasoittain (taulukko 3). Pienjänniteverkossa vuoden 2016–2020 pohjalta laskettujen tietojen mukaan 89 % haitasta syntyi odottamattomista keskeytyksistä ja loput suunnitelluista (kuva 4). Pika- ja aikajälleenkytkennät eivät ole käytössä pienjänniteverkossa.

Keskijänniteverkko tuottaa merkittävimmän osan haitasta, joten sen jakauma on hyvin pitkälti samanlainen kuin kaikkien jännitetasojen yhteenlaskettu jakaumakin.

Suurjänniteverkossa käytännössä puolet, 49 % haitasta syntyi suunnitelluista keskeytyksistä. Suurjänniteverkon suunniteltujen keskeytysten nykyinen yksikköhinta ja sen aiheuttama suuri laskennallinen keskeytyskustannus jakeluverkkoyhtiöille herätti myös voimakkaita mielipiteitä sidosryhmähaastatteluissa. Asiaa on käsitelty tarkemmin kappaleessa 5.4.

Taulukko 3. Keskeytyksistä aiheutuva haitta komponenteittain ja jännitetasoinnain vuosina 2016–2020.

	<b>Odottamaton keskeytys</b>	<b>Suunniteltu keskeytys</b>	<b>Aikajälleen-kytkentä</b>	<b>Pikajälleen-kytkentä</b>
Pienjännite	89 %	11 %	0 %	0 %
Keskijännite	78 %	9 %	7 %	6 %
Suurjännite	42 %	49 %	4 %	5 %

## 4 Keskeytyksestä aiheutuneen haitan laskennan perusteet verrokkimaissa

Euroopassa on tehty viime aikoina useita tutkimuksia, joilla on pyritty selvittämään keskeytyksestä aiheutuneen haitan tasoa eri maissa. Näitä tutkimuksia käydään läpi lyhyesti tämän luvun alussa. Kirjallisuuskatsauksen lisäksi luvussa tarkastellaan tarkemmin kolmen verrokkimaan (Iso-Britannia, Norja ja Ruotsi) keskeytyksestä aiheutuneen haitan laskennan perusteita. On huomioitava, että kaikissa kolmessa maassa on omat mallinsa, joilla keskeytyksestä aiheutuneet haitat huomioidaan osana jakeluverkonhaltijoiden kohtuullisen tuoton laskentaa.

### 4.1 Kirjallisuuskatsaus

Keskeytyksen aiheuttamia haittoja on tutkittu kyselytutkimuksilla, case -tarkasteluilla ja tilastollisin menetelmin. Keskeytyksen aiheuttaman haitan arvoon vaikuttaa erilaisten tutkimusten mukaan vuodenaika, jolloin keskeytys tapahtuu. Esimerkiksi Acerin tilaaman tutkimuksen (CEPA, 2018) mukaan Pohjoismaissa keskeytyksestä aiheutuva haitta on korkeampi talvisin, kun taas Etelä-Euroopassa on tasaisempi haitan kustannus ympäri vuoden. Vastaavasti myös vuorokauden aika vaikuttaa. Kuluttajien arvottama haitta sähkökatkolle on pienin aikavälillä 23:00-06:00 ja korkein illasta klo 17:00-21:00. Tämä on ymmärrettävä tulos, kun huomioidaan ihmisten luonnollinen elämisen rytmi. Palvelusektorin suurin sähköjen menettämisestä aiheutuva haitta ajoittuu arkipäiviin klo 8:00-18:00, mikä johtuu menetetyistä liiketoiminnasta. Teollisuusalojen keskeytyksestä aiheutuva haitta on saman tutkimuksen mukaan tasaisempi ympäri vuoden ja vuorokauden aika ei vaikuta juurikaan.

Sähkökatkon kestoa ja sen vaikutusta keskeytyksestä aiheutuvaan haittaan on myös tutkittu eri tutkimuksissa. Acerin raportin mukaan asiakkaiden kyselytutkimuksissa ilmoittama marginaalinen kustannus pienenee sähkökatkon kestäessä pidemmän aikaa. Taustalla on ajatus, että asiakkaat sopeutuvat sähkökatkon pitkittyessä ja alkavat tehdä vaihtoehtoisia asioita.

Suunniteltujen sähkökatkojen osalta keskeytyksen aiheuttamaa haittaa on myös tutkittu. Carlsson kumppaneineen (Carlsson, 2009) toteavat, että asiakkaiden halukkuus maksaa toimitusvarmasta sähköstä pienenee, mikäli tieto tulevasta sähkökatkosta olisi tiedossa kolme työpäivää etukäteen. Asiakkaat siis antavat alemman arvon keskeytyksestä aiheutuneelle haitalle, mikäli heillä on etukäteistieto asiasta. Suomen ja Ruotsin haitan laskentamalleissa suunniteltujen sähkökatkojen osalta yksikköhintainen kustannus on pienempi, Norjan malli ei erottele sähkökatkon syytä.

Acerin tilaaman tutkimuksen (CEPA, 2018) mukaan pohjoisten EU-maiden kotitalouksien keskimääräiset keskeytyksestä aiheutuneen haitan arvot vaihtelevat välillä 4,62–15,9 €/kWh. Pohjoisen halvin haitan arvo on Liettuassa ja kallein Isossa-Britanniassa.

Taulukko 4. Esimerkkejä keskeytyksestä aiheutuneen haitan yksikköhinnoista eri maissa Acerin tutkimuksessa vuodelta 2018.

Maa	Kotitaloudet, keskim. KAH (€/kWh)	Palvelut, keskim. KAH (€/kWh)
<b>Iso-Britannia</b>	15,9	8,08
<b>Norja</b>	N/A	N/A
<b>Ruotsi</b>	5,52	4,34
<b>Suomi</b>	5,30	3,01
<b>Viro</b>	5,18	1,77

## 4.2 Iso-Britannia

Iso-Britannian kannustinmalli, jossa huomioidaan asiakkaille keskeytyksistä aiheutunutta haittaa on nimeltään Interruption Incentive Scheme (IIS). Iso-Britannian verkkoyhtiöiden kannustinmalli pitää sisällään 2,5 %:n katto- ja lattiatason. Iso-Britanniassa maksetaan kotitalousasiakkaille lisäksi vakiokorvauksia, kuten Suomessa, Ruotsissa ja Norjassakin.

Kannustimen määrä lasketaan keskeytysten määrälle (Customers Interrupted, CI) ja keskeytysten pituudelle (Customer Minutes Lost, CML) erikseen kertomalla toteutuneen ja tavoitetason erotus yhtiökohtaisella kannustinkertoimella ja tehokkuusluvulla. Suunnitelluille ja suunnittelemattomille keskeytyksille on olemassa omat kertoimensa.

Verkkoyhtiön keskeytysten määrä, CI lasketaan yli kolmen minuutin keskeytysten määrästä sataa asiakasta kohden vuodessa. CML on vuosittainen keskeytyksen aika minuuteissa verkkoyhtiön asiakasta kohti. CI:n ja CML:n laskennassa Iso-Britannian regulaattori Ofgem ei huomioi poikkeustilanteita, joihin verkkoyhtiö ei ole voinut vaikuttaa ja joiden osalta voidaan todeta, että verkkoyhtiö on hoitanut tilanteen niin hyvin kuin mahdollista. Myrskyjen osalta kuitenkin maksetaan asiakkaille vakiokorvausta, vaikkakin vähemmän kuin tilanteessa, joka on johtunut verkkoyhtiön toiminnasta.

Verkkoyhtiöt määrittelevät keskeytysten määrälle ja pituudelle tavoitteet, jotka Ofgem hyväksyy. Tavoitteet perustuvat kunkin verkkoyhtiön aikaisempaan toteutuneeseen keskeytysten määrään ja keskeytysten pituuteen sekä vastaavan tyyppisten verkkoyhtiöiden vertailutasoihin. Vertailutasot lasketaan eri jännitetasoille, käyttäen 4–10 vuoden keskiarvoa. Eri jännitetasojen käytöllä pyritään huomioimaan erilaiset asiakasryhmät ja eri jännitetasojen ominaisuudet. Korkeammilla jännitetasoilla vikojen lukumäärä on pienempi, mutta viankorjauksen pituus ja vikojen vaikutukset vastaavasti isompia. Jännitetason määrittelyn jälkeen tavoitteeseen lisätään vuosittain 0,5 % – 1,5 % riippuen siitä, onko verkkoyhtiön kannustinmalli (IIS) parantanut edellisvuodesta. Tällä tavalla varmistetaan, että verkkoyhtiöillä on jatkossakin kannustin parantaa toimintaansa.

Kannustinkerroin lasketaan keskeytyksestä aiheutuneen haitan (Value of Lost Load, VoLL), verkkoyhtiön keskimääräisen kulutuksen ja Iso-Britannian keskimääräisen CI ja CML luvun funktiona. VoLL:sta on käytössä sama arvo kaikille verkkoyhtiöille, tällä hetkellä käytettävä arvo on 21 000 £/MWh (noin 25 €/kWh). Arvo perustuu London Economicsin Ofgemille vuonna 2013 tekemään tutkimukseen (Economics, 2013). Tutkimuksessa selvitettiin keskeytyksestä aiheutuvaa haittaa neljälle eri käyttäjäryhmälle: kotitalouksille, pk-yrityksille, isoille yrityksille ja teollisuudelle. Kotitalouksien ja pk-yritysten osalta arvon määrittelyssä käytettiin kyselyä, jossa selvitettiin asiakkaiden halukkuutta maksaa paremmasta sähkön toimitusvarmuudesta

(willingness to pay, WTP) ja halukkuutta saada korvauksia nykyistä isommasta määrästä sähkökatkoja (willingness to accept, WTA). Teollisuuden ja isojen yritysten osalta käytössä oli arviointi, jossa huomioitiin eri alojen liikevaihto ja sähkön kulutus. Tutkimuksessa käytettiin siten samoja menetelmiä kuin Suomessa Tampereen teknillisen yliopiston tutkimuksessa, jonka pohjalta nykyiset KAH-arvot on määritelty (Silvast, 2005).

Iso-Britannian kannustinmalli IIS on melko monimutkainen ja sen laskenta vaatii työtä erityisesti verkkoyhtiöiltä tavoiteasenannan osalta. Mallin tavoitteiden asettamisessa on kuitenkin Suomenkin näkökulmasta mielenkiintoisia ajatuksia: tavoite perustuu ensisijaisesti verkkoyhtiön ja verrokkoyhtiöiden aikaisempaan tulokseen ja sen tason parantamiseen. Koska tuloksista on jo laskentavaiheessa poistettu ennakoimattomat tapahtumat, kuten myrskyt, mallissa huomioidaan kunkin verkkoyhtiön pyrkimys parantaa sähköntoimitustensa laatua. Keskeytyksestä aiheutuvan haitan yksikköhinnat on määritelty samoilla periaatteilla kuin tällä hetkellä KAH-laskennassa käytettävät yksikköhinnat Suomessa.

### 4.3 Norja

Norjan kannustinmalli on nimeltään KILE (Kostnad for Ikke Levert Energi), joka suomentuu toimittamatta jääneen energian kustannukseksi. KILE vaikuttaa jakeluverkkoyhtiön sallitun tuoton määrän laskentaan, samalla tavalla kuin laatukannustin Suomessa. Norjan malli pyrkii löytämään kansantaloudellisen optimin toimitusvarmuuteen liittyviin toimenpiteisiin. Ideana on antaa verkkoyhtiöiden käyttöön kannustinvaikutukseltaan neutraaleja työkaluja toimitusvarmuudesta huolehtimiseen, kuten erilaiset investoinnit ja olemassa olevan verkon kunnossapito. Asiakkaiden keskeytyksestä aiheutunut haitta on samalla viivalla muiden toimenpiteiden kanssa. Ääritapauksessa verkkoyhtiön ei kannata panostaa toimitusvarmuuden parantamiseen, mikäli parannustoimenpiteiden kustannus ylittäisi asiakkaiden kokeman haitan.

KILE-kustannukset vaikuttavat verkkoyhtiöiden sallittuun tuottotasoon ja siten malli kannustaa parempaan toimitusvarmuuteen. Huono toimitusvarmuus laskee sallittua tuottotasoa, mikä näkyy kaikille verkkoyhtiön asiakkaille alentuneina tariffeina.

Norjassa on lisäksi käytössä vakiokorvausmalli USLA (Utbetaling ved Svært Langvarige Avbrudd), joka tarkoittaa erittäin pitkistä sähkökatkoista maksettavaa korvausta. Mallin mukaan kotitalousasiakkaat saavat alennusta automaattisesti sähkönjakelusta, mikäli sähkökatkon pituus ylittää 12 tuntia. Norjan mallissa verkkoyhtiöiden kotitalousasiakkaille maksamat vakiokorvaukset hyvitetään täysimääräisesti sääntelymallissa, joten USLA itsessään ei tuo kannustinta parantaa verkkoyhtiön toimintaa.

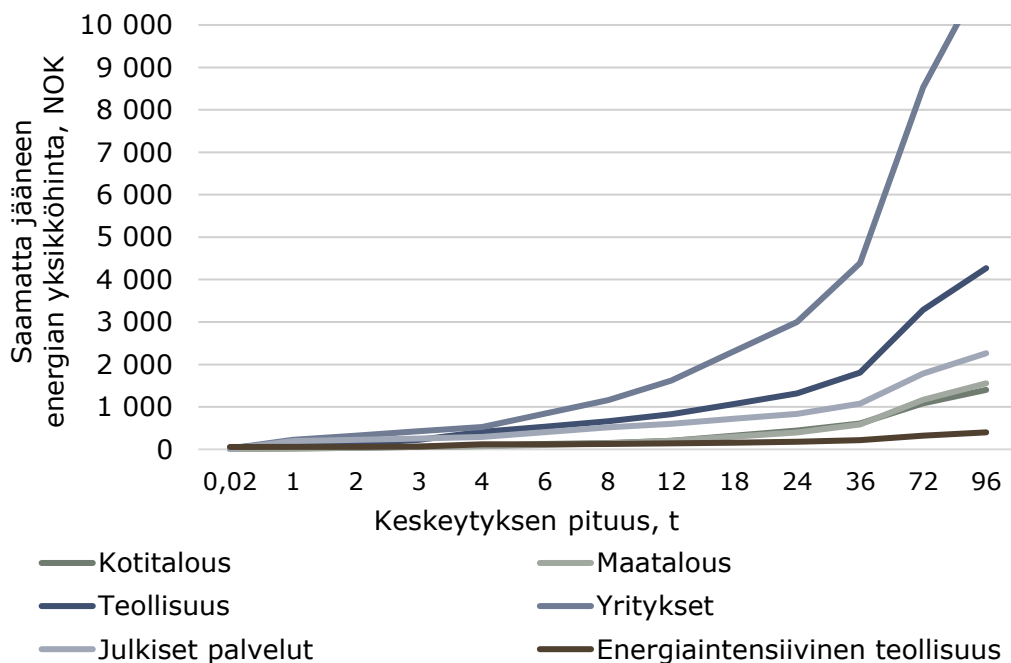
KILEn tuntikohtainen arvo lasketaan kertomalla asiakkaan laskennallinen teho saamatta jääneen energian hinnalla ja tunti-, viikonpäivä- ja kuukausikohtaisilla korjauskertoimilla.

Laskennallinen teho on määritelty jokaiselle asiakasryhmälle erikseen tiettyinä referenssiaikana. Näin ollen, esimerkiksi kotitalousasiakkaiden laskennallinen teho on huipputeho arkipäivänä tammikuussa kello 17. Tehon tunti-, päivä- ja kuukausikohtainen vaihtelu huomioidaan käyttämällä korjauskertoimia.

Saamatta jääneen energian yksikköhinta voidaan ajatella vastaavan Suomen keskeytyksestä aiheutuneen haitan yksikköhintoja. Se lasketaan ajan funktiona niin, että hinta kasvaa keskeytysajan kasvaessa. Laskenta alkaa heti kun sähkökatko alkaa.



Hinta on määritetty erikseen kuudelle asiakasryhmälle: maatalous, teollisuus, julkiset palvelut, yritykset, energiaintensiivinen teollisuus ja kotitaloudet. Alla kuvassa 5 on esitetty saamatta jääneen energian yksikköhinta ajan funktiona erilaisille asiakasryhmille.



Kuva 5: Saamatta jääneen energian yksikköhinta ajan funktiona.

Saamatta jääneen energian hinta muille kuin kotitalousasiakkaille perustuu vuonna 2010 tehtyyn kyselytutkimukseen, jossa selvitettiin keskeytyksestä aiheutuneen haitan määrää yritysten menetettyjen työtuntien, menetettyjen myyntitulojen ja epäsuorien kustannusten avulla. Kotitalouksien osalta saamatta jääneen energian hinta perustuu vuonna 2017 tehtyyn tutkimukseen (Skjeflo, 2017), jossa selvitettiin asiakkaiden halukkuutta maksaa paremmasta toimitusvarmuudesta (Willingness to accept, WTA). Määrittelymenetelmä on siten verrattavissa Suomessa nykyisin käytettyyn menetelmään.

Suomeen verrattuna Norjassa lasketaan tarkemmin keskeytyskustannukset asiakasryhmittäin. Myös keskeytyksen pituuden osalta laskenta on tarkempaa, sillä keskeytyksen yksikköhinta kasvaa ajan funktiona. Norjan yksikköhinta on siis korkeampi pidempien sähkökatkojen osalta, toisin kuin Suomessa, jossa käytetään vakioarvoa kaiken pituisille keskeytyksille. Keskeytyksestä aiheutuneen haitan laskeminen ajan funktiona on mallina mielenkiintoinen, sillä se kannustaa entistä voimakkaammin verkkoyhtiötä suunnittelemaan ja käyttämään verkkoja siten, etteivät keskeytykset veny pitkiä. Laskenta on tehty eri asiakasryhmille erikseen, joten verkkoyhtiöiden kannattaa priorisoida sekä toimitusvarmuusinvestoinneissa, että viankorjauksessa niitä kohteita, joiden saamatta jääneen energian kustannus on korkein.

#### 4.4 Ruotsi

Ruotsissa, samoin kuin Norjassa ja Suomessa, sähkön toimituksen luotettavuus on osa verkkoyhtiöiden kannustinjärjestelmää ja vaikuttaa verkkoyhtiön sallitun tuoton

määrän laskentaan ja sitä kautta myös siirtomaksujen suuruuteen. Ruotsissa laatukannustimen kattorajaksi on asetettu 5 %.

Laatukannustimen lisäksi Ruotsissa on käytössä vakiokorvausmalli, jolla asiakkaille korvataan suoraan yli 12 tunnin sähkökatkoista. Korvauksen suuruus riippuu asiakkaan arvioidusta vuotuisesta siirtomaksusta ja sähkökatkon pituudesta. Ruotsin mallissa suurjänniteverkossa (yli 220 kV) aiheutuneet viat on rajattu vakiokorvausten ulkopuolelle. Ruotsin sähkömarkkinalaki määrää, että sähkökatkon pituus asiakasta kohden ei saa ylittää 24 tuntia ja asiakas ei saa kokea yli 12 sähkökatkoa yhden kalenterivuoden aikana.

Laatukannustimen laskennassa käytetään kahta arvoa: keskimääräistä keskeytysaikaa (AIT) ja keskimääräistä keskeytystaajuutta (AIF). Ruotsin valvontaviranomainen, Energimarknadsinspektionen, asettaa verkkoyhtiöille tavoitteet AIF ja AIT arvoille. Lopullisen laatukannustimen määrä lasketaan jokaiselle asiakasryhmälle ja keskeytystyypille (suunniteltu ja suunnittelematon) erikseen kertomalla tavoitearvon ja toteutuneen arvon erotus asiakastyypin keskimääräisellä vuositeholla ja keskeytyskustannusarviolla.

Keskeytysaika AIT ja keskeytystaajuus AIF lasketaan jakamalla toimittamaton energia (AIT) tai toimittamaton teho (AIF) asiakkaan keskimääräisellä teholla vuodessa. AIF ja AIT lasketaan käyttäjäryhmittäin ja keskeytystyypeittäin (suunniteltu ja suunnittelematon keskeytys). Asiakasryhmiä on kuusi: teollisuus, kauppa ja palvelut, maatalous, julkishallinto, kotitaloudet ja rajapisteet. Laskennassa huomioidaan yli kolmen minuutin keskeytykset jakelu- ja alueverkonhaltijoille ja yli minuutin keskeytykset kantaverkon haltijalle.

Ruotsin mallissa keskeytyksen laskenta alkaa kolmesta minuutista jakeluverkkoyhtiöille, ja yhdestä minuutista kantaverkolle. Käytettävä aikarajoitus käytännössä rajaa aikajälleenkytkennät (AJK) ja pikajälleenkytkennät (PJK) pois laatukannustimen laskennasta. Keskeytyskustannusten osalta Ruotsissa on todettu, että asiakasryhmäkohtaiset kustannusarviot ovat oikeampi tapa arvioida keskeytyksistä aiheutuvaa haittaa kuin yksi yhtenäinen arvo kaikille ryhmille.

#### 4.4.1 Luotettavuusstandardi

EU-asetuksen 2019/943 25 artiklan mukaisesti jäsenvaltiolla on kapasiteettimekanismeja soveltaessaan oltava käytössään luotettavuusstandardi. Luotettavuusstandardi kuvastaa jäsenvaltion toimitusvarmuuden tasoa ja sen perusteella on laskettu keskeytyskustannusarvio sähköpulatilanteelle. Vaikka kyseinen arvo ei täysin kuvaa tässä selvityksessä arvioitavaa keskeytyksestä aiheutuvan haitan yksikköhintaa, on hyvä tutkia myös sähköpulatilanteen toimittamatta jääneen sähkön arvoa vertailun vuoksi.

Ruotsissa sähköpulan keskeytyskustannusarvio on määritelty vuonna 2019 kaikille asiakasryhmille ja molemmille keskeytystyypeille. Arvon määrittelyn pohjalla on ollut kysely, jossa selvitettiin kotitalousasiakkaiden halukkuutta maksaa lyhyemmistä sähkökatkoista, kun taas muilta asiakasryhmiltä on pyydetty arviota siitä, mitä kustannuksia heille syntyy sähkön toimituksen keskeytyksestä. Sähköpulan keskeytyskustannusarviosta on laskettu yhtenäinen arvo: 76,25 SEK / kWh, n. 7,6 €/kWh (Energimarknadsinspektionen, 2021).

Suomessa Energiavirasto (Energiavirasto, 2021) on vuonna 2021 määritellyt luotettavuusstandardin perustuen vuoden 2018 kotitalousasiakkaiden kyselytutkimuksiin ja vuoden 2020 muille asiakasryhmille suunnattuun

kyselytutkimukseen. Suomessa luotettavuusstandardin mukainen keskeytyskustannusarvio on 8 €/kWh.

On hyvä huomata, että Suomen ja Ruotsin luotettavuusstandardin mukaiset arvot ovat samansuuruisia kuin kappaleessa 7 esitetyt keskeytyksen aiheuttaman haitan yksikköhinnat.

#### 4.5 Yhteenveto

Kaikissa kolmessa verrokkimaassa on olemassa kannustinmalli, joka huomioi sähköverkon kehittämisen tehokkaasti niin, että laadukas sähkönjakelu saavutetaan. Norjassa ja Ruotsissa eri asiakasryhmille on määritetty omat arvot keskeytyksestä aiheutuneelle haitalle, mitkä huomioivat sekä asiakkaiden erilaiset tarpeet, että verkkoyhtiöiden maantieteelliset sijainnit. Mielenkiintoista on, että kummassakaan maassa ei ole omana asiakasryhmänä huomioitu loma-asuntoja. Suomen keskeytyksestä aiheutuneen haitan määrittelyssä vuonna 2005 loma-asunnot olivat yhtenä tutkittavana ryhmänä (Silvast, 2005).

Sään ääritilanteiden käsittelyn osalta löytyy eroavaisuuksia. Iso-Britannian malli huomioi poikkeustilanteet ja regulaattori Ofgem poistaa niiden vaikutuksen kannustinmallista. Norjassa, Ruotsissa ja Suomessa myrskyjen vaikutuksia ei poisteta, vaan ne näkyvät verkkoyhtiöille keskeytyksestä aiheutuvaa haittaa nostavana tekijänä. Laatukannustimen määrittelyssä myrskyt näkyvät samalla myös nostavana tekijänä vertailutason määrittelyssä, mikä kompensoi myrskyjen yksittäisenä vuotena verkkoyhtiöille aiheuttamaa haittaa.

Keskeytyksestä aiheutuvien haitta-arvojen määrittely on pohjautunut pitkälti samoihin menetelmiin kaikissa kolmessa verrokkimaassa ja Suomessa. KAH-arvoa on arvioitu asiakastutkimuksilla, jossa on selvitetty niin asiakkaiden halukkuutta maksaa lyhyemmistä sähkökatkoista kuin heidän arvioitaan siitä, millainen kustannus keskeytyksestä aiheutuu. Uusimmat eurooppalaiset tutkimukset on tehty tilastoihin pohjautuviin menetelmiin perustuen. Tilastoihin perustuvaa mallia on käytetty tässäkin selvityksessä.

## 5 Sidosryhmien haastattelut

### 5.1 Haastattelujen tavoite

Osana selvitystä tehtiin 18 kappaletta sidosryhmähaastatteluilta, joiden tavoitteena oli varmistaa, että erilaisten asiakasryhmien näkökulmat ja sähkökatkoista toteutuvat todelliset haitat tulee huomioitua keskeytyksestä aiheutuneen haitan yksikköhintojen laskennassa.

Sidosryhmähaastattelut toteutettiin loka-marraskuussa 2022 verkkoyhtiöille ja sähkön käyttäjille. Osa haastatteluista tehtiin Teamsin välityksellä, osa sähköpostitse. Haastatellut tahot löytyvät liitteestä B.

Haastatteluista saatiin arvokasta tietoa yksikköhintojen määrittämiselle ja erinäisten tekijöiden huomioimiselle osana laskentaa. Keskustelu koski osittain myös laajemmin laatukannustimen mallia ja myös nämä huomiot on kirjattu osaksi haastattelujen tulosten yhteenvetoa. Seuraavissa luvuissa on kuvattu haastattelujen tärkeimmät johtopäätökset teemoittain.

### 5.2 Laatukannustimen toiminta ja ohjaavuus

Kaikkien verkkoyhtiöiden edustajat kokivat nykyisen laatukannustimen toimivaksi. Yleisesti ottaen laatukannustin ohjaa kehittämään sähköverkkoa pitkäjännitteisesti ja kehittämään vikatilanteissa sähköjen nopeaa palautusta asiakkaille.

Iso ero löytyi laatukannustimen ohjaavuudessa verkkoyhtiön toiminnassa, eli miten keskeytyksestä aiheutuneita kustannuksia huomioitiin osana investointien suunnittelua ja vianhoidon priorisointia. Haastatelluilla maaseudulla toimivilla verkkoyhtiöillä verkon kaapelointiaste on melko matala (alle 50 %) ja haja-asutusalueiden osuus verkkoyhtiön alueista korkea. Näillä yhtiöillä KAH-kustannukset olivat yksi merkittävä osatekijä niin verkkoinvestointien suunnittelussa kuin vianhoitotehtävien priorisoinnissa. Yhtiöt seuraavat keskeytyksestä aiheutuvan haitan toteumaa säännöllisesti ja tietojärjestelmiä hyödynnetään aktiivisesti. Esimerkiksi laajoissa sähkökatkoissa palautetaan ensiksi sellaiset johtolähdöt, joista aiheutuu suurempi keskeytyksestä aiheutuva haitta.

Haastatelluilla kaupunkiyhtiöillä kaapelointiaste on korkea. Toiminta-alue koostuu pääasiassa taajama- tai kaupunkialueista ja sähköverkko on valmiiksi toimitusvarma. Laajoja, esimerkiksi myrskyistä aiheutuvia sähkökatkoja ei ole ja yhtiöiden KAH-kustannukset ovat pienet. Näin ollen keskeytyksestä aiheutuvaa haittaa ei koettu merkittävänä tekijänä ohjaamaan investointien suunnittelua tai vianhoidon priorisointia. Yhtiöt, joilla laatukannustimen vertailutaso on valmiiksi alhainen, kokivat laatukannustimen toiminnan epäreiluksi. Yksittäinen, laaja sähkökatko vaikuttaa heillä vahvasti koko laatukannustimeen, ja yhtiöt kokevat laatukannustimesta vain negatiiviset vaikutukset.

Erilaisen näkökulman toi esiin yhtiö, jonka strategiana on pitää siirtohinnoittelu mahdollisimman pienenä asiakkailleen ja sitä myötä turvata kunnan vetovoima. Kun verkkoyhtiön toiminta on vuodesta toiseen alijäämäistä, ei laatukannustimen toteumalla ei ole merkitystä suuntaan tai toiseen.

Kantaverkossa asiakkaiden toimitusvarmuus on erinomaista. Kantaverkossa on kahdenlaisia asiakkaita: Sähkökäytön kannalta kriittiset asiakkaat on kytkeytyneet kahdella tai useammalla liittymällä sähköasemalle ja muut asiakkaat suoraan kantaverkon 110 kV johtoon. Sähköasemaan liittyneiden asiakkaiden osalta yhden

liittymisjohdon vikaantuminen ei aiheuta asiakkaalle sähkökatkoa. Suoraan kantaverkon johtoon liittyneiden asiakkaiden kokemaa keskeytyksistä aiheutuva haitta nousi haastatteluissa esiin. Kantaverkkoyhtiö Fingridin osalta laatukannustimen seuranta on viety niin pitkälle, että sillä on vaikutusta myös henkilöstön tulospalkkioon.

### 5.3 Yksikköhintojen päivitys

Kaikki vastaajat olivat yksimielisiä siitä, että keskeytyksistä aiheutuvan haitan yksikköhintojen päivitys on aiheellista. Edellinen hintojen määrittely on tehty vuonna 2005. Kuluttajien kulutustottumukset ja toimintaympäristö ovat muuttuneet viimeisen lähes kahdenkymmenen vuoden aikana. Oikea ohjausvaikutus koettiin tärkeäksi kriteeriksi laatukannustimen rakenteessa. Nykyisen käytössä olevan mallin ohjausvaikutus on ollut hyvä ja siitä halutaan pitää kiinni. Lisäksi vastaajat toivoivat selkeää ja perusteltavissa olevaa mallia.

Yksikköhintojen tarkkaa euromääräistä arvoa ei haastatteluissa osattu sanoa. Toisaalta useampi verkkoyhtiön edustaja totesi, että yksikköhintojen tarkalla määrittelyllä ei ole niinkään väliä, kunhan yksikköhintojen taso on sellainen, että se ohjaa toimintaa haluttuun suuntaan. Samanlainen ajatus oli myös sähkönkäyttäjien edustajilla: yksikköhintojen tuli ensisijaisesti ohjata verkkoyhtiöitä ja kuvastaa vastinetta jo maksetuille siirtomaksuille.

Kotitalouksien yksikköhintojen määrittelyssä vastaajat korostivat lisääntyneitä etätöiden määrää ja sähkökatkojen kerrannaisvaikutuksia. Laskentamallin tulisi huomioida työntekopaikan muutosta, eli lisääntyneitä etätöitä. Toinen näkökulma töiden monipaikkaisuuteen on se, että yhden henkilön työ saattaa vaikuttaa suureen joukkoon muita henkilöitä. Esimerkkinä mainittiin luennoitsija, joka ei voi pitää luentoa sähkökatkon aikana, mikä vaikuttaa opiskelijoiden opetuksen saatavuuteen. Myös osa asiantuntijatyötä voi olla sellaista, jossa yhden henkilön panos vaikuttaa tiimin työhön. Jos tuo panos jää saamatta sähkön katkeamisen takia, sähkökatkon vaikutukset ulottuvat isompaan joukkoon ihmisiä.

Kantaverkon asiakkaiden osalta yksikköhintojen osalta tuli esiin, että sähkökatkon pituudella ei ole niin suurta väliä. Samanlainen haitta aiheutuu hyvin lyhyestä prosessit seisauttavasta sähkökatkosta kuin tunnin, parin sähkökatkostakin. Tuotannon menetys ei siis pelkästään rajoitu sähkökatkon pituuteen.

Tuotannon bruttoarvon käyttö menetetyn tuotannon arvioinnissa koettiin toimivaksi ei-kotitalousasiakkaiden yksikköhintaa määritettäessä. Ei-kotitalousasiakkaiden osalta keskusteluun nousivat sähkökatkon kerrannaisvaikutukset, jotka eivät ole suoraan laskettavissa toimittamatta jääneen energian määrästä tai sähkökatkon pituudesta. Esimerkiksi tuotannon prosessilaitteiston käynnistäminen saattaa viedä huomattavasti aikaa. Muita kerrannaisvaikutuksia voi olla toimittamatta jäävä tuotanto, jos sähkökatkon aikana menetettyä tuotantoa ei saada tehtyä asiakkaan kanssa sovituksessa ajassa, mikä voi pahimmillaan johtaa koko asiakassuhteen kariutumiseen.

Keskeytyksestä aiheutuvan haitan laskennan ja laajemmin koko laatukannustimen tulisi olla helposti mallinnettava. Verkkoyhtiöt toivovat, että yksikköhintojen ja laatukannustimen vaikutusta tulisi pystyä laskemaan myös tulevaisuuteen.

## 5.4 Suurjännitteisen jakeluverkon suunniteltujen keskeytysten yksikköhinnat

Suunniteltujen keskeytysten osalta lähes kaikki verkkoyhtiöt ilmaisivat, että suurjännitteisen jakeluverkon osalta suunnitellun keskeytyksen yksikköhinta ei nykyisellään vastaa keskeytyksestä todellisuudessa aiheutunutta haittaa. Suurjännitteiseen jakeluverkkoon kytkeytyneitä asiakkaita ovat teollisuus ja enenevässä määrin tuulivoima. Suunniteltuja keskeytyksiä suurjänniteverkkoon tehdään kunnossapidon, rakentamisen tai uuden tuotannon liittämisen takia. Haastatteluissa tuli esiin, että kaikki verkkoyhtiöt sopivat suurjännitteiseen jakeluverkkoon kytkeytyneiden asiakkaiden kanssa suunnitelluista keskeytyksistä hyvissä ajoin ja keskeytykset ajoitetaan yhdessä asiakkaan kanssa niin, että haitta on mahdollisimman pieni. Esimerkiksi asiakas voi suorittaa samaan aikaan omia kunnossapitotöitä.

Verkkoyhtiöillä, joilla on paljon tuulivoimaa verkossa ja joilla tuulivoiman määrä lisääntyy voimakkaasti, tulee paljon suunniteltuja keskeytyksiä juuri tuulivoiman liittämisen takia. Nykyisten yksikköhintojen mukaan laskettuna tämä tarkoittaa verkkoyhtiöille useiden miljoonien eurojen laskennallista keskeytyksestä aiheutuvaa haittaa. Verkkoyhtiöt kokevat epäoikeudenmukaisena, että laskennallinen haitta syntyy toimenpiteistä, joilla varmistetaan uuden puhtaan tuotannon liittäminen verkkoon.

Vastaavasti suurjännitteiseen jakeluverkkoon liittyneen teollisuuden osalta sähkökatkot sovitaan hyvissä ajoin etukäteen ja sovitetaan teollisuuden muihin aikatauluihin. Näin ollen suunnitellun keskeytyksen yksikköhinnan tulisi olla suurjännitteisessä jakeluverkossa nykyistä pienempi tai vaihtoehtoisesti asiakkaiden kanssa yhdessä ajoitetut keskeytykset, joista asiakkaille ei aiheudu todellista haittaa tulisi jättää huomioimatta. Suurjänniteverkon suunnitellut keskeytykset olisivat aiheuttaneet 49 % kokonaishaitasta, mikäli suurjännite olisi ollut mukana laatukannustimessa 2016–2020 (kpl 3.2, taulukko 3).

Keskijänniteverkon osalta suunnitellun keskeytyksen haitta on haastattelujen perusteella oikealla tasolla. Keskijännitteessä suunnitellut keskeytykset ilmoitetaan asiakkaille, niistä harvemmin neuvotellaan. Pk-yritykset eivät edes odottaneet neuvotteluja, vaan toivoivat, että mahdollisista keskeytyksistä ilmoitettaisiin hyvissä ajoin.

Kantaverkon asiakkaat kokivat, että suunnitelluissa keskeytyksissä käydään aina vuoropuhelua asiakkaiden kanssa ja haitta pyritään minimoimaan. Tässä yhteydessä on hyvä mainita, että kantaverkon osalta suunnitellulle keskeytykselle ei ole omaa yksikköhintaa.

## 5.5 Pika- ja aikajälleenkytkentöjen yksikköhinnat

Jälleenkytkentöjen mukana olo laatukannustimen laskennassa koettiin haastattelujen perusteella ohjaavan toimintaa. Esimerkiksi kantaverkossa yli puolet keskeytyksen aiheuttamasta haitasta syntyy jälleenkytkennöistä. Fingrid on investoinut pitkien siirtojohtojen väliin kytkinlaitoksia tai sähköasemia. Näiden investointien ansiosta siirtojohtojen vikaantuessa sähköt jäävät aina vikatilanteessa vähintään toisen puolen asiakkaille. Toki investoinneilla on kustannusvaikutus, jolloin kaikkien asiakkaiden siirtotariffi nousee. Fingrid korosti haastattelussa, että kansantaloudellisesti on tärkeää määrittää oikeat suuntaiset KAH-yksikköhinnat, jotta investoinnit kohdentuisivat oikeisiin paikkoihin.

Teollisuus ei kokenut jälleenkytkentöjä ongelmalliseksi, kun taas maataloudessa lyhyt katko koettiin pahimpana, sillä se sotkee prosessiautomaatiota.

## 5.6 Laiterikot

Laiterikkojen määrä ei haastattelujen perusteella ole merkittävä. Suurin osa laiterikkojen ilmoituksista verkkoyhtiöille tulee sähkön laatuun liittyvissä kysymyksissä, esim. nollavaiheen katkeamisen aiheuttamasta jännitteenoususta. Näissä tilanteissa verkkoyhtiöllä on vahingonkorvausvastuu ja laiterikot korvataan joka tapauksessa.

Sähköverkkoon liitettävien laitteiden tulee kestää sähkökatko ja nykyaikaiset laitteet verkkoyhtiöiden vastausten perusteella näin toimivatkin. Tästä syystä laiterikkoja ei tarvitse huomioida KAH-yksikköhinnoissa.

Kantaverkon asiakkaiden haastatteluissa tuli esiin laiterikkojen mahdollisuus sähkökatkon sattuessa. Kustannukset ovat tapauskohtaisia. Suurin osa haastateltavista ei osannut arvioida laiterikkojen kustannusta ja niillä kenellä oli kustannus selvillä, eivät pitäneet laiterikkojen kustannuksia merkittävänä.

Sähkökatko ei välttämättä riko laitetta, mutta on mahdollista, että sähkökatko voi vaikuttaa laitteen elinkaareen. Laitteen elinkaaren alenemaa ei ole tutkittu tässä selvityksessä.

## 5.7 Tuotannon huomiointi

Nykyinen laatukannustin huomioi vain asiakkaiden sähkökatkosta aiheutuvan haitan. Malli ei huomioi esimerkiksi pientuotannon menetettyä myyntituloa. Aurinkopaneelien ja tuulivoiman lisääntyessä tuotannon huomiointin merkitys kasvaa. Haastattelujen perusteella aihe herättää ristiriitaa.

Osa vastaajista koki, että tuotanto aina pientuotannosta isompiin tuuli- ja aurinkovoimaloihin tulisi huomioida osana keskeytyksestä aiheutuneen haitan laskentaa jollain tavalla. Toisten mielestä rajanveto siihen, mitä tuotantoa huomioitaisiin, on vaikeaa ja se monimutkaistaisi laatukannustimen laskentaa. Lisäksi haastatteluissa heräsi kysymys millä hinnalla menetetty tuotanto tulisi korvata. Olisiko sille sovellettava kiinteää hintaa, vai altistettaisiinko verkkoyhtiöiden laatukannustin sähkön markkinahintojen heiluntaan?

Tuotantoa ei ole huomioitu kappaleessa 7 esitettyssä laskentamallissa. Kappaleessa 5.7.1 on kuitenkin esitetty periaatteita, miten tuotanto on mahdollista huomioida keskeytyksen aiheuttaman haitan laskennassa.

### 5.7.1 Tuotannon menetyksen laskenta

Tuotannon menetyksen laskennassa tulee huomioida kaksi erilaista tapausta: 1) Aurinkopuistot ja tuulivoimalapuistot, joiden koko tuotanto siirtyy suoraan sähköverkkoon sekä 2) kiinteistön sisäiset tuotantolaitokset (esim. katolla olevat aurinkopaneelit), joiden tuotannosta vain osa siirretään verkkoon ja pääosa käytetään itse.

Sähkökatkon osuessa kohdalle tuuli- ja aurinkopuistot menettävät koko puiston tuotannon. Menetty tuotantomäärä voidaan todentaa verkkoyhtiön mitatuista tiedoista. Mittaustapana voidaan käyttää esimerkiksi hetkellistä sähkökatkon alkamisajan tuotantomäärää tai puiston keskimääräistä vuositehoa. Vuosikeskitehon käyttö on luultavasti helpompaa verkkoyhtiöille. Tuuli- ja aurinkopuistot rakennetaan

usein siten, että ainakin osa tuotettavasta sähköstä on myyty etukäteen tietyllä kiinteällä hinnalla (ns. PPA-sopimus). Kahdenvälisen sopimusten hinnat eivät ole julkisia. Menetetyn tuotannon kustannuksena on mahdollista käyttää Suomen aluehinnan vuosikeskiarvoa.

Kiinteistöihin liitetyt aurinkopaneelit tuottavat sähköä pääasiassa kiinteistön omaan käyttöön. Ylijäänyt tuotanto siirtyy sähköverkkoon. Verkkoyhtiöllä on erilliset käyttöpaikat tuotannolle ja kulutukselle ja verkkoyhtiö voi näin mitata sähköverkkoon siirtyvän pientuotannon määrän sähkömittarilla. Huomioitavaa on, että suurin osa pientuotannosta jää kiinteistön kulutukseen, eikä tule verkkoyhtiön sähkömittarille asti. Näin ollen aurinkopaneelien kokonaistuotantoa ei mitata verkkoyhtiön toimesta. Sähkökatkon takia menetetty tuotanto olisikin yksinkertaisinta huomioida ylijäämätuotannon mukaan esimerkiksi käyttäen vuosikeskitehoa. Ylijäämätuotannosta saa yleensä korvauksen sen hetkisen Suomen aluehinnan mukaisesti. Sähkökatkon takia menetetyt ylijäämätuotannon hintana on mahdollista käyttää Suomen aluehinnan vuosikeskiarvoa.

## 5.8 Myrskyt laatukannustimessa

Myrskyjen osalta haastatellut olivat yksimielisiä, että ne tulisi säilyttää mukana KAH-laskennassa. Myrskyjen poistaminen manuaalisesti Iso-Britannian tavoin monimutkaistaisi mallia ja herättäisi kysymyksiä tulkinnoista. Suomalaisen laatukannustimen määrittelyssä myrskyt näkyvät vertailutason määrittelyssä, mikä kompensoi myrskyjen yksittäisenä vuotena verkkoyhtiöille aiheuttamaa haittaa. Myrskyjen osalta tärkein kysymys laatukannustimeen liittyen on vertailujakson pituus. Nykyinen kahdeksan vuoden vertailujakso koettiin liian pitkäksi.

Myrskyjen huomiointi tai vertailujakson pituuden määrittely ei kuulu tämän selvityksen aihepiiriin.

## 5.9 Pienjänniteverkon rooli laatukannustimessa

Haastatteluissa keskusteltiin myös pienjänniteverkon keskeytyksistä aiheutuvasta haitasta ja siitä tulisiko pienjänniteverkon häiriöt ottaa mukaan tuleviin laatukannustimiin.

Asiakkaan näkökulmasta ei ole väliä, tapahtuuko sähköverkon vika pienjännite- vai keskijänniteverkossa. Seurauksena on sähkökatko asiakkaalle, joten pienjänniteverkon mukanaolo on tältä kannalta perusteltua.

Toisaalta nykyinen laatukannustin ohjaa sekä investointeja, että viankorjausta. Haastatteluissa tuotiin esiin huoli siitä, että pienjänniteverkon mukana olo muuttaisi ohjausta enemmän pienjänniteverkon suuntaan.

Haastatteluissa korostettiin, että pienjänniteverkon osalta on tärkeää määrittellä selkeästi, miten sähkökatkon alkamis- ja loppumisaika määritellään. Nykyisin monen verkkoyhtiön pienjänniteverkon viat havaitaan asiakasyhteydenottojen kautta. Onko vika-aika silloin asiakkaan puhelinsoiton aika, vai vian oikea alkamisaika?

Suosituksien pienjänniteverkon mukanaolosta laatukannustimeen eivät kuulu tämän selvityksen aihepiiriin.



## 6 Energiamurroksen tuomat mahdollisuudet ja haasteet

### 6.1 Aurinkopaneelit ja sähköautot








Aurinkopaneelit ja sähköautojen latauspisteet lisääntyvät kiihtyvällä tahdilla. Energiankäytön muutoksilla voi olla vaikutuksia sekä asiakkaan kokemaan haittaan että verkkoyhtiön laskennallisiin keskeytyskustannuksiin. Tällä hetkellä erilaisilla jakeluverkkoon liittyneillä asiakkailla ja asiakasryhmillä on yhtäläiset yksikköhinnat keskeytyksestä aiheutuneen haitan suhteen.

Aurinkopaneelit laskevat kohteen verkosta otettua energiamäärää ja näin ollen pienentävät verkkoyhtiön laskennallista keskeytyskustannusta. Mikäli verkkoyhtiö ohjaisi investointejaan ja viankorjausta puhtaasti laskennallisen keskeytyksestä aiheutuneen haitan mukaan, niin nykyisellä mallilla aurinkopaneeleilla varustettu omakotitalo olisi prioriteettilistalla heikompi kuin omakotitalo ilman paneeleja. Aurinkopaneeleja omistava asiakas menettää sähkökatkon aikana mahdollisuuden myydä ylijäämätuotantoaan verkkoon päin. Samalla hän myös menettää aurinkopaneelien tuotannon omaan kotiinsa, sillä sähkökatkon aikana aurinkopaneelit eivät kytkeytyvät automaattisesti pois päältä. Näin ollen asiakkaan kokemana haitta sähkökatkosta kasvaa aurinkopaneelien myötä.

Sähköauton lataus kasvattaa kohteen energiamäärää sekä nostaa huipputehoa, mikä lisää verkkoyhtiöiden laskennallista keskeytyskustannusta. Myös sähköautoilijan kokemana haitta kasvaa, mikäli sähköauto ei ole latautunut sähkökatkosta johtuen ja asiakkaalla olisi tarve liikkua autolla.

Sähkövarastot taas tasoittavat asiakkaan huippukulutusta. Näin ollen verkkoyhtiön kannalta sähkövarasto pienentää laskennallista keskeytyskustannusta. Asiakkaan kannalta sähkökatkosta aiheutuva haitta säilyy ennallaan tai voi jopa laskea. Mielenkiintoinen tilanne syntyykin asiakkaista, jotka ovat investoineet oman toimitusvarmuuden parantamiseen, esimerkiksi saarekekäytön mahdollistavaan sähkövarastoon. Sähkökatkon sattuessa asiakas voi jatkaa sähkönkäyttöään normaalisti. Miten verkkoyhtiön tulisi priorisoida tällaista asiakasta viankorjauksessa?

*Taulukko 5. Uusien sähkönkäyttötapojen vaikutus energiankulutukseen ja asiakkaiden kokemaan haittaan.*

	Vaikutus energiankulutukseen	Vaikutus huipputehoon	Vaikutus asiakkaan kokemaan haittaan
<b>Aurinkopaneelit</b>		—	
<b>Aurinkopaneelit + sähkövarasto</b>			—
<b>Sähköauton lataus</b>			

On selvää, että jakeluverkossa olevan vian tulee lisätä laskennallista keskeytyksestä aiheutuvaa haittaa siitä huolimatta, että asiakas on tehnyt omia toimitusvarmuutta lisääviä toimenpiteitä.

Käytännössä verkkoyhtiöt seuraavat tilannetta muuntajatasolla, johon sisältyy erilaisia sähkökäyttäjiä. Tilanne tasoittuu verkkoyhtiön laskennallisissa keskeytyskustannuksissa. Käytännössä uusien sähkökäyttötapojen vaikutus on sen verran pieni, että ne voidaan yksinkertaisuuden vuoksi jättää huomioimatta keskeytyksestä aiheutuneen haitan laskentamenetelmissä.

## 6.2 Joustot ja niiden hyödyntäminen

Joustojen merkitys kasvaa tulevaisuudessa, sekä kuluttajapäässä että jakeluverkkojen kannalta. Kuluttajat voivat omilla vapaaehtoisilla joustotoimenpiteillään vaikuttaa sähkölaskun suuruuteen. Tässä luvussa tarkastellaan mitä vaikutuksia joustoilla ja sähköhinnalla on keskeytyksestä aiheutuneen haitan laskentaan.

Jakeluverkkojen tulee arvioida erilaisten joustojen hyödyntämistä sähköverkon kehittämissuunnitelmissaan vaihtoehtoina perinteisille investoinneille. Jakeluverkkoon voidaan investoida sähköakustoja tai liikuteltavia generaattoreita, joiden avulla sähkönsyöttöä voidaan jatkaa asiakkaille jakeluyhteyden vikaantumisesta huolimatta. Näin ollen jakeluverkon vika ei välttämättä aiheuta asiakaskeskeytystä. Keskeytyksen aiheuttama haitta ja kesto tuleekin määritellä asiakkaille toteutuneesta sähkökatkosta, ei pelkästä sähköverkon viasta. Toisin sanoen, investoimalla varavoimaan jakeluverkkoyhtiö voi pienentää omaa keskeytyksestä aiheutuvaa haittaansa.

Jakeluverkkojen pullonkaulojen hallinta on tulevaisuudessa entistä tärkeämpää. Jakeluverkkoyhtiö voi hankkia tarvittavia joustoja paikallisten kysyntäjoustopaikkien kautta. Vastaavasti jakeluverkkoyhtiö voi solmia kahdenvälisiä sopimuksia, esimerkiksi vajaan tehon liittymistä, ns. non-firm connections, missä jakeluverkkoyhtiö voi ennalta sovittujen ehtojen toteutuessa rajoittaa liittymän sähkökäyttöä. Mikäli markkinaehtoisesti kysyntäjoustopaikkien kautta tai kahdenvälisen sopimuksen rajoissa jakeluverkkoyhtiö pyytää asiakasta rajoittamaan sähkökäyttöään, tätä ei tule määrittää keskeytyksestä aiheutuneeksi haitaksi, vaikka se koskisi asiakkaan koko kulutusta.

Kuluttajan kannalta olennaista on sähkönhinta ja sen muutokset. Uusiutuvien sähköntuotantotapojen kasvu johtanee sähkönhinnan nykyistä voimakkaampaan vaihteluun. Saman vuorokauden sisällä voi olla suuriakin vaihteluita, kuten on nähty kesällä ja syksyllä 2022. Esimerkiksi maanantaina 8.8.2022 sähkö maksoi aamuyöstä 9,9 c/kWh, ja aamulla yli kymmenen kertaa enemmän (107 c/kWh). Pörssisähkösopimuksen omaavilla asiakkailla on siis suuri taloudellinen kannustin käyttää halpaa sähköä. Sähkökatko väärään aikaan voi aiheuttaa asiakkaalle pakon käyttää sähköä kaikkein kalleimpina tunteina ja siten se tuottaa ylimääräisiä kustannuksia. Pörssisähköasiakkaan kokemaa sähkökatkosta aiheutuva haitta siis voi kasvaa. On huomioitava, että keskeytyksestä aiheutuvan haitan yksikköhinta ei huomioi sähkön muuttuvia kustannuksia. Jakeluverkkoyhtiöt käyttävät keskeytyksestä aiheutuvaa haittaa pääasiassa investointien suunnitteluun ja viankorjauksen priorisointiin, joihin sähkön pörssihinnan muutoksilla ei tulisikaan olla vaikutusta.

### 6.3 Sähköverkkojen toimitusvarmuusinvestoinnit

Tilastojen perusteella nähdään (kuva 1), että jakeluverkkoyhtiöiden tekemät toimitusvarmuusinvestoinnit ovat vähentäneet sähkökatkojen määrää ja myrskyjen vaikutusta. On oletettavaa, että keskeytyksien määrä ja siten verkkoyhtiöiden keskeytyksistä aiheutunut haitta jatkaa vähenemistään, kun investoinnit etenevät.

Laatukannustin itsessään ei kuulu tämän selvityksen piiriin, mutta sidosryhmähaastatteluissa tuli esille mielenkiintoinen nosto. Laatukannustimen vaikutus pienenee vuosi vuodelta, kun referenssitaso pienenee. Yksi haastateltu yhtiö toi esille, että referenssitaso on jo nyt niin pieni, että laatukannustimen kautta ei ole muuta kuin hävittävää. Yksittäisen keskeytyksen vaikutus voi olla hyvinkin merkittävä ja sen jälkeen ei ole kuin keppiä tarjolla loppuvuodeksi. Tässä kohtaa on toki huomattava, että yksittäisen vuoden huono menestys myös nostaa laatukannustimen vertailutasoa tuleville vuosille.

Toimitusvarmuusinvestoinnit vaikuttavat laatukannustimen toimintaan pitkällä aikavälillä, ja sillä voi olla vaikutusta myös keskeytyksestä aiheutuneen haitan yksikköhintaan. Voidaan ajatella, että toimitusvarmuusinvestointien myötä ihmiset tottuvat entistä parempaan sähköverkon luotettavuuteen ja sitä myötä haitan yksikköhinnan tulisi kasvaa.

## 7 Keskeytyksestä aiheutuneen haitan laskeminen

Tässä luvussa esitetään keskeytyksestä aiheutuneen haitan yksikköhintojen uusi laskentamalli. Käytettävä malli perustuu analyttiseen menetelmään ja siinä on pyritty käyttämään mahdollisimman paljon tilastollisia lähtötietoja, jotta yksikköhintojen päivittäminen jatkossa olisi myös helppoa. Mallia käyttämällä on laskettu keskeytyksestä aiheutuvan haitan yksikköhinnat erikseen kotitalouksille, maataloudelle, julkisille ja yksityisille palveluille ja teollisuudelle, sekä kantaverkon osalta myös jakeluverkkoyhtiöille. Laskentaparametreissa on huomioitu sidosryhmähaastattelujen tuloksia.

### 7.1 Yksikköhinnan määrittäminen

Keskeytyksestä aiheutuneen haitan määrittelyssä voidaan käyttää kolmea erilaista lähestymistapaa: asiakaskyselyä, case -tarkastelua tai analyttistä menetelmää.

Asiakaskyselyllä pyritään selvittämään sähkön käyttäjien halukkuutta saada korvausta, jos he hyväksyvät pidempiä sähkökatkoja (willingness to accept, WTA) tai halukkuutta maksaa lyhyemmistä sähkökatkoista (willingness to pay, WTP). WTA ja WTP metodit ovat yleisesti käytettyjä, ja niitä on käytetty myös Suomessa nykyisin käytettävien KAH-arvojen määrittelyssä (Järventausta, 2003). Jos vastaajia saadaan riittävä määrä, voidaan saada hyvinkin luotettava kuva siitä, minkä arvoiseksi sähkön käyttäjät sähkön katkeamisesta aiheutuvan haitan kokevat. Kyselymenetelmän huono puoli on, että se vaatii vastaajia kuvittelemaan hypoteettista tilannetta ja arvioimaan sen rahallista arvoa itselleen. Tämä johtaa esimerkiksi siihen, että WTP on lähellä nollaa, eli asiakkaat eivät ole valmiita maksamaan paremmasta toimitusvarmuudesta. Halukkuus saada korvausta (WTA) taas on kyselyissä korkeampi kuin muilla menetelmillä määritetty keskeytyksestä aiheutuva haitta.

Case-tarkastelussa selvitetään sähkökatkon aiheuttamia todellisia kustannuksia keräämällä aineistoa laajan sähkökatkon jälkeen. Tämä menetelmä on tarkka, mutta vaatii paljon tutkittavaa dataa (jota ei ole yleensä saatavilla) ja hyvin rajatun alueen.

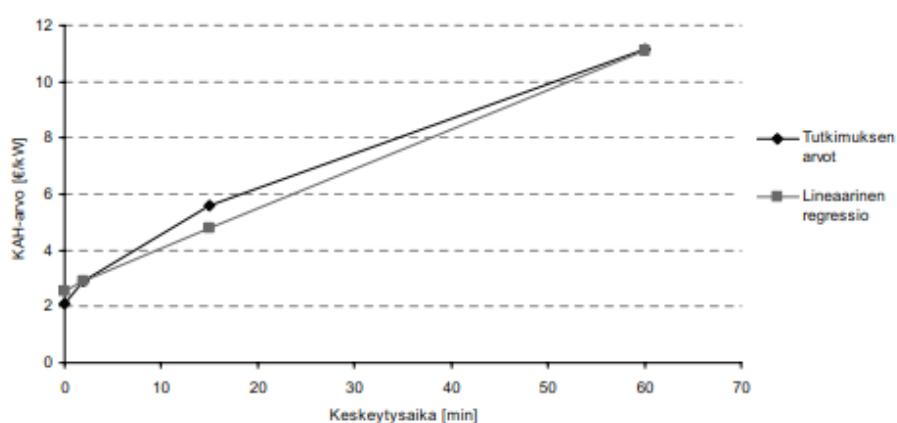
Analyttisessä menetelmässä keskeytyksestä aiheutuneet haitat arvioidaan laskemalla suora taloudellinen menetys toimittamatta jäänyttä energiayksikköä kohden. Menetelmän tarkkuutta voidaan parantaa tarkentamalla tutkittavia asiakasryhmiä ja lisäämällä tai poistamalla mallista erilaisia tekijöitä. Menetelmä ei ota huomioon keskeytyksestä aiheutuneita epäsuoria vaikutuksia, kuten sähkön katkeamisen aiheuttamia laiterikkoja.

Tällä hetkellä käytössä olevat jakeluverkkoyhtiöille sovellettavat yksikköhinnat on määritetty asiakaskyselymenetelmää käyttäen. Asiakkaita pyydettiin arvottamaan eri pituisia sähkökatkoja, jonka jälkeen tulokset normeerattiin eri asiakasryhmien keskiteholla ja sovitettiin laskentayhtälöön lineaarisella regressiolla. Kantaverkolle sovellettavat yksikköhinnat on määritetty asiakaskyselymenetelmällä, pois lukien liikenne, joka on määritetty analyttisellä menetelmällä. Nykyisin käytettävät yksikköhinnat perustuvat siis pääosin asiakkaiden ilmoittamaan euromääräiseen arvioon haitan suuruudesta. (Järventausta, 2003), (Mäkinen, 2009)

Tämän selvityksen tarkoituksena on määritellä uudet keskeytyksestä aiheutuneen haitan yksikköhinnat viimeisintä tutkimustietoa käyttäen ja analyttistä menetelmää soveltaen. Eri asiakasryhmien energian käyttö ja keskitehot ovat tiedossa, joten mallinnuksen keskeinen kysymys liittyy keskeytyshaitan euromääräiseen arvottamiseen eri pituisille ajanjaksoille. Euromääräinen haitta määritetään tilastollisia menetelmiä käyttäen.

## 7.2 Keskeytyshaitan laskenta jakeluverkoille

Nykyiset yksikköhinnat on määritelty vuosina 2005–2007 tehdyissä tutkimuksissa. Ensin todettiin, että haitan kustannus muodostuu parametreista A (€/kW) ja B (€/kWh). Nämä parametrit määriteltiin käyttäen vuoden 1993 kyselytutkimusta, jossa selvitettiin asiakkaiden kokema haittaa eri pituisille sähkökatkoille. Tutkimusten tuloksista saatiin lineaarista regressiota käyttäen määriteltyä suoran yhtälö, jossa suoran leikkauspiste y-akselin kanssa vastaa parametria A ja parametri B saadaan määriteltyä yhtälön kulmakertoimena, kun y-akselin yksikkönä on teho (€/kW) ja x-akselina aika (Järventausta, 2003). Kuvassa 6 on esitetty lineaarisella regressiolla määritelty kuvaaja.



Kuva 6: Vikakeskeytyksen KAH-arvojen määrittely teollisuuskulutukselle lineaarisen regression avulla (Järventausta, 2003).

Uudella, vuonna 2005 tehdyllä kyselytutkimuksella päivitettiin regressiossa käytettäviä arvoja (Silvast, 2005) ja seuraavan vuoden tutkimuksessa em. arvoista muodostettiin lineaarisen regression avulla uudet parametrit A ja B arvoille (Honkapuro, 2006). Lopulliset yksikköhinnat määriteltiin, kun edellä mainitut parametrit tarkennettiin siten, että huomioitiin mahdollisimman tarkasti sekä eri asiakasryhmien sähkön käytön jakautuminen että keskeytysten kohdistuminen verkon eri osiin (Honkapuro, 2007).

Tässä selvityksessä uudet yksikköhinnat määritellään tilastollisella menetelmällä, käyttäen mallia, jossa menetetty vapaa-ajan tai työn arvo lasketaan suhteessa käyttämättä jääneen energian määrään (CEPA, 2018), (Shivakumar, 2017). Tätä menetelmää käyttäen saadaan laskettua parametri B (€/kWh]. Menetelmä antaa lineaarisen yhtälön, jossa y-akselin leikkauspiste ja parametri A on nolla. Parametri A tulee määritellä muilla tavoin, tässä tapauksessa arvioimalla tietyn pituisen keskeytyksen haitan suuruutta. Luvuissa 7.2.1 ja 7.2.2 lasketaan parametri B kotitalouksille ja muille käyttäjäryhmille käyttäen CEPA:n ja Shivakumarin ehdottamaa mallia sekä lasketaan parametri A.

### 7.2.1 Kotitaloudet

Kotitalouksien keskeytyksestä aiheutunut haitta arvioidaan menetety vapaa-ajan kautta. Vapaa-ajan arvo on rahallinen korvaus, jonka henkilön voidaan olettaa saavan siitä, että hän vaihtaa yhden tunnin vapaa-ajastaan esimerkiksi työtä vastaan. Työssäkäyvillä henkilöillä tämä arvo on samansuuruinen kuin heidän tuntipalkkansa, muiden osalta palkka määriteltiin taulukon 6 mukaisesti.

Taulukko 6: Vapaa-ajan kustannukseen vaikuttavan palkan laskennan oletukset.

	Yksikkö	Määrä	Lähde:
Työssä käyvät henkilöt	hlöä	2 284 673	(Tilastokeskus, 2020)
Muut henkilöt	hlöä	3 249 120	(Tilastokeskus, 2020)
Palkka	€/kk	3 715	(Tilastokeskus, 2021)
Eläke	€/kk	1 748	(Eläketurvakeskus, 2020)
Keskimääräinen tuntipalkka	€/h	16,13	Laskettu työssäkäyvien ja muiden palkan keskiarvosta.

Koska puolet ei-työllisistä olivat eläkeläisiä, laskennassa päädyttiin käyttämään kaikkien ei-työllisten vapaa-ajan arvona keskimääräistä eläkettä. Näin saatiin arvioitua vapaa-ajan arvo myös muille ei-työllisille, joihin kuuluvat lapset, koululaiset ja opiskelijat. Vapaa ajan arvon tuntihinta saadaan, kun keskimääräinen kuukausipalkka jaetaan kuukausittaisella työajalla (160 tuntia).

Vapaa-ajan kustannukseen vaikuttaa tuntihinnan lisäksi vapaa-ajan määrä ja korvattavuuskerroin. Vapaa-ajan määrä kuvaa, kuinka monta tuntia keskimääräisellä henkilöllä on käytössä vapaa-aikaa. Korvattavuuskerroin kertoo, kuinka iso osuus vapaa-ajan aktiviteeteistä olisi korvattavissa sellaisella tekemisellä, joka ei vaadi sähköä. Korvattavuuskerroin on alle yksi ja mitä suurempi se on, sitä hankalampaa on korvata sähköä vaativia aktiviteetteja muilla. CEPA:n tekemän kyselytutkimuksen mukaan, Pohjois-Euroopassa korvattavuuskerroin on arvioitu isommaksi kuin Euroopassa keskimäärin. Tämän todettiin olevan linjassa sen kanssa, että Pohjois-Euroopassa sää on kylmempää ja päivän pimeä aika on pitempi (CEPA, 2018).

Vapaa-ajan määrä ja korvattavuuskerroin on laskettu käyttäen Tilastokeskuksen tilastoja. Tilastokeskus on tutkinut suomalaisten vapaa-ajan käyttöä vuosina 2009–2010. Tilaston mukaan kotona vietettävän vapaa-ajan osuus on 7 tuntia 50 minuuttia (7,83 tuntia) per vuorokausi (Tilastokeskus, 2010).

Korvattavuuskerroin laskettiin edellä mainittua vapaa-ajan tilastoa käyttäen siten, että tilastosta eroteltiin sellaiset vapaa-ajan aktiviteetit, jotka vaativat sähköä (esimerkiksi pyykin pesu, ruoanlaitto ja television katsominen). Näiden sähköä vaativien aktiviteettien määrää verrattiin koko kotona vietettävän ajan määrään ja saatiin mallissa käytettäväksi korvattavuuskertoimeksi 0,75:

$$\text{Korvattavuuskerroin} = \frac{5 \text{ t } 54 \text{ min}}{7 \text{ t } 50 \text{ min}} = 0,75$$

Keskeytyksen pituudesta riippuva hinta, parametri B (€/kWh) on laskettu jakamalla kaikkien henkilöiden yhteenlaskettu vapaa-ajan kustannus kotitalouksien vuoden energian kulutuksella:

$$KAH \left[ \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right] = \frac{\text{Vapaa - ajan arvo} \left[ \frac{\text{€}}{\text{h}} \right] * \text{Vapaa - ajan määrä} [\text{h}] * \text{korvattavuuskerroin}}{\text{Sähkönkulutus} [\text{kWh}]}$$

$$= \frac{16,13 \frac{\text{€}}{\text{h}} * 7,83 \text{h} * 5533793 \text{henkilöä} * 0,75}{22000000000 \text{kWh}} = 8,80 \text{ €/kWh}$$

Parametri A määritellään laskemalla arvo tietyn pituiselle keskeytykselle käyttäen parametrin B laskentayhtälöä. Tässä selvityksessä parametrin A määrittelyssä

käytetyn keskeytyksen pituudeksi on valittu kolme minuuttia. Kolmea minuuttia on käytetty rajana mm. Ruotsissa ja Isossa-Britanniassa. Näissä maissa keskeytyksestä aiheutuneen haitan laskenta alkaa kolmesta minuutista, kuten luvussa 4 ylempänä on kuvattu. Vastaavasti myös Energiategollisuus (Energiategollisuus, 2014) määrittelee Sähkötoimituksen laatu- ja toimitustapavirheen sovellusohjeessa lyhyen keskeytyksen pituudeksi alle kolme minuuttia ja pitkän yli kolme minuuttia. Sovellusohjeessa määritellään pikajälleenkytkennän pituudeksi n. 0,5 sekuntia ja aikajälleenkytkennän kestoksi 1–3 minuuttia. Aikajälleenkytkennän, eli kolmen minuutin jälkeen keskeytys luokitellaan pitkäksi eli pysyväksi. Keskeytyksestä aiheutuneen haitan laskennassa jälleenkytkennöillä ja pysyvillä keskeytyksillä on omat yksikköhintansa.

Tällöin parametri A:n arvoksi saadaan:

$$KAH \left[ \frac{\text{€}}{\text{kW}} \right] = KAH \left[ \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right] * \frac{3}{60} h = 0,43 \frac{\text{€}}{\text{kW}}$$

On huomioitava, että parametrin A ja B laskennassa ei huomioida kotitalouksien lämmitysmuotoa, vaan oletetaan keskimääräisen haitan kokemuksen olevan sama, riippumatta siitä asuuko henkilö sähköllä, öljyllä vai kaukolämmöllä lämmitettävässä talossa. Oletuksena on, että muutaman tunnin sähkökatkoissa, sähkölämmitteisetkään taloudet eivät ehdi merkittävästi jäähtyä. Muut haitan kokemukseen vaikuttavat seikat, kuten esimerkiksi valaistus ja sähkölaitteiden käyttömahdollisuus, koskevat kaikkia talouksia lämmitysmuodosta riippumatta.

### 7.2.2 Maatalous, palvelut ja julkinen sektori ja teollisuus

Muille kuin kotitalouksille, menetetty työaika arvotetaan käyttäen tuotannon bruttoarvoa. Tuotannon bruttoarvo mittaa toimipaikan tosiasiallista tuotantoa. Tuotantotoimintaan lasketaan mukaan kaikki tuotantoon liittyvät tuotot, myös valmistus omaan käyttöön ja valmistus, joka toimitetaan yrityksen muille toimipaikoille. Yritysten toimipaikkojen tuotannon bruttoarvo saadaan Tilastokeskuksen tilastosta (Tilastokeskus, 2020). Julkisyhteisöjen osalta bruttoarvo on arvioitu laskemalla alan bruttoarvo per henkilötyövuosi ja kertomalla saatu luku julkisyhteisön saman alan henkilötyövuosilla.

Keskeytyksestä aiheutuneen haitan parametri B lasketaan kunkin sektorin tuotannon bruttoarvon ja sähkön kulutuksen suhteena:

$$KAH \left[ \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right] = \frac{\text{Koko sektorin yhteen laskettu tuotannon bruttoarvo} [\text{€}]}{\text{Sektorin sähkönkulutus} [\text{kWh}]}$$

Parametri A lasketaan kullekin asiakasryhmälle laskemalla kolmen minuutin pituisen keskeytyksen arvo, samoin perustein kuin kotitalouksille kappaleessa 7.2.1. Taulukko 7 on esitetty laskennan tulokset:

Taulukko 7: Eri asiakasryhmien keskeytyksestä aiheutuneen haitan yksikköhinnat.

Sektori	Tuotannon bruttoarvo, MEUR	Sähkön kulutus, GWh	Parametri A, €/kW	Parametri B, €/kWh
<b>Maatalous</b>	2 665	1 441	0,10	1,95
<b>Palvelut ja julkinen sektori</b>	156 576	17 908	0,58	11,51

<b>Teollisuus ja rakentaminen</b>	158 822	37 331	0,74	14,85
-----------------------------------	---------	--------	------	-------

### 7.2.3 Mallin tulosten tarkentaminen

Edellä lasketut parametrit A ja B on määritelty perustuen tilastoihin ja niitä on tarkennettu sidosryhmähaastatteluilla.

Kotitalouksien osalta vapaa-ajan käsite herätti haastatteluissa aiheellista keskustelua, koska viimeaikainen etätöiden lisääntyminen on siirtänyt ison osan töistä kotiin. Tämä huomioidaan sekä laskennassa käytetyn ajan määrässä, että korvattavuuskertoimessa, sillä etätö vaatii sähkölaitteiden käyttöä, jotka ovat hankalasti korvattavissa.

Vapaa-ajan määrään lisätään myös kotona tehtävän työn määrä. Tilastokeskuksen mukaan, vuonna 2010 suomalaiset tekivät keskimäärin 2,14 tuntia työtä päivässä, huomioiden työssä käyvät ja ei-työssä käyvät sekä lomat ja viikonloput (Tilastokeskus, 2010). Jos oletetaan, että puolet tästä työstä on siirtynyt kotiin, niin kotitalouksien parametri B:n määrittelyssä käytettävään vapaa-ajan osuuteen tulee lisätä yksi tunti. Uusi vapaa-ajan osuus on 8,83 tuntia.

Toinen kotitalouksien haitan arvioimiseen liittyvä keskustelua herättänyt kerroin haastatteluissa oli korvattavuuskerroin. Keskustelua käytiin siitä, onko sähkön rooli kasvanut ja siten myös korvattavuuskertoimen tulisi olla korkeampi. Kuten ylempänä todettiin, korvattavuuskerroin laskettiin jo nykyisellään niin, että siinä huomioitiin kaikki aktiviteetit, jotka vaativat sähköä. Kun kertoimessa huomioidaan lisäksi edellä mainittu yhden tunnin työajan lisäys, kerroin kasvaa hieman, 0,75:stä 0,78:aan. On hyvä myös tiedostaa, että esimerkiksi CEPA on mallissaan päätyntä huomattavasti pienempään korvattavuuskertoimeen, 0,63 pohjoisen valtioille.

Pk -yritysten ja palvelujen osalta haastatteluissa nousi aiheellisesti esille huoli siitä, että lyhytkin sähkökatko voi saada tuotannon laitteet pysähdyksiin useammaksi tunniksi. Tämä koski sekä osaa valmistavaa teollisuutta, että esimerkiksi vedenpuhdistukseen liittyviä palveluita. Näiden palveluiden kokema haitta on huomioitu arvioimalla ne toimipaikat, joita lyhyen sähkökatkon aiheuttama pidempi tuotannon menetys koskee ja vertaamalla niiden määrää kaikkien asiakasryhmän toimipaikkojen määrään. Selvityksessä oletettiin lyhyen sähkökatkon aiheuttamaksi tuotannon menetykseksi kaksi tuntia. Palveluilla ja julkisella sektorilla tällaisten toimipaikkojen määrä on noin 2 %, teollisuudella noin 7 % ja nämä huomioitiin parametrin A laskennassa.

Taulukossa 8 on esitetty uudet asiakasryhmäkohtaiset yksikköhinnat, kun edellä mainitut muutokset on otettu huomioon.

Taulukko 8: Tarkennetut yksikköhinnat.

Asiakasryhmä	Tehty muutos	Uusi parametri A, €/kW	Uusi parametri B, €/kWh
<b>Kotitaloudet</b>	Vapaa-aika +1 h Korvattavuuskerroin +0,02	0,51	10,203
<b>Maatalous</b>	Ei muutoksia	-	-
<b>Palvelut ja julkinen sektori</b>	2% toimipaikoista yhden keskeytyksen arvo 2 h keskeytyksenä	1,12	11,51



<b>Teollisuus</b>	7% toimipaikoista yhden keskeytyksen arvo 2 h keskeytyksenä	2,67	14,85
-------------------	---	------	-------

#### 7.2.4 Sähkönkulutuksella painotettu yksikköhinta

Asiakaskohtaisista yksikköhinnoista on parametreille A ja B laskettu yhteinen energiapainotettu hinta. Yhtä yksikköhintaa asiakasryhmäkohtaisten yksikköhintojen sijasta on sidosryhmähaastatteluissa pidetty hyvänä ratkaisuna mallin yksinkertaisuuden vuoksi. Taulukossa 9 on esitetty tarkennetuista asiakaskohtaisista yksikköhinnoista sähkönkulutuksella painotetut yksikköhinnat keskeytyksestä aiheutuvalle haitalle.

Taulukko 9: Energiapainotetut yksikköhinnat.

	Osuudet sähkön kulutuksesta:	Parametri A, €/kW	Parametri B, €/kWh
Kotitaloudet	45 %	0,23	4,59
Maatalous	3 %	0,00	0,06
Palvelut ja julkinen sektori	37 %	0,41	4,22
Teollisuus, pl. Suurteollisuus	15 %	0,41	2,29
<b>Yhteensä</b>		<b>1,05</b>	<b>11,16</b>

#### 7.2.5 Suunniteltu keskeytys

Suunnitellun keskeytyksen osalta käytetään CEPA:n määrittelemää kerrointa, 0,55 (CEPA, 2018), jolla kerrotaan parametrit A ja B. Tämä kerroin on myös lähellä nykyistä suunniteltujen ja vikakeskeytyksien yksikköhintojen suhdetta (0,62).

Suunniteltujen keskeytysten osalta erityisesti jakeluverkkoyhtiöt olivat haastatteluissa sitä mieltä, että suurjännitteisen jakeluverkon keskeytysten kustannus on liian iso nykyisillä yksikköhinnoilla. Kustannusta voidaan pienentää määrittelemällä kerroin suunnitellun keskeytyksen yksikköhinnalle, jota käytettäisiin suurjännitteisen jakeluverkon suunniteltujen keskeytysten kustannusten laskennassa. Kertoimen tulisi olla alle yksi ja se kuvastaisi asiakkaan kokeman haitan pienenemistä, kun keskeytykset suunnitellaan ja aikataulutetaan yhdessä verkkoyhtiön ja asiakkaan kanssa. Toinen tapa on jättää pois suunniteltujen keskeytysten laskennasta sellaiset keskeytykset, joissa ei tosiasiallisesti aiheutu haittaa jakeluverkon asiakkaalle.

#### 7.2.6 Aikajälleenkytkentä ja pikajälleenkytkentä

Aikajälleenkytkennän yksikköhinta on nykyisessä mallissa määritelty samansuuruiseksi kuin odottamattoman keskeytyksen yksikköhinta €/kW. Energiateollisuus on Sähköntoimituksen laatu- ja toimitustapavirheen sovellusohjeessaan (Energiateollisuus, 2014) kuvannut pika- ja aikajälleenkytkentöjen muodostumisen tapahtumaketjua ja syitä. Ohjeessa todetaan, että aikajälleenkytkentä kestää 1–3 minuuttia. Pikajälleenkytkennän yksikköhinna on nykyisessä mallissa määritelty puolet aikajälleenkytkennän arvosta. Haastatteluissa ei tullut ilmi sellaisia seikkoja, joiden takia aikajälleenkytkennän tai pikajälleenkytkennän yksikköhintaa tai painoarvoa olisi syytä muuttaa. Niiden vaikuttavuus koettiin nykyisellään hyvänä.

Näin ollen aikajälleenkytkennän yksikköhintana voidaan käyttää odottamattoman keskeytyksen yksikköhintaa 1,05 €/kW ja pikajälleenkytkennän yksikköhintana puolta edellisestä, 0,53 €/kW.

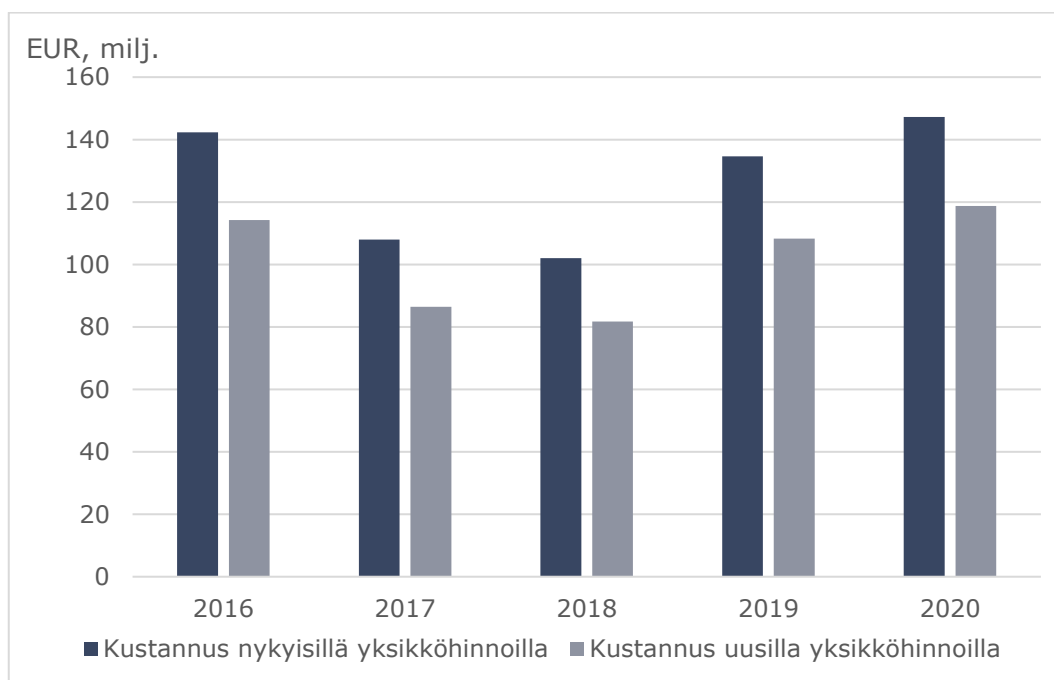
### 7.2.7 Jakeluverkon uudet yksikköhinnat

Tämän selvityksen perusteella lasketut jakeluverkon uudet keskeytyksen yksikköhinnat on esitelty taulukossa 10. Hinnat ovat vuoden 2021 rahanarvossa.

Taulukko 10. Uudet jakeluverkkoyhtiöiden yksikköhinnat keskeytyksestä aiheutuvalle haitalle.

Odottamaton keskeytys		Suunniteltu keskeytys		Aikajälleenkäytä	Pikajälleenkäytä
€/ kWh	€/ kW	€/ kWh	€/ kW	€/ kW	€/ kW
11,16	1,05	6,14	0,58	1,05	0,53

Kuvassa 7 on esitetty keskeytyksestä aiheutuvan haitan kustannukset vuosille 2016–2020 nykyisillä ja ehdotetuilla uusilla yksikköhinnoilla laskettuina. Nykyisissä ja uusissa kustannuksissa on huomioitu rahanarvon muuttuminen, eli jokaisen vuoden yksikköhinnat suhteutuvat sen vuoden rahanarvoon.



Kuva 7: Keskeytyksestä aiheutunut haitta vuosina 2016–2020 laskettuna nykyisin käytössä olevilla yksikköhinnoilla sekä ehdotetuilla uusilla yksikköhinnoilla.

Nykyisillä yksikköhinnoilla laskettuna keskeytyksestä aiheutuneen haitan kokonaiskustannus on ollut 634 miljoonaa euroa vuosina 2016–2020. Ehdotetuilla uusilla yksikköhinnoilla laskettuna kokonaiskustannus olisi samalla aikavälillä 516 miljoonaa euroa. Näin ollen ehdotettujen uusien yksikköhintojen myötä jakeluverkkoyhtiöiden keskeytyksestä aiheutunut haitta laskisi 19 %.

## 7.3 Keskeytyshaitan laskenta kantaverkolle

Kantaverkon keskeytyksistä aiheutuneen haitan yksikköhinnat on laskettu erikseen kuudelle asiakasryhmälle: kaivosteollisuus, paperiteollisuus, kemian teollisuus, metalliteollisuus, liikenne ja jakeluverkot. Näistä teollisuusryhmien ja jakeluverkkojen yksikköhintojen määrittely on tehty aiemmin kyselytutkimuksella ja liikenteen yksikköhintojen määrittely tilastollista menetelmää käyttäen (Mäkinen, 2009). Tässä selvityksessä teollisuusryhmille uusien yksikköhintojen laskentaan käytetään

tuotannon bruttoarvoa vuosienenergialla painotettuna samoin kuin jakeluverkkojenkin yksikköhinnan laskennassa. Liikenteen osalta käytetään samaa tilastollista menetelmää kuin vuoden 2009 selvityksessä. Jakeluverkkojen osalta taas käytetään samaa laskentamenetelmää kuin vuoden 2009 selvityksessä, mutta lähtöarvoina käytetään edellä luvussa 7.2 määriteltyjä jakeluverkon yksikköhintoja ja tarkasteltavana joukkona kaikkien jakeluverkkoyhtiöiden sähkönkulutusta.

Kantaverkon osalta on huomioitava, että kantaverkon keskeytyksestä aiheutuvan haitan laskennasta ei ole ollut saatavilla samanlaista historiallista tietoa, kuin jakeluverkon osalta. Näin ollen, laskennan tarkistaminen esim. eri keskeytysluokkien tai asiakasryhmien painoarvojen osalta ei ole ollut tämän selvityksen puitteissa mahdollista.

### 7.3.1 Teollisuusryhmien yksikköhinnat

Kantaverkon teollisuusasiakkaiden erityispiirre on, että lyhytkin keskeytys sähkön jakelussa johtaa pahimmillaan useiden tuntien tuotannon pysähtymiseen. Toisin sanoen, tuotannon palautuminen täyteen tehoon kestää pidempään kuin varsinainen sähkökatko. Tämä on havaittu sekä edellisessä yksikköhintojen selvityksessä (Mäkinen, 2009), että tähän selvitykseen tehdyissä haastatteluissa.

Sähkön kulutuksesta riippuva parametri B lasketaan kantaverkon teollisuusasiakkaille samalla tavalla kuin jakeluverkon teollisuusasiakasryhmälle luvussa 7.2.2, jakamalla tuotannon bruttoarvo vuosittaisella sähkönkulutuksella. Keskeytyksestä aiheutuneen haitan arvottamisessa sähkön kulutuksesta riippuva parametri B, €/kWh, ei kuvaa keskeytyksen haittaa tarkasti. Tuotannon pitkää palautusaikaa onkin pyritty huomiomaan laskemalla tehosta riippuva parametri A, €/kW, riittävän pitkälle ajanjaksolle.

Tuotannon palautumisen aika on kantaverkon yksikköhintojen laskennassa isoin epävarmuustekijä. Tämä johtuu siitä, että samankin teollisuusalan eri laitoksilla on käytössä hyvin monenlaisia prosesseja, jotka käyttäytyvät eri tavalla sähkökatkon sattuessa. Esimerkiksi tähän selvitykseen tehdyissä haastatteluissa saman alan laitoksista osa palautui tuotantoon nopeasti kun sähkökatko loppuu ja osalla palautuminen kesti arviolta 12–24 tuntia. Selvityksen haastattelijain tuloksia on pyritty tarkentamaan vertaamalla niitä edellisen yksikköhintaselvityksen aineistoon (Mäkinen, 2009).

Toinen epävarmuustekijä on, mihin osaan asiakkaan prosesseja sähkökatko vaikuttaa. Esimerkiksi, kahdella haastatellulla metalliteollisuuden toimijalla tehdasalueen sähkön syöttö hoidetaan kahdella toisistaan riippumattomalla sähkölinjalla, jotka syöttävät myös tehtaan sisäisessä verkossa prosessin eri osia. Näin ollen, sähkökatko yhdellä syötöllä ei vielä aiheuta koko tuotannon pysähtymistä. Osalla toimijoita on myös varavoima tai omaa sähkön tuotantoa, jotka kytkeytyvät päälle sähkön syötön katketessa. Tämä huomioidaan laskennassa käytettävän tuotannon bruttoarvon määrän arvioinnissa käyttämällä kerrointa, joka on pienempi kuin yksi. Kerroin perustuu sekä tämän selvityksen haastatteluihin, että edellisen selvityksen aineistoon (Mäkinen, 2009).

Tehosta riippuva parametri A on laskettu kertomalla sähkön kulutuksesta riippuva parametri B tuotannon palautumisen arvioidulla ajalla. Lähtöarvot ja laskennan tulokset on esitetty alla taulukossa 11.

Taulukko 11: Kantaverkon teollisuusasiakkaiden yksikköhinnat.

	Tuotannon bruttoarvo, M€	Sähkön kulutus, GWh	Kerroin brutto- arvolle	Tuotannon palautumis- aika, h	Para- metri A €/kW	Para- metri B €/kWh
Kaivannaistoiminta	2 498	1 526	-	-	-	1,64
Paperiteollisuus	12 791	15 489	0,3	12	2,97	0,25
Kemianteollisuus	13 658	5 784	1	0,25–3	0,59– 7,08	2,36
Metalliteollisuus	18 839	7 173	0,5	0,25–24	0,33– 31,52	1,31

Edellä lasketut yksikköhinnat vaihtelevat paljon riippuen siitä, minkälainen tuotannon palautumisaika niille valitaan. Kaivannaistoiminnasta ei saatu riittävän yksiselitteistä vastausta tähän selvitykseen, eikä sitä ole myöskään käsitelty edellisessä yksikköhintojen laskennassa.

Haastatellut kantaverkon asiantuntijat korostivat, että KAH-kustannukset ovat yksi oleellinen tekijä investointien suunnittelussa ja yksikköhintojen taso vaikuttaa investointien suunnitteluun niin, että teknistaloudellinen optimi saavutetaan. Liian isot yksikköhinnat saattavat johtaa yli-investointeihin, joiden kustannuksen maksavat lopulta kaikki verkon käyttäjät. Kantaverkon asiantuntijat pitivät nykyistä yksikköhintojen tasoa sopivana. Myös kantaverkkojen teolliset asiakkaat pääosin kokivat, että kantaverkkohaltija investoi verkkoon riittävällä tasolla. Tätä tukivat myös haastateltujen havainnot sähkökatkoista, joita on ollut vain harvakseltaan, keskimäärin alle yksi vuodessa. Johtopäätöksenä keskusteluista voidaan todeta, että yksikköhintojen isoille muutoksille ei ole tarvetta.

Kantaverkolle määritellään yksikköhinnat myös hyvin lyhyelle noin 1 s katkelle. Haastattelujen ja edellisen selvityksen mukaan, tällainen katko aiheuttaa koko prosessin alasajoa suurimmassa osassa paperiteollisuutta ja metalliteollisuutta. Tämä on huomioitu yksikköhintojen laskennassa niin, että lyhyen katkon yksikköhinta (€/kW) on arvioitu samalle tasolle kuin pitkän. Tämä on tehty muille teollisuuden aloille, kuin kemialle. Kemian osalta on arvioitu haastattelujen perusteella, että lyhyestä katkosta palautuminen kestää noin puoli tuntia.

Taulukossa 12 esitetty yhteenveto lasketuista uusista yksikköhinnoista kantaverkolle. Näiden osalta tulee huomioida, että kaivannaisteollisuuden osalta tämän selvityksen puitteissa on tehty vain yksi haastattelu. Edellisessä selvityksessä kaivannaisteollisuutta ei tutkittu lainkaan (Mäkinen, 2009).

Taulukko 12: Uudet yksikköhinnat kantaverkon teollisuusasiakasryhmille.

	Parametrin A laskentaan valittu palautumisajan pituus	Parametri A €/kW	Parametri A €/kW, 1s keskeytys	Parametri B €/kWh
Kaivannaistoiminta	0,5 h	0,82	0,82	1,64

Paperiteollisuus	12 h	2,97	2,97	0,25
Kemianteollisuus	0,5 h	1,18	1,18	2,36
Metalliteollisuus	2 h	2,63	0,5	1,31

### 7.3.2 Liikenteen yksikköhinnat

Liikenteestä vain junaliikenne on liittynyt kantaverkkoon, joten seuraavassa laskennassa ei huomioida muuta sähköistä liikennettä, kuten sähköbussuja tai raitiovaunuja. Liikenteen yksikköhinnat on edellisessä selvityksessä määritelty tilastollisin menetelmin arvioimalla, millainen euromääräinen haitta aiheutuu liikenteen pysähtymisestä sähkön katkeamisen takia, samaa menetelmää käytetään tässäkin selvityksessä. Yksikköhinnat päivitetään vastaamaan vuoden 2019 tasoa, koska sinä vuonna matkustajaliikennemääriin ei vaikuttanut globaali pandemia.

Yksikköhinnat laskettiin arvioimalla henkilö- ja tavarajunien osalta yhden tunnin pysäytyksestä aiheutuvaa kustannusta suhteessa junan käyttämään sähköenergiaan. Taulukossa 13 on esitetty liikenteen yksikköhintojen laskennassa käytetyt arvot henkilö- ja tavaraliikenteelle.

Taulukko 13: Liikenteen yksikköhintojen laskennan parametrit.

Laskentaparametri	Yksikkö	Arvo	Lähde
Henkilöliikenteen sähkön kulutus	GWh	479	(Tilastokeskus, Junaliikenteen energian kulutus, 2021)
Henkilöliikenteen tuntihinta	€/h	16,13	
Henkilöliikenteen junavuorot	kpl / päivä	1016	(VR, 2022)
Henkilöliikenteen matkojen määrä	kpl	92 801 000	(Väylävirasto, 2022)
<b>Henkilöliikenteen KAH</b>	€/kWh	3,12	
Tavaraliikenteen sähkön kulutus	GWh	192	(Tilastokeskus, Junaliikenteen energian kulutus, 2021)
Tavaraliikenteen tuntihinta	€/h	180	(Väylävirasto, Ratahankkeiden arviointiohje, 2022)
Tavaraliikenteen junavuorot	kpl / päivä	500	(Mäkinen, 2009)
<b>Tavaraliikenteen KAH</b>	€/kWh	0,15	

Liikenteessä, lyhyt katko ei sähkötekniisesti aiheuta junan pysähtymistä, mutta turvallisuussyistä juna kuitenkin pysäytetään myös aikajälleenkytkennän jälkeen. Junan pysäyttämiseen ja kiihdyttämiseen käytetty aika arvioidaan olevan noin 5 minuuttia. Tätä arvoa käytetään myös keskeytyksen yksikköhinnan ja lyhyen katkon yksikköhinnan määrittämiseen (Mäkinen, 2009). Tässä selvityksessä oletetaan, että junaliikenteen sähkötekniiset vaatimukset eivät ole oleellisesti muuttuneet vuodesta 2009, joten on perusteltua käyttää saman pituista keskeytysaikaa. Lopuksi liikenteen yksikköhinta lasketaan yhteen energiapainotetuista henkilö- ja tavarajunaliikenteen hinnoista.

Taulukko 14: Liikenteen keskeytyksestä aiheutuneen haitan yksikköhinnat.

	Odottamaton yli 1s keskeytys		Odottamaton alle 1s keskeytys (PJK)
	€/kW	€/kWh	€/kW
Henkilöliikenne	0,26	3,12	0,26
Tavaraliikenne	0,01	0,15	0,01
<b>Liikenne KAH</b>	0,19	2,27	0,19
Henkilöliikenne – 79 %			
Tavaraliikenne – 21 %			

### 7.3.3 Jakeluverkon kokema haitta

Häiriö kantaverkossa aiheuttaa usein laajan keskeytyksen jakeluverkkojen toiminnassa. Jakeluverkkohaltijoille keskeytyksestä aiheutuvaan haittaan huomioidaan suorat keskeytyksestä aiheutuvat kustannukset. Nämä on määritelty luvussa 7.2.7 jakeluverkon keskeytysten yksikköhintoina.

### 7.3.4 Kantaverkon uudet yksikköhinnat

Yhteenveto ehdotuksesta uusiksi kantaverkon yksikköhinnoiksi on esitetty taulukossa 15.

Taulukko 15: Yhteenveto kantaverkon uusista yksikköhinnoista.

Asiakkaan kulutuslaji	Odottamaton yli 1s keskeytys		Odottamaton alle 1s keskeytys (PJK)
	€/kW	€/kWh	€/kW
Kaivannaistoiminta	0,82	1,64	0,82
Paperiteollisuus	2,97	0,25	2,97
Kemianteollisuus	1,18	2,36	1,18
Metalliteollisuus	2,63	1,31	0,5
Liikenne	0,19	2,27	0,19
Jakeluverkot, kaupunki	1,05	11,16	0,53
Jakeluverkot, maaseutu	1,05	11,16	0,53

## 7.4 Yhteenveto

Kappaleessa 7 on määritelty uudet yksikköhinnat keskeytyksen aiheuttamalle haitalle jakeluverkossa ja kantaverkossa tilastollista menetelmää käyttäen. Tarkoituksena on ollut kehittää malli, jota käyttäen yksikköhintoja voidaan tarvittaessa päivittää helposti tulevaisuudessa.

Jakeluverkon yksikköhintojen laskenta perustuu julkisiin tietoihin, joita päivitetään mm. Tilastokeskuksen toimesta säännöllisin väliajoin. Jakeluverkon osalta tilastolliseen menetelmään perustuva laskenta johtaa keskimäärin keskeytyksestä aiheutuneen haitan kustannusten pienenemiseen 19 prosentilla. Laskelma perustuu vuosien 2016–2020 historiatietoihin siitä, mikä olisi ollut kustannus ehdotetuilla uusilla yksikköhinnoilla verrattuna nykyisin käytettäviin yksikköhintoihin. Jakeluverkon keskeytyksestä aiheutuneen haitan yksikköhintojen lasku johtuu erilaisesta menetelmästä kuin aikaisemmin yksikköhintoja määrittäessä on käytetty. Jakeluverkon osalta tilastollisen menetelmän käyttö toimii suuren asiakasmäärän takia ja myös suhteellisen helpon päivitettävyyden takia.

Kantaverkon teollisuusasiakkaiden osalta malli perustuu tilastotiedon lisäksi suurelta osin havaintoihin, joita on tehty haastattelemalla kantaverkon asiakkaita ja varmennettu edellisen tutkimuksen tiedoilla. Selvityksessä huomattiin, että samankin teollisuusalan asiakkaiden välillä on suuria eroja keskeytyksestä aiheutuneen haitan parametreissa, joten yhtenäisen hinnan laskemiseksi on jouduttu tekemään yleistyksiä. Kantaverkon tilastollisella menetelmällä lasketut yksikköhinnat eroavat merkittävästi nykyisistä yksikköhinnoista, erityisesti jakeluverkon keskeytysten yksikköhintojen osalta. Edellisessä yksikköhintojen määrittelyssä on käytetty vuoden 2005 tutkimuksessa kyselytutkimuksella saatuja arvoja, jotka ovat olleet isommat kuin tässä tutkimuksessa tilastollisella menetelmällä lasketut. Tilastollisen mallin soveltuvuutta kantaverkon yksikköhinnan laskennalle onkin vielä syytä pohtia selvityksessä saatujen tulosten valossa. Kantaverkon rajallisen asiakasmäärän takia asiakaskyselyihin perustuva tutkimus on hyvä vaihtoehto määrittämään keskeytyksestä aiheutuvan haitan yksikköhinnat.

## 8 Lähteet

- ACER. (2020). *Methodology for calculating the value of lost load, the cost of entry and the reliability standard*.  
[https://acer.europa.eu/sites/default/files/documents/Decisions\\_annex/ACER%20Decision%2023-2020%20on%20VOLL%20CONE%20RS%20-%20Annex%20I.pdf](https://acer.europa.eu/sites/default/files/documents/Decisions_annex/ACER%20Decision%2023-2020%20on%20VOLL%20CONE%20RS%20-%20Annex%20I.pdf).
- Carlsson, e. a. (2009). *The effect of power outages and cheap talk on willingness*. IZA Working Paper.
- CEPA. (2018). *Study on the estimation of the Value of Lost Load of electricity supply in Europe*. ACER.
- Economics, L. (2013). *The Value of Lost Load (VoLL) for Electricity in Great Britain*. Ofgem.
- Eläketurvakeskus. (2020). Retrieved from <https://www.etk.fi/tutkimus-tilastot-ja-ennusteet/tilastot/kaikki-elakkeensaajat/>
- Energiateollisuus. (2014). *SÄHKÖNTOIMITUKSEN LAATU- JA TOIMITUSTAPAVIRHEEN SOVELLUSOHJE*.
- Energiavirasto. (2013). *Valvontamenetelmät sähkön jakeluverkkotoiminnan ja suurjännitteisen jakeluverkkotoiminnan hinnoittelun kohtuullisuuden arvioimiseksi 1.1.2012 alkavalla ja 31.12.2015 päättyvällä kolmannella valvontajaksolla, päivitetty versio 2013*. Energiavirasto.
- Energiavirasto. (2021). *Energiaviraston ehdotus Suomessa vahvistettavaksi luotettavuusstandardiksi*. Energiavirasto. Retrieved from <https://energiavirasto.fi/documents/11120570/13026619/Energiaviraston+ehdotus+Suomessa+vahvistettavaksi+luotettavuusstandardiksi.pdf/291376eb-a791-0c64-11f6-22ad950d5a5a/Energiaviraston+ehdotus+Suomessa+vahvistettavaksi+luotettavuusstandardiksi.pdf?t=1630>
- Energiavirasto. (2021). *Valvontamenetelmät neljännelle 1.1.2016-31.12.2019 ja viidennelle 1.1.2020-31.12.2023 valvontajaksolle*. Energiavirasto.
- Energimarknadsinspektionen. (2021). *Beräkning av värdet av förlorad last (VoLL)*.
- Honkapuro, S. e. (2006). DEA-mallilla suoritettavan tehokkuusmittauksen kehittäminen.
- Honkapuro, S. e. (2007). *Keskeytystunnuslukujen referenssiarvojen määrittäminen*. Lappeenrannan teknillinen yliopisto; Tampereen teknillinen yliopisto.
- Järventausta, P. e. (2003). *Sähkön laatu jakeluverkkotoiminnan arvioinnissa*. Energiamarkkinaviraston julkaisuja.
- Mäkinen, A. (2009). *Sähkönsiirtoverkon häiriökeskeytysten aiheuttaman haitan arvioinnissa käytettävien parametrien päivittäminen*. Tampereen teknillinen yliopisto; Lappeenrannan teknillinen yliopisto.
- Partanen, e. a. (2020). *Sähkönjakeluverkkojen sääntely ja kehittäminen*. LUT.



- Shivakumar, A. e. (2017). Valuing blackouts and lost leisure: Estimating electricity interruption costs for households across European Union. *Energy Research & Social Science* 34, 39 - 48 .
- Silvast, A. e. (2005). *Sähköjaketun keskeytyksestä aiheutuva haitta*. Tampereen teknillinen yliopisto.
- Skjeflo, S. e. (2017). *Nye KILE-funksjoner for husholdninger*. Thema.
- Tilastokeskus. (2010). Retrieved from  
[https://pxweb2.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_akay/statfin\\_akay\\_px\\_t\\_007.px/table/tableViewLayout1/](https://pxweb2.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__akay/statfin_akay_px_t_007.px/table/tableViewLayout1/)
- Tilastokeskus. (2010). Retrieved from Yli 10-vuotiaiden ajankäyttö (132 lk) sukupuolen mukaan. Käytetty aika, toimintoon osallistuneita (%) ja aika osallistuneilla. Koko vuosi.:  
[https://pxweb2.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_akay/statfin\\_akay\\_px\\_t\\_007.px/table/tableViewLayout1/](https://pxweb2.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__akay/statfin_akay_px_t_007.px/table/tableViewLayout1/)
- Tilastokeskus. (2020). Retrieved from  
[https://statfin.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_tyokay/statfin\\_tyokay\\_pxt\\_115b.px/](https://statfin.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__tyokay/statfin_tyokay_pxt_115b.px/)
- Tilastokeskus. (2020). *Yritysten toimipaikkojen tuotannon brutto- ja jalostusarvo toimialoitain*. Retrieved from  
[https://pxweb2.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_alyr/statfin\\_alyr\\_pxt\\_11ft.px/](https://pxweb2.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__alyr/statfin_alyr_pxt_11ft.px/)
- Tilastokeskus. (2021). Retrieved from  
[https://pxdata.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_ati/statfin\\_ati\\_pxt\\_11zu.px](https://pxdata.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ati/statfin_ati_pxt_11zu.px)
- Tilastokeskus. (2021). *Junaliikenteen energian kulutus*. Retrieved from  
[https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_rtie/statfin\\_rtie\\_pxt\\_12m4.px/](https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__rtie/statfin_rtie_pxt_12m4.px/)
- VR. (2022). Retrieved from [www.vr.fi](http://www.vr.fi)
- Väylävirasto. (2022). Retrieved from  
<https://vayla.fi/vaylista/aineistot/tilastot/ratatilastot/rautateiden-henkilo-ja-tavaraliikenne>
- Väylävirasto. (2022). *Ratahankkeiden arviointiohje*. Retrieved from  
[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiEv8zrmLj7AhW3CBAlHUUsCRkQFnoECBwQAQ&url=https%3A%2F%2Fvayla.vaylapilvi.fi%2Fvayla%2FJulkaisut%2FVaylavirasto%2Fvo\\_2020-39\\_ratahankkeiden\\_arviointiohje\\_web.pdf&usg=AOvVaw](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiEv8zrmLj7AhW3CBAlHUUsCRkQFnoECBwQAQ&url=https%3A%2F%2Fvayla.vaylapilvi.fi%2Fvayla%2FJulkaisut%2FVaylavirasto%2Fvo_2020-39_ratahankkeiden_arviointiohje_web.pdf&usg=AOvVaw)

## Liitteet

### A. Verrokkimaiden laatukannustinmallien tarkempi kuvaus

#### A.1 Norja

Keskeytyksestä aiheutuneen haitan laskentakaava:

$$K_j = k_{p,ref} * f_{K,m} * f_{K,d} * f_{K,h} * P_{ref}, \text{ jossa}$$

$K_j$  = kustannus tunnilla  $j$

$P_{ref}$  = asiakkaan laskennallinen teho

$k_{p,ref}$  = saamatta jääneen energian hinta NOK / kW

$f_{K,m}$  = korjauskertoimen, kuukausi

$f_{K,d}$  = korjauskertoimen, päivä

$f_{K,h}$  = korjauskertoimen, tunti

Taulukko 16: Keskeytyksen yksikköhinnat kotitalouksille

$k_{p,ref}$ [NOK(2017)/kW], t = keskeytysaika						
< 1 min	≥ 1 min ja < 2 t	≥ 2 t ja < 6 t	≥ 6 t ja < 12 t	≥ 12 t ja < 24 t	≥ 24 t ja < 72 t	≥ 72 t
8.8	8.8+14.7*t	38.4 + 21.9*(t-2)	126.0 + 13.0*(t-6)	204 + 20.1*(t-12)	445.5+13.3*(t-24)	1081.5 + 13.3*(t-72)

Asiakasryhmä	$k_{p,ref}$ [NOK(2017)/kW], t = keskeytysaika				
	< 1 min	≥ 1 min ja < 1 t	≥ 1 t ja < 4 t	≥ 4 t ja < 8 t	≥ 8 t
Maatalous	5,6+16,1*t	5,6+16,1*t	21,4+17,5*(t-1)	74,2+16,1*(t-4)	74,2+16,1*(t-4)
Teollisuus	38,2	38,2+95,2*t	132,6+92,5*(t-1)	410,3+62,5*(t-4)	660,9+41*(t-8)
Palvelu	18	31,5+189,2*t	220,3+102,4*(t-1)	527,2+158,8*(t-4)	1162,2+115,1*(t-8)
Julkinen sektori	7,9	67,4+127,2*t	194,5+31,4*(t-1)	288,9+58,2*(t-4)	521,5+19,8*(t-8)
Sähköintensiivinen teollisuus	55,1+3,1*t	55,1+3,1*t	55,1+3,1*t	102,3+3,1*t	102,3+3,1*t

Norjassa käytössä oleva vakiokorvausmalli USLA on hyvin yksinkertainen, ohessa nykyisin maksettavat korvaukset:

- Kotitaloudet: 500 NOK (n. 50 €) yli 12 tunnin sähkökatkosta ja 40 NOK tästä eteenpäin joka tunti

- Vapaa-ajan asunnot: 125 NOK (n. 12,5 €) yli 12 tunnin sähkökatkosta ja 10 NOK (n. 1 €) tästä eteenpäin joka tunti.

## A1.2 Ruotsi

Keskeytyksestä aiheutuneen haitan laskentakaava:

$$AIT_j^k = \frac{ILE_j^k}{\sum_i P_i} = \frac{\sum_i (P_i d_i)}{\sum_i P_i}$$

$$AIF_j^k = \frac{ILEffekt_j^k}{\sum_i P_i} = \frac{\sum_i (P_i \lambda_i)}{\sum_i P_i}$$

jossa:

*ILE* = toimittamaton energia

*ILEffect* = toimittamaton teho

*P<sub>i</sub>* = asiakkaan *i* keskimääräinen teho vuodessa, joka lasketaan jakamalla asiakkaan kulutus vuoden tunneilla

*d<sub>i</sub>* = asiakkaan *i* kokema keskeytystyyppiin *j* liittyvä keskeytystuntien kokonaismäärä kalenterivuoden aikana

*λ<sub>i</sub>* = asiakkaan *i* kokema keskeytystyyppiin *j* liittyvä keskeytysten määrä kalenterivuoden aikana

## B. Haastatellut sidosryhmät

<b>Sidosryhmä</b>	<b>Yritys / järjestö</b>
Jakeluverkkoyhtiö	Caruna
Jakeluverkkoyhtiö	Elenia
Jakeluverkkoyhtiö	Helen Sähköverkko
Jakeluverkkoyhtiö	Järvi-Suomen Energia
Jakeluverkkoyhtiö	Koillis-Satakunnan Sähkö
Jakeluverkkoyhtiö	Kymenlaakson sähköverkko
Jakeluverkkoyhtiö	Oulun Energia Sähköverkko
Kantaverkkoyhtiö	Fingrid
Etujärjestö	Energiateollisuus
Etujärjestö	Suomen yrittäjät
Kuluttajat	Kuluttajatutkimuskeskus
Kotitaloudet	Omakotiliitto
Suurteollisuus	Kemira
Suurteollisuus	SSAB
Suurteollisuus	Stora Enso
Suurteollisuus	Boliden, Kevitsan kaivos
Suurteollisuus	Boliden, Harjavalta
Suurteollisuus	Outokumpu