

Juha Katila

MOBIILIVERKON KUSTANNUSMALLI JA TUOTANTOKUSTANNUKSET

Diplomityö
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Elokuu 2020

TIIVISTELMÄ

Juha Katila: Mobiiliverkon kustannusmalli ja tuotantokustannukset
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Johtamisen ja tietotekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma
Tarkastajat: vanhempi tutkija Jari Paranko ja professori Teemu Laine
Elokuu 2020

Suomalaiset mobiiliverkkojen käyttäjät ovat tiedonsiirtomäärissä maailman kärkijoukkoa. Verkkoja on kehitettävä jatkuvasti, jotta yhä kasvaviin tiedonsiirtotarpeisiin pystytään vastaamaan. Suomalaiset teleoperaattorit investoivat joka vuosi yli puoli miljardia euroa verkkojen rakentamiseen ja ylläpitoon. Jotta operaattorit pystyisivät tekemään liiketoiminnan kannalta järkeviä valintoja, on heidän ymmärrettävä verkon, asiakkaiden ja tuotteiden aiheuttamat kustannukset.

Mobiiliverkon kustannusten jyvittäminen ei ole yksinkertaista. Verkkoja on rakennettu vuosia ja ne muodostuvat usean eri sukupolven tekniikoista. Liittymät kuluttavat verkon resursseja eri tavalla. Verkot ovat asiakkaiden käytettävissä kaikkialla ja ne tukevat useiden eri palveluiden käyttöä.

Työn tavoitteena oli luoda kustannusmalli, jonka avulla voidaan arvioida mobiilituotteiden ja asiakkaiden aiheuttamia tuotantokustannuksia. Tarkoituksena oli myös selvittää, löytyykö eri tuotteiden ja asiakkaiden kustannusten väliltä eroavaisuuksia. Päämääränä oli lisäksi tutustua, mitä verkkoarkkitehtuuria tarvitaan mobiiliverkon palvelujen tuottamiseen, mikä verkon palvelujen tuottamisessa maksaa ja mitkä ovat verkon merkittävimmät kustannuselementit.

Työssä tutustuttiin aluksi mobiiliverkon palveluihin, teknologioihin, rakenteeseen ja evoluutioon. Teorian avulla työn kokonaiskuvan hahmottaminen oli helpompaa. Tämän jälkeen työssä perehdyttiin mobiiliverkon kustannuksiin ja palveluiden käytön nykytilaan. Lisäksi tutustuttiin kustannuslaskennan perusteisiin, kustannusallokoinnin haasteisiin ja perinteisiin kustannusmalleihin. Selvitettyjä tietoja hyödynnettiin mobiiliverkon kustannusmallin valinnassa ja luonnissa.

Työn tuloksena luotiin uusi mobiiliverkon kustannusmalli, jonka avulla mobiiliverkon kustannukset voidaan jyvittää asiakkaille ja tuotteille. Kustannusmallin avulla voidaan eritellä, mitä kustannuksia palvelujen tuottaminen synnyttää. Kustannusmallin käyttöä testattiin esimerkkilaskua hyväksikäyttäen. Saatujen tulosten perusteella arvioitiin asiakkaiden ja tuotteiden tuotantokustannusten eroja. Luotua kustannusmallia voidaan hyödyntää tulevaisuudessa liiketoiminnan päätöksissä.

Avainsanat: Mobiiliverkko, kustannusmalli, tuotantokustannukset

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Juha Katila: Mobile network cost model and the cost of production
Master of Science Thesis
Tampere University
Master's Degree Programme in Management and Information Technology
Examiners: senior research fellow Jari Paranko and professor Teemu Laine
August 2020

Finnish people use the most mobile data in the world. The network must be constantly developed in order to meet the consumption of mobile data. Every year, Finnish telecommunication operators invest more than half a billion euros in the construction and maintenance of networks. In order for operators to be able to make business-conscious choices, they need to understand the cost of the network, customers and products.

Allocating mobile network costs is not simple. Networks have been built for years and are made up of several different generations of technologies. Subscriptions consume network resources in different ways. Networks are available to customers everywhere and support the use of several different services.

The aim of this thesis was to create a cost model that can be used to estimate the production costs caused by mobile products and customers. The purpose was also to find out if there are differences between the costs of different products and customers. The aim was also to find out what network architecture is needed to provide mobile network services, what it costs to provide network services and what are the most significant cost elements of the network.

The thesis first introduced the services, technologies, structure and evolution of the mobile network. The theory made it easier to perceive the overall picture of the thesis. After this, the thesis examined the costs of the mobile network and the current state of use of the services. In addition, the basics of cost accounting, the challenges of cost allocation and traditional cost models were introduced. The investigated data were utilized in the selection and creation of a mobile network cost model.

As a result of the thesis, a new mobile network cost model was created, which allows the costs of the mobile network to be easily shared between customers and products. The cost model can be used to specify the costs from which the provision of services arises. The use of the cost model was tested using an example calculation. Based on the results obtained, the differences in production costs between customers and products were assessed. The created cost model can be utilized in future business decisions.

Keywords: Mobile network, cost model, production costs

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on toteutettu DNA Oyj:lle. Kiitokset DNA:lle mahdollisuudesta toteuttaa diplomityö ajankohtaisesta ja mielenkiintoisesta aiheesta. Työn toteuttaminen on ollut erittäin opettavainen kokemus.

Kiitokset ohjauksesta ja neuvoista työkavereilleni Mikko Valtoselle ja Antti Koskiselle. Kiitokset kannustuksesta ja palautteesta koulun ohjaaja Jari Parankolle. Lisäksi kiitokset avopuolisolle ja vanhemmille tuesta työn aikana.

Turussa, 31.8.2020

Juha Katila

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Työn tausta	1
1.2 Työn tavoitteet ja rajaukset	3
1.3 Tutkimusmenetelmä ja -aineisto	4
1.4 Työn rakenne	4
2. MOBIILIVERKKO	6
2.1 Verkon palvelut	6
2.2 Verkon teknologiat	9
2.3 Verkon rakenne	12
2.3.1 Radioliityntäverkko	12
2.3.2 Siirtoverkko	14
2.3.3 Core-verkko	15
2.4 Verkon kehitys	16
2.4.1 Toisen sukupolven verkon kehitys	16
2.4.2 Kolmannen sukupolven verkon kehitys	17
2.4.3 Neljännen sukupolven verkon kehitys	18
2.4.4 Viidennen sukupolven verkon kehitys	20
2.4.5 Kehityksen yhteenveto	20
3. TUTKIMUSMENETELMÄ JA -AINEISTO	21
3.1 Tutkimusmenetelmän kuvaus	21
3.2 Tutkimusaineiston kuvaus	23
4. VERKON KUSTANNUKSET JA PALVELUIDEN KÄYTTÖ	24
4.1 Verkon kustannuselementit	24
4.1.1 Investointikustannukset	25
4.1.2 Juoksevat kustannukset	28
4.2 Verkon kustannusten nykytila	31
4.3 Verkon datankäytön nykytila	36
4.4 Asiakkaiden ja tuotteiden datankäytön nykytila	38
5. KUSTANNUSMALLI	40
5.1 Kustannuslaskennan perusteet	40
5.1.1 Kiinteät ja muuttuvat kustannukset	40
5.1.2 Kustannuslaskennan perusongelmat	40
5.2 Kustannuslaskennan jyvittämisen haasteet	42
5.2.1 Verkoarkkitehtuurin monimutkaisuus	42
5.2.2 Monimutkaiset hinnoittelumallit	43
5.2.3 Asiakaskokemuksen ja laadun kustannus	43
5.2.4 Maantieteellinen kustannusallokaatio	44
5.2.5 Verkkoelementtien käyttöiän ennustaminen	45
5.3 Perinteiset kustannusmallit	45
5.3.1 ABC-malli	45
5.3.2 TDABC-malli	46

5.3.3 LRIC-malli	46
5.4 Kustannusajurin valinta	47
5.5 Kehitetyn kustannusmallin esittely.....	51
6.TULOKSET	55
6.1 Esimerkkilasku	55
6.2 Tulosten analysointi	58
6.2.1 Asiakaskohtaiset kustannukset	58
6.2.2 Asiakkaiden liittymäkohtaiset kustannukset.....	58
6.2.3 Tuotekohtaiset kustannukset	59
6.2.4 Tuotteiden liittymäkohtaiset kustannukset.....	60
6.2.5 Tulosten yhteenveto.....	60
7.YHTEENVETO.....	61
7.1 Työn päätulokset.....	61
7.2 Käytännön suositukset	64
7.3 Työn arviointi.....	65
7.4 Jatkotutkimus- ja kehitysohjeet	66
LÄHTEET	67
LIITE A: ESIMERKKILASKUN LOPUT MODUULIT	71

KUVALUETTELO

Kuva 1.	Mobiiliverkon lähetettyjen tekstiviestien määrän kehitys Suomessa (Traficom 2018A).....	7
Kuva 2.	Mobiiliverkon soitettujen puheluiden määrän kehitys Suomessa (Traficom 2018A).....	8
Kuva 3.	Mobiiliverkon datankäytön kehitys Suomessa (Traficom 2018B).....	9
Kuva 4.	Mobiiliverkon nopeuksien kehitys (Seppälä 2019).....	10
Kuva 5.	Mobiiliverkon rakenne (mukaillen 3GPP 2017).....	12
Kuva 6.	Radioliityntäverkon laitetila ja tukiasema (DNA Akatemia 2019).....	13
Kuva 7.	Siirtoverkon rakenne (mukaillen Metsälä & Salmelin 2012).....	14
Kuva 8.	2G-verkon perusrakenne (mukaillen DNA Akatemia 2019).....	16
Kuva 9.	2.5G-verkon perusrakenne (mukaillen DNA Akatemia 2019).....	17
Kuva 10.	3G-verkon perusrakenne (mukaillen DNA Akatemia 2019).....	18
Kuva 11.	4G-verkon perusrakenne (mukaillen DNA Akatemia 2019).....	19
Kuva 12.	Konstruktivisen tutkimuksen piirteet (Kasanen et al. 1991).....	21
Kuva 13.	Konstruktivisen tutkimuksen vaiheet (Kasanen et al. 1993).....	22
Kuva 14.	Mobiiliverkon kustannukset.....	24
Kuva 15.	Verkon kustannuselementit.....	25
Kuva 16.	Verkon rakentamisen kustannuselementit.....	26
Kuva 17.	Taajuushuutokauppojen tulokset (Liikenne ja viestintäministeriö 2009, 2013, 2016 ja 2018).....	27
Kuva 18.	Verkon energiakustannusten lähteet.....	28
Kuva 19.	Verkon elementtien jakaminen (mukaillen Leza 2014).....	30
Kuva 20.	Operaattorin mobiiliverkon kustannuksien nykytila.....	31
Kuva 21.	Operaattorin mobiiliverkon investointikustannuksien nykytila.....	32
Kuva 22.	Operaattorin mobiiliverkon juoksevien kustannusten nykytila.....	33
Kuva 23.	Operaattorin mobiiliverkon elementtien kustannusten nykytila.....	33
Kuva 24.	Operaattorin mobiiliverkon elementtien rakentamisen kustannusten nykytila.....	34
Kuva 25.	Operaattorin mobiiliverkon sähköjen kustannusten nykytila.....	35
Kuva 26.	Operaattorin mobiiliverkon vuokrien kustannusten nykytila.....	35
Kuva 27.	Operaattorin mobiiliverkon suunnittelun kustannusten nykytila.....	36
Kuva 28.	Operaattorin mobiiliverkon datankäytön kasvu (mukaillen DNA 2018a ja 2018B).....	37
Kuva 29.	Operaattorin mobiiliverkon liittymämäärien kasvu (mukaillen DNA 2018a ja 2018B).....	37
Kuva 30.	Operaattorin liittymäkohtaisen datankäytön kasvu (mukaillen DNA 2018a ja 2018b).....	38
Kuva 31.	Asiakkaiden ja tuotteiden datankäytön nykytila.....	39
Kuva 32.	Aikaisemman ja uuden sukupolven verkkojen eroavaisuudet.....	43
Kuva 33.	Mobiiliverkon kustannusrakenteen eroavaisuudet.....	44
Kuva 34.	Uuden sukupolven verkon kattavuuden kehitys.....	48
Kuva 35.	Verkon elementtien hankinnan kustannuksien jyvittäminen liikenne- ja liittymämäärien mukaisesti.....	48
Kuva 36.	Verkon elementtien rakentamisen kustannuksien jyvittäminen liikenne- ja liittymämäärien mukaisesti.....	49
Kuva 37.	Taajuuksien ja muiden investointien rakentamisen kustannuksien jyvittäminen liikenne- ja liittymämäärien mukaisesti.....	49
Kuva 38.	Vuokrien kustannuksien jyvittäminen liikenne- ja liittymämäärien mukaisesti.....	50
Kuva 39.	Sähkön kustannuksien jyvittäminen liikenne- ja liittymämäärien mukaisesti.....	50

Kuva 40.	Suunnittelun kustannuksien jyvittäminen liikenne- ja liittymämäärien mukaisesti.	51
Kuva 41.	Henkilöstön, viankorjauksen ja ylläpidon sekä muiden juoksevien kustannuksien jyvittäminen liikenne- ja liittymämäärien mukaisesti.	51
Kuva 42.	Kustannusmallin rakenne.	52
Kuva 43.	Mobiiliverkon kustannusten jyvittäminen kustannuspaikoille.	53
Kuva 44.	Mobiiliverkon kustannusten jyvittäminen analysoitavalle kohteelle liikenne- ja liittymämäärien mukaisesti.	54
Kuva 45.	Analysoitavan kohteen kustannusten kokoaminen.	54
Kuva 46.	Esimerkkilaskun täydennetyt lähtötiedot.	55
Kuva 47.	Esimerkkilaskun täydennetyt moduulit.	56
Kuva 48.	Esimerkkilaskusta saadut tulokset.	57
Kuva 49.	Asiakaskohtaiset kustannukset.	58
Kuva 50.	Asiakkaiden liittymäkohtaiset kustannukset.	59
Kuva 51.	Tuotekohtaiset kustannukset.	59
Kuva 52.	Tuotteiden liittymäkohtaiset kustannukset.	60

LYHENTEET JA MERKINNÄT

1G	engl. First Generation, ensimmäisen sukupolven mobiiliverkko
2G	engl. Second Generation, toisen sukupolven mobiiliverkko
3G	engl. Third Generation, kolmannen sukupolven mobiiliverkko
4G	engl. Fourth Generation, neljännen sukupolven mobiiliverkko
5G	engl. Fifth Generation, viidennen sukupolven mobiiliverkko
ABC	engl. Activity-Based Costing, toimintoperusteinen kustannuslaskenta
BSC	engl. Base Station Controller, tukiasemaohjain
BSS	engl. Base Station Subsystem, toisen sukupolven radioliityntäverkko
BTS	engl. Base Transceiver Station, tukiasema
CAPEX	engl. Capital expenditure, investointikustannukset
CLV	engl. Customer Lifetime Value, asiakkaan elinkaariarvo
CNCS	engl. Core Network Circuit Switched, piirikytkentäinen core-verkko
CNPS	engl. Core Network Packet Switched, pakettikytkentäinen core-verkko
EDGE	engl. Enhanced Data rates for GSM Evolution, toisen sukupolven teknologia
EPC	engl. Evolved Packet Core, neljännen sukupolven core-verkko
ERAN	engl. Evolved Radio Access Network, neljännen sukupolven radioliityntäverkko
GGSN	engl. Getaway GPRS Support Node, GPRS core-verkon laite
GPRS	engl. General Packet Radio Service, toisen sukupolven teknologia
GSM	engl. Global System for Mobile Communications, toisen sukupolven teknologia
HLR	engl. Home Location Register, kotirekisteri
HSS	engl. Home Subscriber Server, tietokanta, joka sisältää käyttäjä- ja tilaajatietoja.
LTE	engl. Long Term Evolution, neljännen sukupolven teknologia
LRIC	engl. Long Run Incremental Cost, pitkän aikavälin lisäkustannukset
M2M	engl. Machine to Machine, laitteiden välinen viestintä
MME	engl. Mobile Management Entity, päätelaitteen tunnistamisesta vastaava verkon elementti
MSC	engl. Mobile Switching Center, matkapuhelinkeskus
NMT	engl. Nordic Mobile Telephone, ensimmäisen sukupolven teknologia
NSS	engl. Network Switching Subsystem, toisen sukupolven core-verkko
OPEX	engl. Operating expenditure, juoksevat kustannukset
PGW	engl. Packet Data Network Getaway, yhteyspiste ulkoisen verkon ja EPC välillä
PSTN	engl. Public Switched Telephone Network, puhelinverkko
RAN	engl. Radio Access Network, kolmannen sukupolven radioliityntäverkko
RNC	engl. Radio Network Controller, tukiasemaohjain
SGW	engl. Serving Gateway, yhteyspiste radioliityntäverkon ja EPC välillä
SGSN	engl. Serving GPRS Support Node, GPRS core-verkon laite
TDABC	engl. Time-Driven Activity-Based Costing, aikaperusteista toimintolaskentaa
UTMS	engl. Universal Mobile Telecommunications System, kolmannen sukupolven teknologia
VLR	engl. Visitor Location Register, vierailijarekisteri
VoIP	engl. Voice over IP, äänen lähetys internetin kautta
VoLTE	engl. Voice over LTE, äänipuhelut LTE verkon kautta

1. JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Tietotekniikasta on tullut olennainen osa yhteiskuntaamme. Tietotekniikalla on vakiintunut sosiaalis-taloudellinen vaikutus ja se rikastuttaa jokapäiväistä elämäämme monilla erilaisilla palveluilla. Palvelut ovat kehittyneet viihteestä henkilökohtaisempiin ja turvallisuuskriittisempiin sovelluksiin, kuten verkkokauppoihin ja sähköisiin terveyspalveluihin. Jos analyytikoiden ennusteet pitävät paikkansa, melkein jokainen näkemämme fyysinen esine (esim. vaatteet, autot, junat jne.) tullaan yhdistämään internettiin ennemmin tai myöhemmin (Rodriguez 2015).

Tietoliikenneverkkoja on kehitettävä jatkuvasti, jotta yhä kasvaviin tiedonsiirtotarpeisiin pystytään vastaamaan. Palvelujen monipuolistuminen on kasvattanut langattomien verkkojen kysyntää. Palveluja halutaan käyttää kaikkialla ajasta tai paikasta riippumatta. Suomalaiset verkot siirtävät jo nyt maailman eniten mobiilidataa asiakasta kohden. Datan käytön kasvua edesauttaa palveluiden edulliset hinnat ja rajattomat dataliittymät. Suomessa mobiiliverkot ovat erittäin kehittyneitä ja verkko kattaa noin 99 % Suomen väestöstä. Palveluiden digitalisoituminen on johtanut datan määrän eksponentiaaliseen kasvuun. Datankäyttömäärien odotetaan edelleen kasvavan vuosittain. Tulevaisuudessa siirretyn datan määrän odotetaan olevan moninkertainen nykyiseen tasoon verrattuna (Wiren et al. 2019).

Nykypäivän tietoliikennemarkkina on moniulotteinen, monimutkainen ja hankalasti ennustettava. Tietoliikennealan riskinä on muuttua matalan tuoton liiketoiminnaksi (Krstevski & Mancheski 2017). Investointien tuotot ovat vähentyneet ja investoijat vaativat yhä enemmän vastuullisuutta. Jotta odotuksiin voidaan vastata, on yritysten suunniteltava ja toteutettava verkkoprojekteja ja investointeja kurinalaisemmin. Johdon on pystyttävä tarkemmin osoittamaan miten investoinnit muuttuvat tuotoiksi. Aikaisemmin investoijat ja markkinat palkitsivat operaattoreita sen mukaan, kuka hallitsi asiakasmäärän kasvua. Aikaisemmin ajateltiin, että jokainen lisäasiakas luo tuottoa ajan kuluessa. Aikaisemmin operaattoreita palkittiin myös tulojen maksimoinnista. Tulevaisuudessa operaattoreita tullaan arvostelemaan sen perusteella, kuka hallitsee verkon ekonomian parhaiten. Operaattoreiden on tarkkaan suunniteltava investoinnit ja juoksevat kustannukset, samaan aikaan kun tuloja maksimoidaan (Sharma 2019).

Monella operaattorilla on samanlainen organisaatorakenne ja liiketoiminnan vastuumalli. Organisaatio jakautuu johtoon, liiketoiminnan ja tekniikan yksikköihin, sekä tukitoimintoihin. Johdon vastuulla on kokonaisbudjetointi ja kannattavuus. Liiketoimintayksiköiden vastuulla on liiketoiminnan tulot ja juoksevat kustannukset. Tekniikkayksikön vastuulla on verkon laatu ja kustannusten hallinta. Tyypillisesti tekniselle johtajalle annetaan investointisbudjetti ja hänen tehtävänä on tällä maksimoida verkon kapasiteetti. Voidaan ajatella, että mobiiliverkon operaattoreilla on tuloja maksimoivia henkilöitä ja kustannuksia minimoivia henkilöitä. Käytännön organisaatioissa on kuitenkin harvoin sidosryhmiä, jotka keskittyisivät päivittäin liiketoiminnan molemmille puolille (Valtonen 2019).

Mobiiliverkko-liiketoiminta on erittäin pääomaintensiivistä ja verkko sitoo huomattavat toimintakustannukset. Liiketoimintaorganisaatioissa verkon kustannuksia pidetään usein kiinteinä kustannuksina. Liiketoiminnan yleinen ajattelutapa on, että heillä ei ole keinoa arvioida verkon kustannuksia tai vaikuttaa niihin. Mobiiliverkko tuottaa asiakkaille erilaisia palveluja. Tuotanto tapahtuu dynaamisesti asiakkaiden vaihtelevien tarpeiden perusteella. Vaikka eri palvelut ja asiakkaat kuluttavat resursseja eri tavalla, ei ole suoraviiivaista tapaa jyvittää kustannuksia oikeudenmukaisesti eri asiakkaille ja palveluille (Valtonen 2019).

Verkko-operaattorit kehittävät verkkojaan yksinkertaistaakseen arkkitehtuuria, kasvatatakseen kapasiteettia ja parantaakseen palvelujen laatua. Useimmiten muutoksen pääpaino on tekniikassa ja palvelun toimittamisessa. Kustannuslaskennan merkitys on suuri. Mobiiliverkkojen kustannuslaskennassa avainkysymyksenä on, miten verkon kustannukset tulisi jyvittää eri palveluille ja asiakkaille. Kustannusten allokointi palveluille on monimutkaista. Verkkoihin on investoitu vuosia ja ne muodostuvat usean eri sukupolven tekniikoista, jotka tukevat useita eri palveluja. Kustannusten jakaminen asiakkaille tai tuotteille on operaattoreille välttämätöntä. Operaattorit tarvitsevat keinon, jolla he pystyvät jakamaan kustannukset palveluille ja ymmärtämään toimintansa kustannuksia (Dargue & Malik 2015).

Tämän työn lähtökohtana on, ettei operaattorilla ole keinoa arvioida mobiilituotteiden tai asiakkaiden aiheuttamia tuotantokustannuksia. Työn tavoitteena on perehtyä mobiiliverkkoon ja sen toiminnasta aiheutuviin kustannuksiin. Tarkoituksena on luoda mobiiliverkon kustannusmalli, jonka avulla saadaan yksinkertaisesti arvioitua tuotteiden ja asiakkaiden aiheuttamia tuotantokustannuksia. Kustannusmallin avulla pyritään ymmärtämään paremmin, mistä kustannuskomponenteista asiakkaiden ja palveluiden aiheuttamat kustannukset muodostuvat. Tähtäimenä on perehtyä operaattorin mobiiliverkon kus-

tannusten nykytilaan. Päämääränä on testata luodun kustannusmallin käyttöä ja analysoida saatujen tulosten perusteella tuotteiden ja asiakkaiden muodostamia tuotantokustannuksia. Toteutetun kustannusmallin avulla operaattorilla on valmiudet arvioida eri palveluiden ja asiakassegmenttien aiheuttamia kustannuksia, sekä tehdä kokonaisvaltaisesti kannattavampaa liiketoimintaa.

1.2 Työn tavoitteet ja rajaukset

Työlle on asetettu kaksi tutkimuskysymystä:

- 1) Millaista kustannusmallia voidaan käyttää mobiilituotteiden ja asiakkaiden aiheuttamien tuotantokustannusten arviointiin?
- 2) Löytyykö eri tuotteiden ja asiakkaiden tuotantokustannusten väliltä eroavaisuuksia?

Ensimmäisenä tavoitteena on luoda kustannusmalli, jonka avulla pystyttäisiin yksinkertaisesti jyvittämään mobiiliverkon kustannukset asiakkaille ja tuotteille. Tavoitteen saavuttamiseksi on asetettu välitavoitteita. Tarkoituksena on perehtyä, mitä verkkoarkkitehtuuria tarvitaan palvelujen tuottamiseen, mikä palvelujen tuottamisessa maksaa ja mitkä ovat verkon merkityksellisimmät kustannuselementit. Tähtäimenä on myös tutustua operaattorin kustannusten, liittymien ja datankäytön nykytilaan. Lisäksi päämääränä on tutustua kustannuslaskennan perusteisiin, kustannusten allokoimisiin haasteisiin ja olemassa oleviin kustannusmalleihin. Näiden tietojen avulla pohditaan, miten kustannukset voitaisiin jakaa oikeudenmukaisesti palveluille.

Toisena tavoitteena on tutkia, löytyykö eri asiakkaiden ja tuotteiden tuotantokustannuksista eroavaisuuksia. Tutkimuskysymys pyritään ratkaisemaan välitavoitteiden kautta. Tarkoituksena on hyödyntää ensimmäisen tavoitteen lopputuloksena luotua kustannusmallia. Suoritetaan esimerkkilaskuja, joissa käytetään hyväksi operaattorin verkon nykytilasta selvitettyjä arvoja. Saatujen tuloksien perusteella arvioidaan, löytyykö eri asiakas- ja tuotesegmenteistä aiheutuvista tuotantokustannuksista eroja. Tutkimuksen lopuksi arvioidaan saatujen tulosten luotettavuutta, soveltuvuutta ja jatkokehityskohteita.

Operaattorin mobiiliverkon liittymämäärien ja kokonaisdatankäytön tiedot ovat julkisia ja ne esitetään työssä oikeina arvoina. Asiakkaiden tai tuotteiden liittymämäärät tai datankäyttö eivät ole julkista tietoa ja ne esitetään työssä muokattuina esimerkkiarvoina. Lisäksi mobiiliverkon kustannuselementtien tiedot eivät ole julkista tietoa ja niiden osalta työssä esitetään viitteellisiä esimerkkiarvoja. Työssä esitetään tutkimuksen vaiheet ja kustannusmalli, joilla tulokset on saavutettu.

1.3 Tutkimusmenetelmä ja -aineisto

Työ toteutetaan konstruktivisena tutkimuksena, jonka sisältöä esitellään tarkemmin kappaleessa 3.1. Työn tarkoituksena on ensin perehtyä kirjallisuuden avulla työn aiheeseen ja muodostaa yleinen käsitys aihepiiristä. Tämän jälkeen on tarkoitus tutustua operaattorin sisäiseen nykytietoon. Opiteen perusteella valitaan käytettävä kustannusmalli ja selostetaan, miksi valittuun tulokseen on päädytty. Työn lopussa testataan kustannusmallin käyttöä ja esitetään saadut tulokset. Työssä käytetään hyväksi operaattorin sisäistä opeusmateriaalia ja -dokumentteja. Kirjallisuudesta löytyneeseen tietoon haetaan täydennystä asiantuntijalausuntojen avulla. Työssä käytettävää aineistoa esitellään tarkemmin kappaleessa 3.2.

1.4 Työn rakenne

Johdannossa kuvataan työn tausta, tavoitteet, rajaukset, tutkimusmenetelmä ja -aineisto, sekä rakenne. Kappaleessa kaksi esitellään mobiiliverkon palvelut, teknologiat, rakenne ja kehitys. Yhteiskunnan digitalisoituminen on lisännyt tietoliikennepalveluiden kysyntää, ja operaattorit ovat kehittäneet verkkoja vastaamaan asiakkaiden tarpeita. Mobiiliverkkojen teknologioiden kehittyminen on tuonut mukanaan paljon muutoksia, niin asiakkaiden käyttötottumuksiin, kuin verkon rakenteeseenkin. Kappale antaa yleiskuvan mobiiliverkoista ja sen peruselementtien kehityksestä. Verkon evoluution ja arkkitehtuurin hahmottaminen auttaa kustannustekijöiden ymmärtämisessä.

Kappaleessa kolme esitetään työssä käytettävä tutkimusmenetelmä ja miksi sen käyttöön on päädytty. Lisäksi kappaleessa esitetään työn aineisto ja miten sitä on työssä hyödynnetty.

Kappaleessa neljä esitetään mobiiliverkon kustannuselementit, sekä verkon kustannusten ja datankäytön nykytila. Lisäksi kappaleessa esitetään kolmen esimerkkiasiakkaan ja kolmen eri tuotteen datankäytön nykytila. Havaittuja tietoja voidaan verrata teoriaan ja niitä pystytään hyödyntämään luodun kustannusmallin testauksessa.

Kappaleessa viisi tutustutaan kustannuslaskennan perusteisiin ja olemassa oleviin kustannusmalleihin. Kappaleessa tarkastellaan, millaisia ongelmia kustannusten allokointiin liittyy ja millaisten valintojen kautta syntyy kustannusmalli, jonka avulla voidaan arvioida tuotteiden ja asiakkaiden aiheuttamia tuotantokustannuksia. Kappaleen lopussa esitellään valitun kustannusmallin rakenne.

Kappaleessa kuusi testataan kustannusmallin käyttöä esimerkkilaskua hyväksikäyttäen. Kappaleessa esitellään kustannusmallin tuloksena saadut asiakkaiden ja tuotteiden aiheuttamat tuotantokustannukset. Kustannuksia analysoidaan ja esitetään tuotteiden ja asiakkaiden välillä havaittuja eroavaisuuksia.

Kappaleessa seitsemän kootaan työn päätulokset yhteen ja esitetään käytännön suosituksia. Viimeisenä esitetään työn arviointi, sekä jatkotutkimus ja -kehityksiä.

2. MOBIILIVERKKO

2.1 Verkon palvelut

1990-luvulta lähtien tieto- ja viestintäteknikkateollisuutta ja markkinoita on muokannut maailmanlaajuisesti kaksi tekijää: mobiiliverkot ja internet. Mobiiliverkkojen kehittyminen on mahdollistanut puhelinsoitot, tekstiviestit ja internetin käytön paikoissa, jotka ovat kiinteän verkon tavoittamattomissa. Tämä on antanut ihmisille mahdollisuuden käyttää palveluita ajasta ja paikasta riippumatta. Internet on puolestaan toistuvasti muuttanut tapoja, joilla ihmiset ja yritykset löytävät, käyttävät ja jakavat tietoja (Smura & Kivi 2011).

Mobiiliverkon teknologia tarjoaa kustannustehokkaan tavan rakentaa yhteyksiä asiakkaille. Viimeinen kilometri asiakkaalle on tyypillisesti verkon kallein osa ja niin sanottu pullonkaula nopeiden yhteyksien toimittamisessa. Mobiiliverkon avulla asiakkaille pystytään tarjoamaan palvelut käyttöön nopeasti ja edullisesti. Suomessa tietoliikenneverkkoja on rakennettu vuosikymmenien ajan. Teknologioiden kehittyessä verkkoja on päivitetty ja verkon kattavuutta laajennettu. Suomalaiset teleoperaattorit investoivat joka vuosi yli puoli miljardia euroa verkkojen rakentamiseen ja ylläpitoon. Teleyritysten vuosittainen yli puolen miljardin investointi viestintäverkkoihin jakautuu suunnilleen puoliksi kiinteän- ja mobiiliverkon kesken (Ussa 2019).

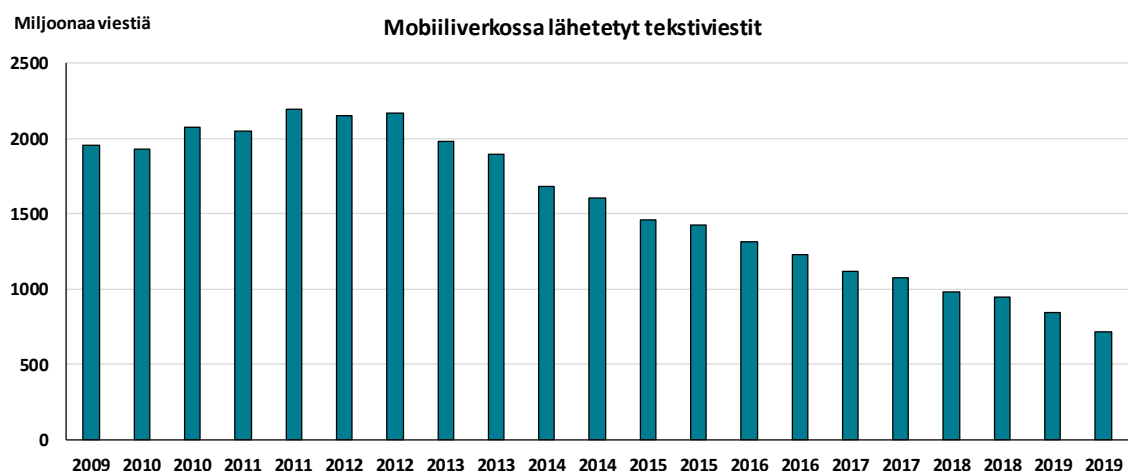
Mobiiliverkkojen teknologioiden kehittyminen on tuonut mukanaan paljon muutoksia verkon palveluihin. Toisen sukupolven (2G) mobiiliverkko mahdollisti puhelut ja tekstiviestit. Kolmannen sukupolven (3G) mobiiliverkko toi internetin lähes jokaisen suomalaisen saataville. Neljännen sukupolven mobiiliverkko (4G) mahdollisti suuremmat datanopeudet ja tarjosi aidon vaihtoehdon kodin nettiyhteydeksi. Nykyään Suomessa on käytössä lähes koko Suomen kattava 2G-, 3G- ja 4G-verkko. Verkon kattavuus ja nopeus kehittyvät jatkuvasti. Vuoden 2019 aikana otettiin käyttöön ensimmäisiä viidennen sukupolven (5G) mobiiliverkkoyhteyksiä, jotta pystytään vastaamaan yhä kasvaviin datanopeustarpeisiin (Ussa 2019).

Mobiiliverkon tekninen kehitys on ollut nopeaa, mutta myös mobiiliverkon laitteet ja palvelut ovat kehittyneet valtavasti (Seppälä 2019). Päätelaitte on yksi arvoketjun kriittisimmistä elementeistä, jonka käyttökokemus määrittelee lopulta verkon arvon (Asif 2010). Mobiiliverkon mahdollistamat palvelut ovat kehittyneet puhumisesta viesteihin, multimediaviesteihin, sähköposteihin, etätöihin, sosiaaliseen mediaan, videoihin ja pilvipalveluihin. Lisäksi verkkopelaamisen suosio on kasvanut räjähdysmäisesti. Mobiiliverkon päätelaitteet ovat kehittyneet puhelimesta tietokoneisiin, maksupäätteisiin, turvalaitteisiin ja

tabletteihin. Datankäytön määrä on räjähtänyt mobiiliverkon evoluution seurauksena. Alkuaikojen muutaman kilobittiä sekunnissa nopeuksien sijaan nykyään siirretään satoja megabittejä sekunnissa. Siirtonopeudet ovat kasvaneet moninkertaisiksi parissa kymmenessä vuodessa (Seppälä 2019).

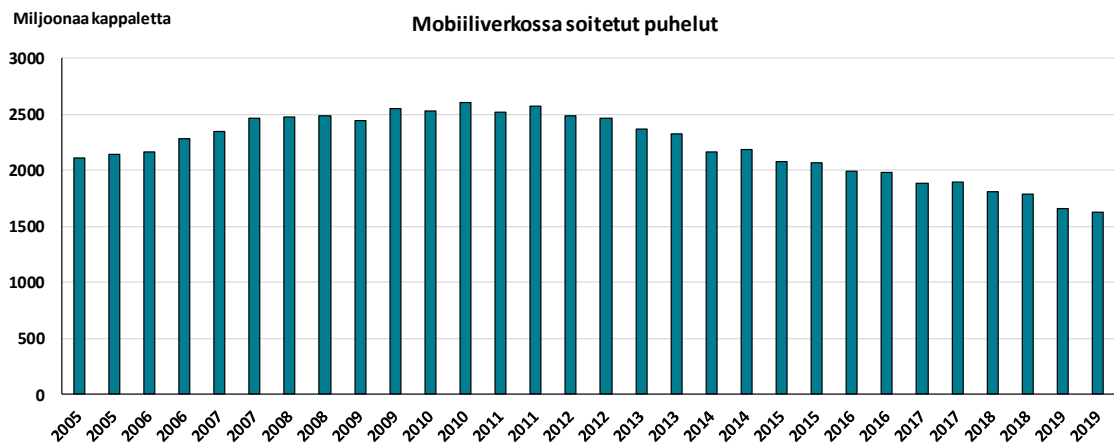
Vuoden 2019 ensimmäisellä puoliskolla Suomessa siirrettiin mobiilidataa eniten maailmassa yhtä liittymää kohden. Yhtä SIM-korttia kohden dataa siirrettiin keskimäärin 17,3 gigatavuuta kuukaudessa. Keskiarvo SIM-korttia kohden nousee jopa 20,3 gigatavuun kuukaudessa, kun luvuissa ei huomioida M2M (Machine to Machine) SIM-kortteja, jotka käyttävät yleisesti vähemmän dataa (Tefficient 2019). Vuonna 2019 ensimmäisellä puoliskolla mobiiliverkon liittymien määrä oli Suomessa 9,34 miljoonaa, joista kotitalouksien käytössä liittymistä oli 73 prosenttia (Traficom 2020).

Kolme yleisintä mobiiliverkon palvelua ovat tekstiviestit, puhelut ja data. Lähetettyjen tekstiviestien kokonaismäärä on laskenut vuodesta 2012 lähtien. Kuvassa 1 on esitetty lähetettyjen tekstiviestien määrä Suomessa vuosina 2009-2019. Lähetettyjen tekstiviestien kokonaismäärän ennustetaan edelleen laskevan älypuhelimien uusien sovellusten myötä. Yhä useampi asiakas käyttää älypuhelimellaan viestintään Facebookin, Instagramin tai WhatsAppin tyyppisiä sovelluksia. Uudet sovellukset ovat tyypillisesti ilmaisia, kun viestintä tapahtuu rajattomalla datankäytöllä varustetun liittymän kautta. Uudet sovellukset tarjoavat uusia laajennettuja ominaisuuksia perinteisiin tekstiviesteihin verrattuna. Operaattorit tarjoavat vastapainona liittymiin rajattomia tekstiviestipaketteja. Tästä huolimatta viestintä on räjähdysmäisesti siirtynyt WhatsAppin kaltaisiin sovelluksiin (Halonen & Palo 2018). Tulevaisuuden kannalta on selvää, että lähetettyjen tekstiviestien määrä tulee vähenemään vuosi vuodelta ja viestintä tulee siirtymään jossain vaiheessa kokonaan datapohjaiseen viestintään.



Kuva 1. Mobiiliverkon lähetettyjen tekstiviestien määrän kehitys Suomessa (Traficom 2018A).

Mobiiliverkon puhelujen määrä on laskenut vuodesta 2012 lähtien. Kuvassa 2 on esitetty soitettujen puheluiden kokonaismäärä Suomen mobiiliverkossa vuosina 2005-2019. Puheluiden vähentymiseen vaikuttaa samoin kuin tekstiviestien vähentymiseen datapohjaisten sovellusten yleistyminen. Yrityksen käyttävät Skype for Business kaltaisia VoIP-palveluja (Voice over IP) yhä kasvavissa määrin. Palvelut tarjoavat laajemmat yhteydenpito-ominaisuudet kustannustehokkaasti. VoIP-palvelut ovat yleistyneet myös kuluttajien keskuudessa, kun Skypen kaltaiset palvelut ovat valmiiksi asennettuna uusissa puhelimissa. WhatsAppiin tuli mahdollisuus VoIP-puheluihin vuoden 2015 alussa, mikä on entisestään lisännyt VoIP-puheluiden määrää nuorten keskuudessa (Halonen & Palo 2018). Operaattorit käyttävät myös VoLTE (Voice over LTE) tekniikkaa, jossa äänipuhelut kulkevat 4G-verkossa 3G- tai GSM-verkkojen sijasta. Kuten tekstiviestienkin osalta, myös mobiiliverkon puhelujen määrä tulee laskemaan entisestään ja puhelut siirtyvät hiljalleen datapohjaisiin puheluihin.

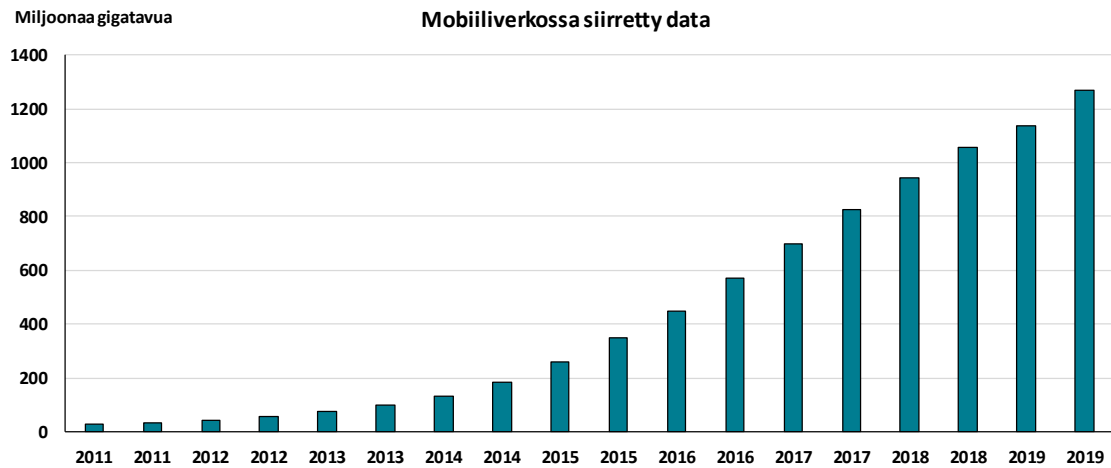


Kuva 2. Mobiiliverkon soitettujen puheluiden määrän kehitys Suomessa (Traficom 2018A).

Mobiiliverkot ovat kuluneen parin vuosikymmenen aikana voimakkaasti muuttuneet palveluja tuottavasta kokonaisuudesta palveluita välittäväksi kokonaisuudeksi. Mobiiliverkkojen alkuaikoina verkkoja operoineet operaattorit tuottivat suuren osan käytetyistä palveluista. Nykyään mobiiliverkkojen rooli on enemmän olla verkko, jolla palveluita saavutetaan. Sosiaalisen median palvelut, viihdepalvelut ja yrityspalvelut tuotetaan muiden kuin mobiiliverkkoja operoivien operaattoreiden toimesta (Seppälä 2019).

3G- ja 4G-tekniikat ovat tuoneet langattoman datan saataville kaikkialle ja tarjonneet käytön vaatimaa suorituskykyä. Langaton data tarjoaa monipuoliset käyttömahdollisuudet ja tämän vuoksi käytetyn datan määrä on kasvanut nopeasti (Holma et al. 2020). Kuvassa 3 on esitetty mobiiliverkossa siirretty datamäärä vuosina 2011-2019. Suomessa mobiilidatan käytön kasvu selittyy tiedonsiirtokäytöltään rajoittamattomien liittymien yle-

syydellä, mikä taas on johtanut siihen, että matkaviestinverkon liittymiä käytetään kotitalouksissa yleisesti kiinteiden laajakaistaliittymien sijasta. Mobiililaajakaistan käyttö on yleistynyt voimakkaasti kaikkialla ja tätä on tukenut yhä uusien internet-sovellusten yleistyminen (Traficom 2019).



Kuva 3. Mobiiliverkon datankäytön kehitys Suomessa (Traficom 2018B).

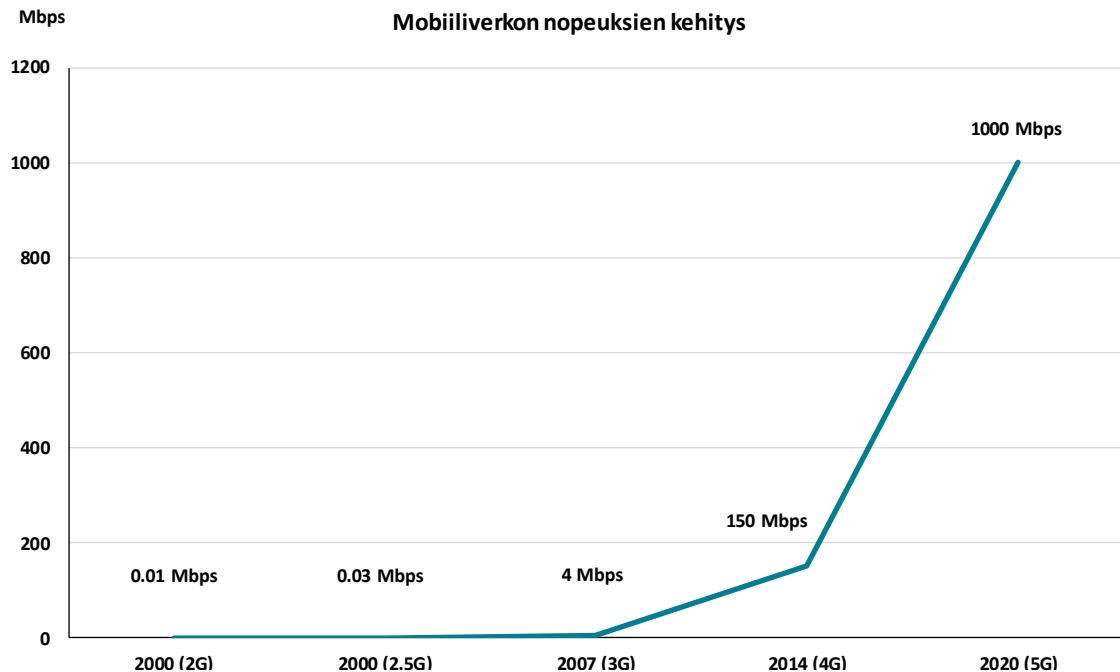
Tietoliikenneverkkojen tarve on kasvanut yhteiskunnan digitalisoitumisen myötä. Tietoliikenneverkot nähdään myös merkityksellisempänä kuin aikaisemmin. Uudet ilmiöt kuten tekoäly, datatalous, esineiden internet, koneiden ja laitteiden välinen viestintä, automaatio- ja robotiikkakehitys sekä virtuaalitodellisuus edellyttävät yhä nopeampia ja luotettavimpia yhteyksiä. Sähköisten palvelujen ja asiointin lisääntyminen ovat myös osaltaan lisänneet verkkojen liikennettä. Palvelut digitalisoituvat kovaa vauhtia ja niiden halutaan olevan käytettävissä ajasta tai paikasta riippumatta. Tämän vuoksi erityisesti mobiiliverkkojen suosio on lisääntynyt ja operaattoreilla on tarve laajentaa verkon saataavuutta ja peittoa (Wiren et al. 2019).

2.2 Verkon teknologiat

Mobiiliverkoilla tarkoitetaan operaattorien tai viranomaisten omistamia matkaviestintäverkkoja (Seppälä 2019). Mobiiliverkko koostuu tukiasemista ja kiinteästä verkosta. Puhelut, viestit ja data siirtyy matkapuhelimesta radiosignaalina lähimpään tukiasemaan ja siitä edelleen kiinteään verkkoon joko suoraan tai mikroaaltolinkin kautta.

Ensimmäisen sukupolven (1G) verkosta puhuttaessa tarkoitetaan jo käytöstä poistettua NMT (Nordic Mobile Telephone) teknologiaa. Toisen sukupolven (2G) verkosta puhuttaessa tarkoitetaan yleisesti GSM (Global System for Mobile Communication), GPRS (General Packet Radio Service) tai EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) -teknologiaa. Kolmannen sukupolven (3G) verkosta puhuttaessa tarkoitetaan yleisesti

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) -teknologiaa. Neljännen sukupolven (4G) verkosta puhuttaessa tarkoitetaan yleisesti LTE (Long Term Evolution) -teknologiaa (Säteilyturvakeskus 2019). Kuvassa 4 on esitetty mobiiliverkon nopeuksien kehitys eri teknologioiden vaiheessa.



Kuva 4. Mobiiliverkon nopeuksien kehitys (Seppälä 2019).

Analogisen NMT-matkapuhelinverkon toiminta alkoi Suomessa vuonna 1981. NMT-verkkoa käytettiin pohjoismaissa ja se oli maailman ensimmäinen mobiiliverkko. NMT-verkossa puhelut toimivat valtakunnanrajojen yli. NMT:n käyttö yleistyi nopeasti Suomessa. Ensimmäisenä otettiin mobiilikäyttöön 450 MHz taajuus ja pian perässä 900 MHz -taajuus (Ficom 2018).

Analogisten järjestelmien suunnittelijat eivät kuitenkaan ymmärtäneet, että matkapuhelimesta tulisi lyhyessä ajassa yleinen ja suosittu palvelu ja siten kyseisten järjestelmien kapasiteetti olisi melko rajallinen (Glabowski et al. 2011). NMT:n huippuvuosi oli Suomessa 1996. Tällöin verkoissa oli yhteensä yli 600 000 liittymää. Suomessa NMT-900-verkko suljettiin vuoden 2001 alussa ja NMT-450 pari vuotta myöhemmin (Smura & Kivi 2011).

Suomesta tuli ensimmäinen maa, joka avasi GSM-verkot yleisölle vuonna 1991. Vuosikymmenen aikana rakennettiin valtakunnallinen GSM-peittoalue. GSM osoittautui suureksi menestykseksi ja liittymien määrä kasvoi nopeasti. Vuonna 1998 liittymiä oli 2,5 miljoonaa (Smura & Kivi 2011). GSM-verkot toivat mukanaan uusia mahdollisuuksia kommunikointiin. Puhelujen lisäksi tekstiviestien lähettäminen tuli mahdolliseksi. Teksti-

viestit tulivat markkinoille vuonna 1995. Vuonna 1999 niitä lähetettiin Suomessa 705 miljoonaa kappaletta. Huippuvuonna 2012 suomalaiset lähettivät tekstiviestejä yli 4,3 miljardia kertaa. Suomalaiset ottivat mobiilikommunikaation nopeasti omakseen ja vuonna 1999 matkapuhelinliittymät ylittivät lankapuhelinliittymien määrän (Ficom 2018).

Matkapuhelindatapalvelujen käytön tukemiseksi suomalaiset operaattorit ovat tehneet verkoissaan useita teknisiä päivityksiä: vuosina 2000–2001 GPRS ja vuosina 2003–2004 GSM Evolution (EDGE) (Smura & Kivi 2011).

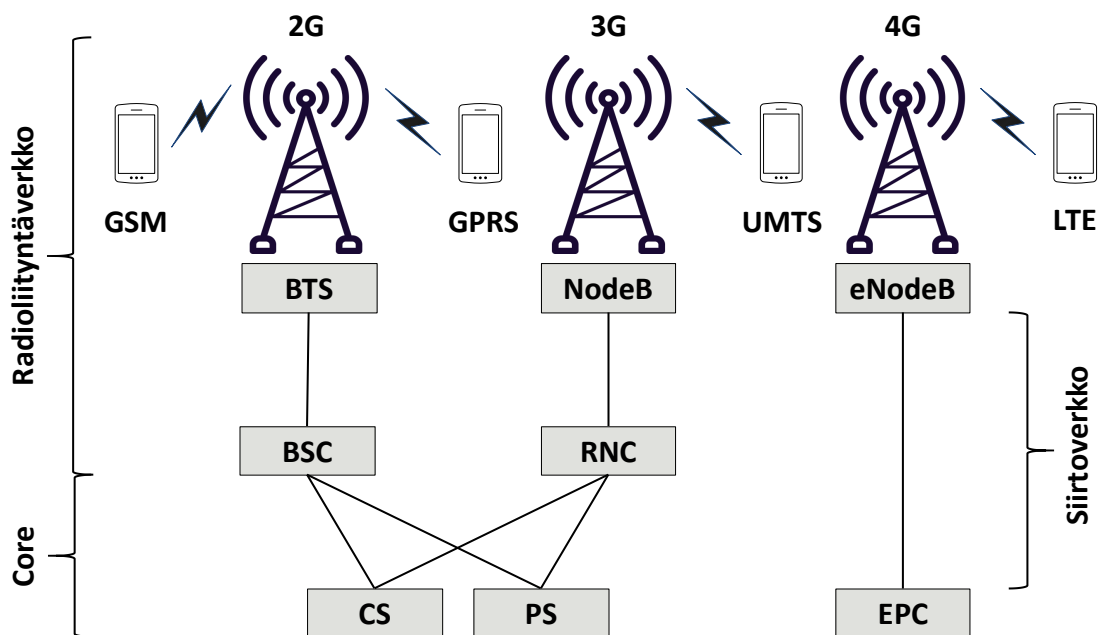
UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) on yksi kolmannen sukupolven matkaviestinjärjestelmän tärkeimmistä ja suosituimmista standardeista (Li 2011). UMTS-verkot otettiin käyttöön 2000-luvun puolivälissä. Aluksi 3G-verkot kattoivat Suomessa pääkaupunkiseudun ja suuret kaupungit, mutta tällä hetkellä verkko ulottuu käytännössä kaikkialle Suomeen. UMTS toi tiedonsiirron yhä tärkeämmäksi ominaisuudeksi puhumisen rinnalle (Ficom 2018).

LTE (Long Term Evolution) on 4G-tekniikka, joka lisää matkaviestindatan siirtonopeuksia ja lyhentää viiveitä. Nopeudet nousevat parhaimmillaan 100 megabittiin sekunnissa. Toisin kuin edellisissä sukupolvissa, radioliikenne tukiasemasta päätelaitteeseen on toteutettu erilaisella tekniikalla, kuin liikenne päätelaitteesta tukiasemaan (Seppälä 2019). LTE-verkot käynnistettiin kaupallisesti vuonna 2009. Tekniikan avulla mobiiliverkon ominaisuuksia pystyttiin parantamaan huomattavasti. LTE on mahdollistanut suuren määrän uusia sovelluksia älypuhelimissa ja tuonut nopean internet-yhteyden sadoille miljoonille ihmisille, joilla ei ole koskaan ollut internet-yhteyttä aikaisemmin (Holma et al. 2020).

5G-tekniikka on uusin mobiilitekniikoiden sukupolvi, joka otettiin kaupallisesti käyttöön Suomessa vuonna 2019. 5G-verkko on lisäkerros aikaisempien sukupolvien verkkojen päälle. 5G:ssä hyödynnetään nykyistä verkkoa ja tehostetaan taajuuskaistojen yhteiskäyttöä. 5G-verkko ei poista tarvetta aikaisempien sukupolvien tekniikoille. 2G-, 3G- ja 4G-yhteydet tulevat jatkossakin palvelemaan erilaisissa käyttötarkoituksissa (Seppälä 2019). 5G:n tavoitteet asetetaan huomattavasti LTE:n ulkopuolelle teknisten mahdollisuuksien ja mahdollisten käyttötapauksien suhteen. 5G on suunniteltu tarjoamaan erittäin luotettavaa pienen latenssin viestintää, joka avaa täysin uudet sovellusalueet yritysviestintään, etäohjaukseen, e-urheiluun tai pelaamiseen internetissä. 5G lisää myös mobiililaajakaistan suorituskykyä tiedonsiirtonopeudelle, joka on yli 1 Gbps (Holma et al. 2020).

2.3 Verkon rakenne

Mobiiliverkon rakenne voidaan jakaa radioliityntäverkkoon, siirtoverkkoon ja core-verkkoon (kuva 5). Radioliityntäverkko hallitsee ilmarajapinnan resursseja. Se optimoi ja ylläpitää signaalia päätelaitteelle ja hyödyntää tehokkaasti olemassa olevia resursseja. Siirtoverkko toimii siirtotienä radioliityntäverkon ja core-verkon välissä. Siirtoverkkoa pitkin liikenne ohjautuu myös core-verkosta muihin ulkoisiin verkkoihin. Siirtoverkon kautta kulkeutuu sekä mobiiliverkon, että kiinteänverkon liikenne. Core-verkko hallinnoi tilaajatietoja, todennusta, laskutusta, mobiliteettia ja on yhteydessä muihin verkkoihin (Metsälä & Salmelin 2012).



Kuva 5. Mobiiliverkon rakenne (mukaillen 3GPP 2017).

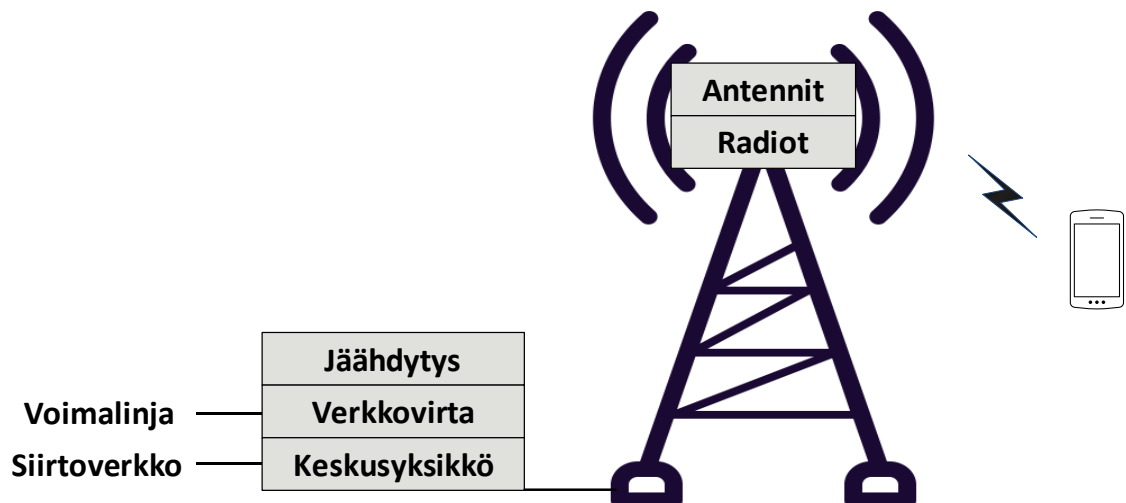
2.3.1 Radioliityntäverkko

Mobiiliverkoissa liityntäverkoista käytetään nimitystä radioliityntäverkko (RAN). Radioliityntäverkkoon kuuluvat tukiasema, sekä laitetila verkon elementteineen ja tukiasemaohjaimet. Radioliityntäverkon avulla käyttäjät liittyvät operaattorin langattomaan verkkoon (Jokinen et al. 2019).

Mobiiliverkko on jaettu soluihin. Soluilla tarkoitetaan samaa maantieteellistä aluetta palvelevan, tiettyyn tukiasemaan kuuluvan lähetin vastaanottimen peittoaluetta. Soluja voidaan nimetä muun muassa koon mukaan, esimerkiksi pikosolu, mikrosolu ja makrosolu. Pikosolujen kantama on noin 100 metriä, mikrosolujen kantama on noin 1 km ja makrosolujen kantama on useita kilometrejä. Solun koko ja muoto riippuvat lähettimen taajuusalueesta, tehosta, tukiasema-antennien suuntakuvioista ja maastosta. Lähettimien tehoja säädetään optimaaliseksi. Harvaan asutuilla alueilla solujen koko on tyypillisesti

suurempi. Laajemman peittoalueen vuoksi tukiasemien lähettimien tehot ovat suuremmat. Taajamissa on tyypillisesti useampia tukiasemia tietyllä alueella. Tällöin pystytään tarjoamaan riittävä kapasiteetti ja peittämään katvealueet. Jokainen tukiasema pystyy käsittelemään rajallisen määrän liikennettä kerralla. Kun tukiasemia on harvemmassa, käytetään tyypillisesti matalia taajuuksia, jotka mahdollistavat pidemmät välimatkat. Kun tukiasemia on paljon lähemmäs, käytetään tyypillisesti korkeita taajuuksia, jotka mahdollistavat suuremman tehon, mutta lyhemmän etäisyyden (Apilo et al. 2015). Kaupungeissa ja taajamissa käytetään tyypillisesti talojen katoille sijoitettavia tukiasemia. Harvaan asutuilla alueilla käytetään tyypillisesti tukiasemamastoja (Säteilyturvakeskus 2019). Tukiasemiin on tyypillisesti sijoitettu useamman operaattorin elementit. Tukiasemaverkko peittää käytännössä koko Suomen (Apilo et al. 2015).

Tukiasema koostuu laitetilasta ja mastosta (kuva 6). Laitetilana saattaa toimia kaappi maston vieressä, vuokrattu tila tai isompi rakennus. Laitetilassa on tyypillisesti laiteteline, johon on sijoitettu keskusyksikkö. Siirtoverkon yhteys ja sähkönsyöttö on rakennettu laitetilaan. Tilaan on asennettu jäähdytys, joka pitää laitteet viileänä. Tilaan on tyypillisesti asennettu myös akustot häiriötilanteiden varalta. Mastoon on sijoitettu radiot ja antennit. Antenneja käytetään sähkömagneettisten aaltojen vastaanottoon ja lähettämiseen. Antennien koko vaihtelee käyttötarkoituksen, käytettävän taajuuden ja tekniikan mukaan. Antenni on yhdistetty kaapelilla radioon. Laitetilasta on rakennettu kaapelireitti keskusyksiköiden ja radioiden välille. Keskusyksikkö ja radio hallitsevat antennien toimintaa ja ohjaavat signaalit oikeisiin paikkoihin (Jokinen et al. 2019).



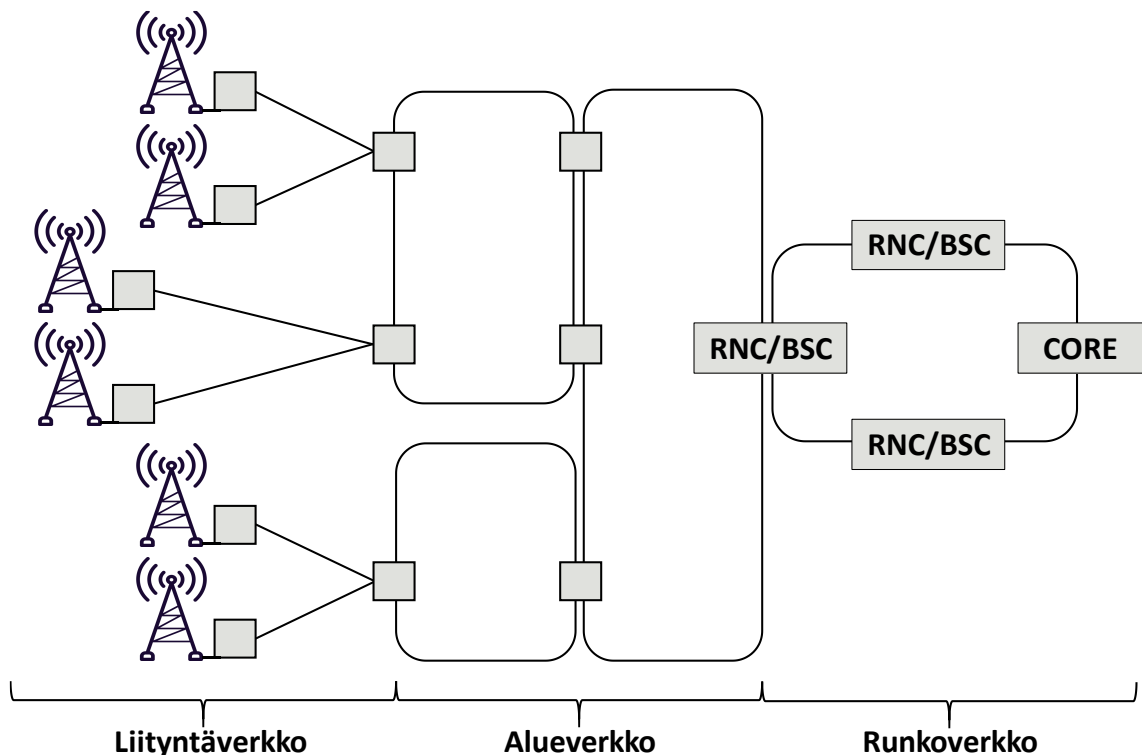
Kuva 6. Radioliityntäverkon laitetilä ja tukiasema (DNA Akatemia 2019).

Tukiasemien yhteyksiä ei tyypillisesti ole varmistettu, ellei loppukäyttäjä ole valmis maksamaan tästä ylimääräistä. Varmistuksia on kuitenkin toteutettu esimerkiksi sairaaloille ja tehtaille. Varmistukset on toteutettu siten, että vikatilanteessa liikenne ohjautuu aikaisemman sukupolven verkkoon tai toiseen lähellä olevaan tukiasemaan (Jokinen et al. 2019).

2.3.2 Siirtoverkko

Radioliityntäverkko muuttuu siirtoverkoksi, kun yhteys lähtee ensimmäiseltä tilaajayhteydet kokoavalta tukiasemapaikalta eteenpäin. Mastoon on sijoitettu operaattorin antennit, jotka keräävät useamman loppukäyttäjän yhteydet ja lähettävät ne maston aktiivilaitteiden yhteyttä pitkin eteenpäin siirtoverkkoon (Jokinen et al. 2019).

Siirtoverkot tarjoavat yhteydet eri maantieteellisissä paikoissa sijaitsevien verkon elementtien välillä. Erilaisten verkkosuunnittelu- ja optimointikriteerien vuoksi siirtoverkko on hyödyllistä jakaa eri tasoihin. Operaattorit käyttävät erilaisia nimeämiskäytäntöjä eri verkon tasoille. Siirtoverkko voidaan jakaa liityntäverkkoon, alueverkkoon ja runkoverkkoon. Siirtoverkon rakenne on esitetty kuvassa 7 (Metsälä & Salmelin 2012).



Kuva 7. Siirtoverkon rakenne (mukaillen Metsälä & Salmelin 2012).

Mobiiliverkko koostuu tyypillisesti tuhansista tukiasemista, jotka sijaitsevat liityntäverkon päässä. 2G-verkon tukiasemia ohjaavat BSC (Base Station Controller) -tukiasemaohjaimet ja 3G-verkon tukiasemia ohjaavat RNC (Radio Network Controller) -tukiasemaohjaimet, jotka sijaitsevat tyypillisesti alueverkon ja runkoverkon välissä sijaitsevassa laitetilassa. Runkoverkko yhdistää core-verkon laitetilat, joita on tyypillisesti verkossa hyvin vähän. Siirtoverkon päätehtävänä on kytkeä suuri joukko tukiasemia suhteellisen pienen määrään laitetiloja, jossa mobiiliverkon core-laitteet sijaitsevat. Siirtoverkko ei tulkitse mobiiliverkon liikennettä, mutta sen ominaisuudet vaikuttavat mobiiliverkon toimintaan monin tavoin (Metsälä & Salmelin 2012).

Tärkeimmät siirtotavat siirtää bittejä paikasta toiseen ovat valoimpulsseina valokuiduissa ja sähkömagneettisena säteilynä radiotiellä. Siirtoverkko koostuu pääasiassa kaapelireiteistä, mutta vaikeasti saavutettavien paikkojen välille on rakennettu radiolinkkejä. Valokuitujen suurimpina etuina ovat suuret siirtonopeudet ja pitkät siirtoetäisyydet. Suurimpana heikkoutena on valokuitukaapeleiden rakentamisen korkea hinta. Valokuiduissa bitit siirretään paikasta toiseen valoimpulsseina. Kuidun tyyppi, laatu, siirtoetäisyys ja lähetin/vastaanotintekniikka määrittävät suurimman mahdollisen siirtonopeuden. Radiotie on siirtojärjestelmänä joustava. Se ei ole riippuvainen mistään fyysisestä siirtomediasta. Se on saavutettavissa kuuluvuuden rajoissa kaikkialla. Se heikkoutena on juuri kuuluvuuteen liittyvät ongelmat, esimerkiksi teräsrakenteiden tai paksujen betonirakenteiden läpi radiosignaalit etenevät huonosti. Samoin sen häiriöherkkyys muille radiotaajuisille signaaleille aiheuttaa ongelmia. Pääsääntö on, että mitä lyhempi on haluttu siirtoetäisyys, sitä suurempiin siirtonopeuksiin päästään (DNA Akatemia 2019).

Siirtoverkon yhteydet on tyypillisesti varmistettu. Tämä tarkoittaa, että yhteydelle on varattu yksi tai useampi vaihtoehtoinen reitti vikatilanteiden varalta. Pääreitien vikaantuessa liikenne kääntyy automaattisesti varareitille. Siirtoverkon laitteet on myös yleensä varmistettu varavoiman avulla. Siirtoverkon laitteita ovat pääasiassa kytkimet ja reitittimet. Nämä sijaitsevat operaattorin hallinnoimissa laitetiloissa. Laitetiloja saattaa olla useita yhden kaupungin alueella (Jokinen et al. 2019).

2.3.3 Core-verkko

Core-verkko muodostaa mobiiliverkon ytimen. Core-verkossa sijaitsevat laitteet, jotka ovat yhteyskapasiteetiltaan ja tiedonkäsittelyltään verkon tehokkaimpia. Core-verkon laitteita on verkossa vähän ja ne ovat arvokkaita. Core-verkon laitteet ovat tyypillisesti sijoitettu kaupunkien isoihin laitetiloihin. Core-verkon kautta kulkevat esimerkiksi maan-

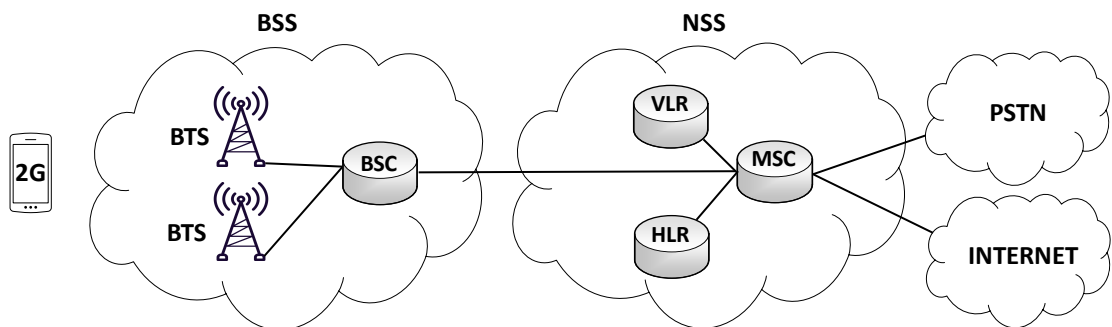
osien ja valtioiden väliset yhteydet. Core-verkko on varmistettu silmukoimalla aktiivilaitteet, varavoimalla ja akustoilla (Jokinen et al. 2019). Core-verkon laitteisiin ja niiden kehitykseen tutustutaan tarkemmin kappaleessa 2.4.

2.4 Verkon kehitys

Mobiiliverkkojen rakenne on monimutkainen. Saumattoman liikkuvuuden aikaansaaminen vaatii paljon tekniikkaa ja eri komponentteja. Mobiiliverkot ovat kehittyneet nopeasti ja käytössä on rinnakkain eri sukupolvien tekniikkaa. Tehokkain tapa ymmärtää nykypäivän verkkoarkkitehtuuria on lähteä historiasta liikenteeseen. Uusien verkkorakenteiden ymmärtäminen on helpompaa, kun ymmärtää mobiiliverkon peruskomponentit historiasta (DNA Akatemia 2019).

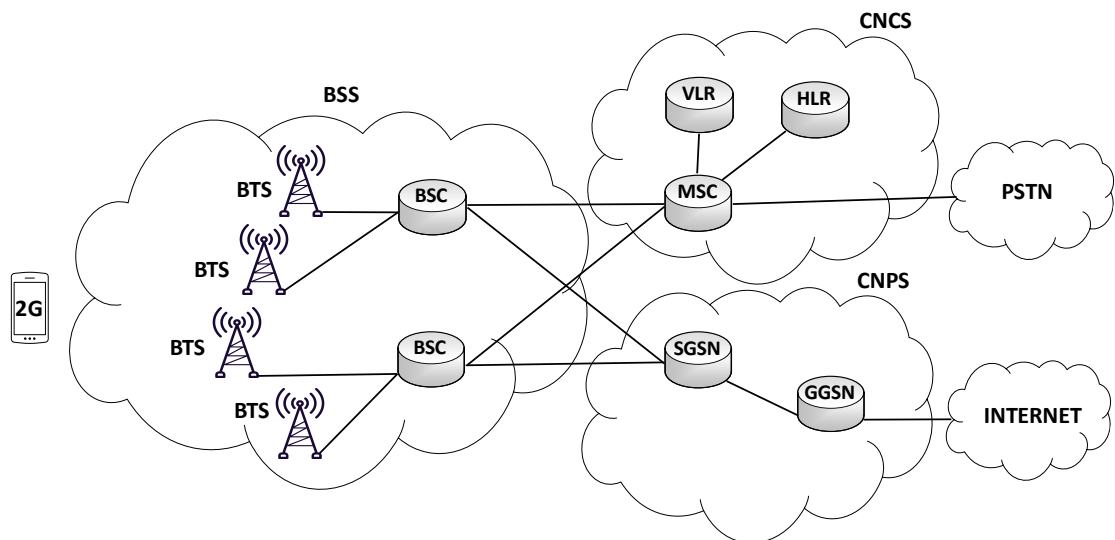
2.4.1 Toisen sukupolven verkon kehitys

2G eli GSM-verkko (kuva 8) koostuu kahdesta osasta BSS (Base Station Subsystem) ja NSS (Network Switching Subsystem). BSS toimii radiorajapintana ja NSS-verkon kytkennät tuottavana osana. BSS koostuu kahdesta komponentista: tukiasemat BTS (Base Transceiver Station) ja tukiasemaohjaimet BSC (Base Station Controller). Yksi tukiasemaohjain ohjaa useita kymmeniä tukiasemia. Tukiasemaohjaimet on puolestaan kytketty mobiilikeskukseen MSC (Mobile Switching Center). MSC ohjaa NSS:n sisältämiä elementtejä. Jokaisessa mobiilikeskuksessa on vierailijarekisteri VLR (Visitor Location Register). Vierailijarekisteri sisältää tiedot liittymistä, jotka ovat mobiilikeskuksen maantieteellisellä palvelualueella. Jokaisella operaattorilla on NSS-osiossa kotirekisteri HLR (Home Location Register) niminen komponentti. Kotirekisteri sisältää operaattorin liittymien tilaajatiedot. Mobiilikeskusten määrä verkossa vaihtelee sen mukaan, kuinka iso operaattorin verkko on. Mobiilikeskuksista on yhteys kiinteään puhelinverkkoon PSTN (Public Switched Telephone Network) ja Internetiin datayhteyksiä varten (DNA Akatemia 2019).



Kuva 8. 2G-verkon perusrakenne (mukaillen DNA Akatemia 2019).

GSM-verkossa yhteys internettiin muodostettiin avaamalla piirikytkentäinen datayhteys. Yhteys soitettiin ensin auki ja tämän jälkeen siirrettiin piirikytkentäisesti dataa. Jokainen sekunti maksoi käyttäjälle, siitä huolimatta käytettiinkö yhteyttä vai ei. Nopeasti GSM:n kehittämisen jälkeen tajuttiin, että datayhteyksille oli tehtävä jotain. Tämän vuoksi kehitettiin 2.5G-tekniikka GPRS. 2.5G-verkon rakenne on esitetty kuvassa 9 (DNA Akatemia 2019).



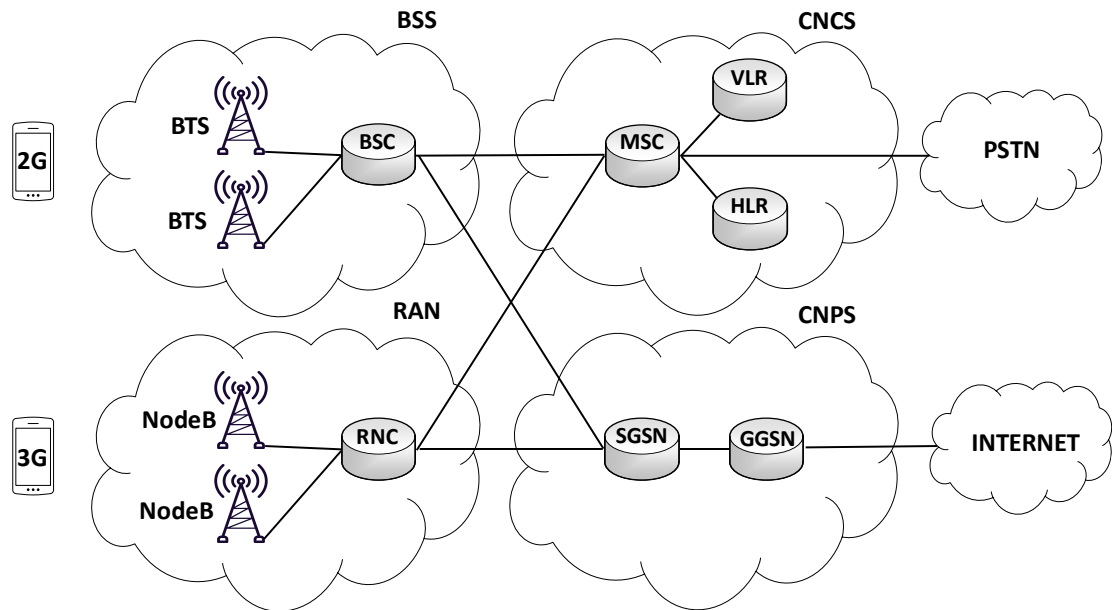
Kuva 9. 2.5G-verkon perusrakenne (mukaien DNA Akatemia 2019).

2.5G-tekniikka ei tuonut suuria muutoksia BSS-liityntäverkkoon. Core-verkossa tapahtui suuri muutos, kun pakettikytkentäisyys haluttiin dataliikenteeseen. Piirikytkentäisen core-verkon rinnalle rakennettiin pakettikytkentäinen CNPS-verkko (Core Network Packet Switched). Core-verkossa NSS säilytti saman rakenteen, mutta sitä alettiin kutsua CNCS-verkoksi (Core Network Circuit Switched). Pakettikytkentäinen core-verkko CNPS koostui kahdesta komponentista SGSN (Serving GPRS Support Node) ja GGSN (Gateway GPRS Support Node). CNCS kytkeytyy PSTN-verkkoon ja CNPS kytkeytyy internettiin. 2.5G-tekniikan kehittämisen jälkeen päätelaitteen puhelinliikenne kytkeytyy piirikytkentäisen verkon kautta puhelinverkkoon ja dataliikenne pakettikytkentäisen verkon kautta internettiin (DNA Akatemia 2019).

2.4.2 Kolmannen sukupolven verkon kehitys

Dataliikenteen suosion kasvu ja suurempien nopeuksien tarve johtivat 3G-tekniikan kehitykseen. Liityntäverkoissa BSS-verkon rinnalle kehitettiin RAN (Radio Access Network). RAN koostui kahdesta komponentista: tukiasemista NodeB ja radioverkko-ohjaimista RNC (Radio Network Controller). Uuden radorajapinnan myötä käyttäjien nopeuksiin saatiin lisää tehoa. Core-verkon rakenteeseen ei tullut suuria muutoksia ja verkon

pääajatus pysyi samanlaisena (DNA Akatemia 2019). 3G-verkon perusrakenne on esitetty kuvassa 10.

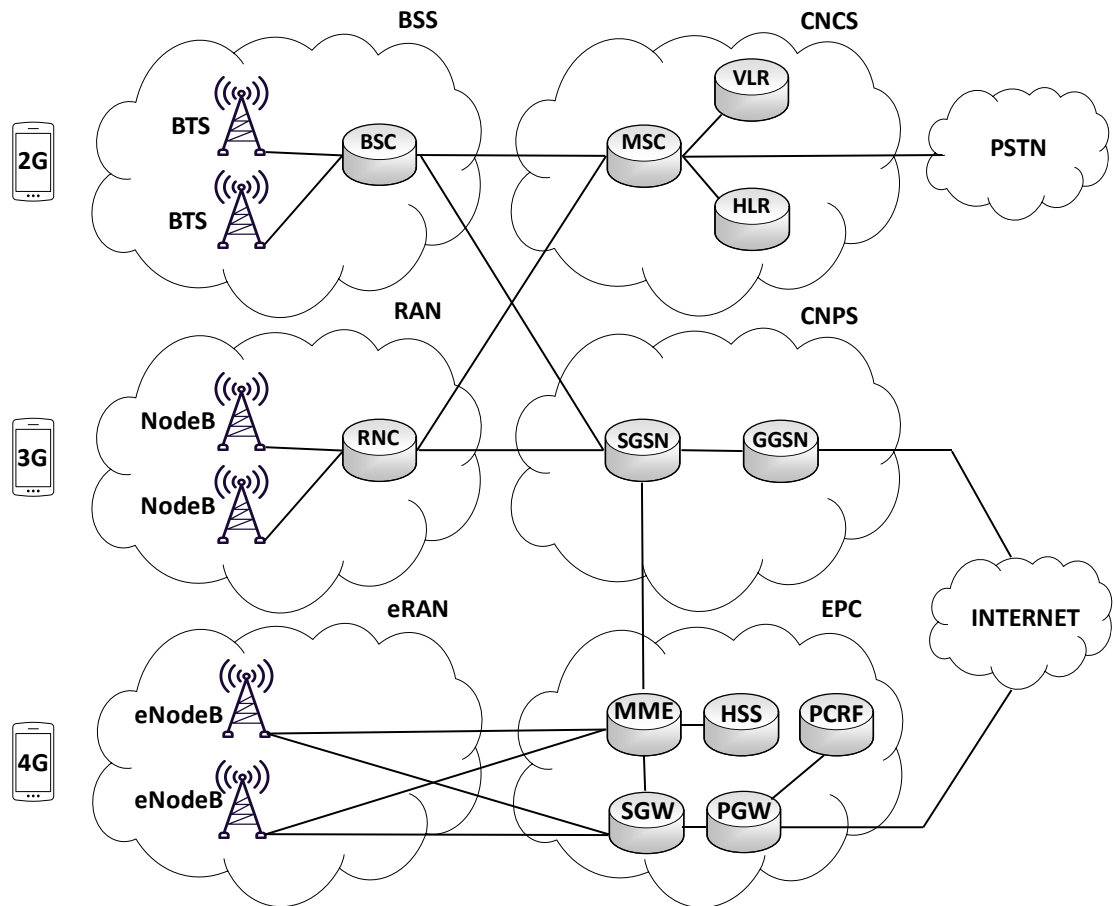


Kuva 10. 3G-verkon perusrakenne (mukaillen DNA Akatemia 2019).

Muutos 2G-tekniikasta 2.5G-tekniikkaan vaati core-verkon muutosta, joka ei ollut työmäärällisesti suuri tai myöskään taloudellisesti kallista. Muutos 2G-tekniikasta 3G-tekniikkaan puolestaan oli suuri koska tämä tarkoitti uuden radiorajapinnan rakentamista. Tämä tarkoitti käytännössä useiden tuhansien uusien tukiasemien ja tukiasemaohjainten rakentamista. Yhteydet (siirtoverkko) piti tietysti rakentaa myös tukiasemaohjainten ja core-verkon välille. Tämä vaati työmäärällisesti ja taloudellisesti suuria panostuksia. Verkon päivittäminen ja laajentuminen vei myös paljon aikaa (DNA Akatemia 2019).

2.4.3 Neljännen sukupolven verkon kehitys

Kehitys ei päättynyt tähän, vaan seuraavaksi kehitettiin 4G-tekniikka. Tässä vaiheessa dataliikenteen määrä oli ylittänyt puheliikenteen määrän moninkertaisesti ja kehityksen trendille ei näkynyt loppua. 4G-tekniikassa core-verkosta kehitettiin EPC (Evolved Packet Core), jossa kaikki verkon liikenne on pakettivälitteistä (kuva 11). EPC yhdistää liikenteen puhelinverkkoon ja internetiin. 4G-tekniikassa kehitettiin jälleen uusi radiopääsyverkko eRAN (Evolved Radio Access Network), joka koostui tukiasemista eNodeB. Tukiasemat liitetään suoraan kiinni core-verkkoon. Kuten aikaisempienkin sukupolvien tekniikassa, core-verkon muutokset pystyttiin toteuttamaan nopeammin. Uuden radiorajapinnan laajentuminen puolestaan oli hitaampaa ja kalliimpaa (DNA Akatemia 2019).



Kuva 11. 4G-verkon perusrakenne (mukaillen DNA Akatemia 2019).

EPC koostuu kolmesta pääelementistä: MME (Mobile Management Entity), SGW (Serving Gateway) ja PGW (Packer Data Network Gateway). MME on LTE-verkkoa hallinnoiva elementti. Tukiasemat eivät tarvitse erillisiä ohjaimia kuten aikaisemman sukupolven verkoissa. MME antaa tietoa käyttäjistä HSS:n (Home Subscriber Server) avulla. HSS on HLR:n kehitys LTE-verkoissa. HSS-tallentaa samoin kuin HLR käyttäjätietoa ja aktiivisia palveluita. SGW on elementti, joka vastaanottaa tietoliikennettä tukiasemilta. PGW-toiminnot ovat samanlaiset kuin GGSN-toiminnot. PGW on raja mobiiliverkon ja internetin välillä. Se määrittää käyttäjien käyttämät IP-osoitteet ja internet-näkökulmasta kaikki yhteydet alkavat tässä elementistä (Metsälä & Salmelin 2015)

2.4.4 Viidennen sukupolven verkon kehitys

5G-verkkoa rakennetaan alkuvaiheessa olemassa oleville 2G, 3G ja 4G tukiasemapaikoille (Jokinen et al. 2019). Uusien tukiasemapaikkojen rakentaminen on kallista ja vaatii siirtoverkon laajentamista. Käyttämällä olemassa olevaan verkkoon pystytään nopeasti ja kustannustehokkaasti laajentamaan 5G-verkkoa alkuvaiheessa. Verkon laajempi kapasiteetin kasvattaminen ja korkeampien taajuuksien käyttöönotto tulee kuitenkin tulevaisuudessa vaatimaan myös radioliityntäverkon laajentamista.

2.4.5 Kehityksen yhteenveto

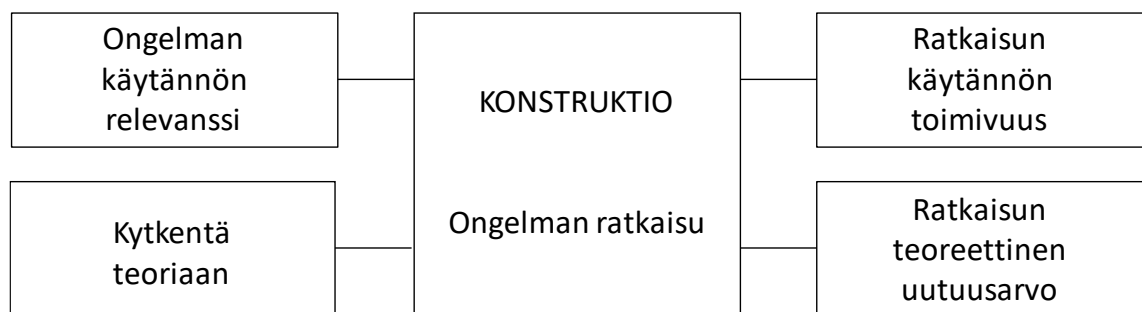
Mobiiliverkkoa on aikojen saatossa kehitetty runsaasti ja sen arkkitehtuuri on tullut päivä päivältä monimutkaisemmaksi. Verkko koostuu useista päällekkäisistä verkoista ja toisaalta monista eri palasista, joita verkkopalvelut ja asiakkaat käyttävät erittäin dynaamisesti. Tämä osaltaan tuo lisähaasteita kustannusten jyvittämiseen.

3. TUTKIMUSMENETELMÄ JA -AINEISTO

3.1 Tutkimusmenetelmän kuvaus

Tämä työ toteutetaan konstruktivisella tutkimusotteella. Konstruktio tarkoittaa ongelmanratkaisua mallin, kuvion, suunnitelman, organisaation, koneen tai vastaavan rakentamisen avulla. Olennainen osa tieteellistä konstruktivistista tutkimusta on sen kytkeytyminen aikaisempaan teoriaan ja kirjallisuuteen. Menetelmä vaatii yrityksen organisaation ja toimintatapojen syvällistä ymmärrystä, että käyttökelpoinen ratkaisu voidaan räätälöidä yrityksen käyttöön. Tutkimuksella pyritään luomaan ratkaisu käytännön ongelmaan ja osoittamaan ratkaisun toimivuus. Ratkaisu on yritykseen sovellettavissa oleva empiirinen malli (Kasanen et al. 1991). Tutkimuksen tekijällä on monen vuoden kokemus tietoliikenneverkosta ja hän toimii tutkimushetkellä kohdeyrityksen työntekijänä.

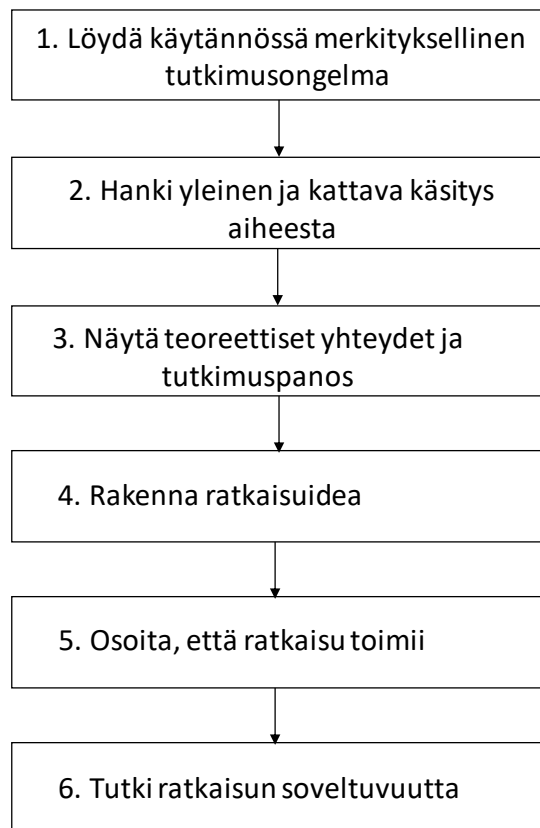
Kuvassa 12 on esitetty konstruktivisen tutkimuksen piirteet. Konstruktivisen tutkimuksen piirteisiin kuuluu, että se keskittyy tosielämän ongelmaan, joka koetaan käytännössä tarpeelliseksi ratkaista. Tutkimus edellyttää edustajien läheistä yhteistyötä, jossa odotetaan tapahtuvan kokemuksellista oppimista. Lisäksi tutkimus edellyttää, että se on liitetty aikaisempaan teoreettiseen tietämykseen ja empiirisiä havaintoja reflektoidaan takaisin teoriaan. Tutkimuksen tuloksena luodaan innovatiivinen konstruktio, jonka avulla pystytään ratkaisemaan tutkimusongelma. Tutkimus sisältää myös kehitetyn konstruktion testauksen, jolla esitetään sen käytännön toimivuus (Virtanen 2006).



Kuva 12. Konstruktivisen tutkimuksen piirteet (Kasanen et al. 1991).

Kuvassa 13 on esitetty konstruktivisen tutkimuksen vaiheet. Vaiheiden järjestys vaihtelee tutkimuskohtaisesti. Tutkimuksen lähtökohtana on löytää käytännön kannalta merkityksellinen tutkimusongelma, jolla on myös tutkimuspotentiaalia. Tutkimuksen aihepiiriin perehdytään kattavasti ja hankintaan näin teoreettinen pohja. Tutkimuksen käytännön ongelmia peilataan teoriaan ja esitetään, miten ongelmat työssä ratkaistaan. Työn poh-

dintojen pohjalta rakennetaan ratkaisuidea ja esitetään sen toiminta. Tutkimuksen lopussa todistetaan ratkaisun toiminta ja esitetään havaintoja tutkimuksen validiteetista (Kasanen et al. 1993).



Kuva 13. *Konstruktivisen tutkimuksen vaiheet (Kasanen et al. 1993).*

Konstruktivisen tutkimuksen kuvaus, piirteet ja vaiheet soveltuvat työn toteuttamiseen. Työn ongelman käytännön relevanssi esitettiin työn johdannossa. Operaattorilla ei ole keinoa arvioida mobiilituotteiden tai asiakkaiden aiheuttamia tuotantokustannuksia. Kustannusten tarkastelu laskentakohteittain helpottaisi yritystä sekä liiketoiminnan suunnittelussa, että seurannassa. Kappaleessa kaksi tutustuttiin kattavasti mobiiliverkkojen teoriaan kirjallisuuden avulla. Neljännessä kappaleessa kirjallisuudesta etsittyjä tietoja verrataan verkon nykytilaan ja esitetään havaitut yhteydet. Kappaleessa viisi tutustutaan kustannuslaskennan perusteisiin ja olemassa oleviin kustannusmalleihin kirjallisuuden avulla. Kappaleessa tarkastellaan, millaisia ongelmia kustannusten allokointiin liittyy ja millaisten valintojen kautta syntyy kustannusmalli, jonka avulla voidaan arvioida tuotteiden ja asiakkaiden aiheuttamia tuotantokustannuksia. Kappaleen viisi lopussa näytetään luodun kustannusmallin rakenne. Kappaleessa kuusi todistetaan kustannusmallin toimivuus ja analysoidaan tuloksia. Kappaleessa seitsemän esitetään kustannusmallin soveltuvuus ja työn yhteenveto.

3.2 Tutkimusaineiston kuvaus

Tutkimusaineisto koostuu mobiiliverkkojen ja kustannuslaskennan perusteiden kirjallisuudesta, sekä yrityksen julkisista ja sisäisistä dokumenteista. Tämän lisäksi työn aikana käydään jatkuvaa vuoropuhelua tekniikan ja liiketoiminnan yksiköiden asiantuntijoiden kanssa.

Mobiiliverkkojen kirjallisuuden avulla tutustutaan verkon palveluihin, teknologiaan, rakenteeseen ja kehitykseen. Tämän lisäksi mobiiliverkkoja käsittelevän kirjallisuuden avulla tutustutaan verkon kustannuselementteihin.

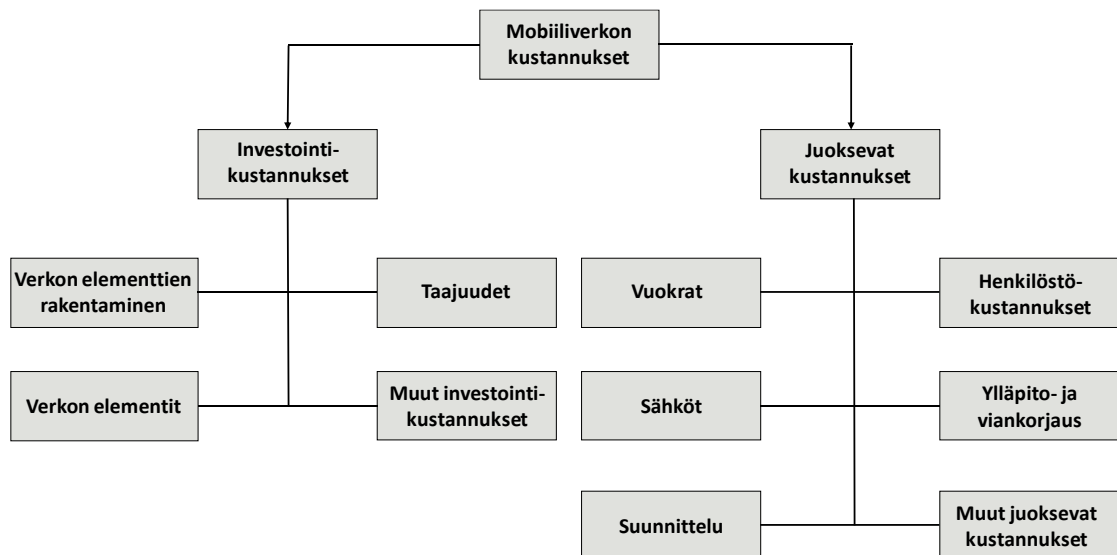
Verkon kustannuselementtien nykytilaan perehdytään kohdeyrityksen sisäisten kustannustietojen avulla. Verkon datankäytön nykytilaa selvitetään kohdeyrityksen julkisten tilinpäätösten ja vuosikertomusten avulla. Asiakkaiden ja tuotteiden datankäytön nykytila puolestaan selvitetään operaattorin sisäisten datankäytön tietojen perusteella.

Laskentatoimen kirjallisuuden avulla tutustutaan kustannuslaskennan perusteisiin, sekä olemassa oleviin kustannusmalleihin. Kustannusmalli luodaan soveltaen kirjallisuudesta opittuja tietoa, kokeellisesti tehtyjä havaintoja ja asiantuntijoiden kanssa käytyjen keskustelujen perusteella.

4. VERKON KUSTANNUKSET JA PALVELUIDEN KÄYTTÖ

4.1 Verkon kustannuselementit

Mobiiliverkon kokonaiskustannukset voidaan jakaa investointikustannuksiin CAPEX (Capital Expenditure) ja juokseviin kustannuksiin OPEX (Operating Expenditure) (Verbrugge et al. 2006). Suurimmat Investointikustannukset muodostuvat tyypillisesti verkoelementtien hankinnasta ja rakennuttamisesta, sekä taajuuksien hankinnasta. Taajuushuutokaupasta ostetut taajuudet sijoitetaan investointikustannusten puolelle. Suurimmat juoksevat kustannukset muodostuvat vuokratuista verkon elementeistä, elementtien käyttämästä sähköstä, operaattorin henkilöstökuluista, verkon suunnittelusta, sekä ylläpidosta ja huollosta. Kuvassa 14 on esitetty mobiiliverkon kustannukset.



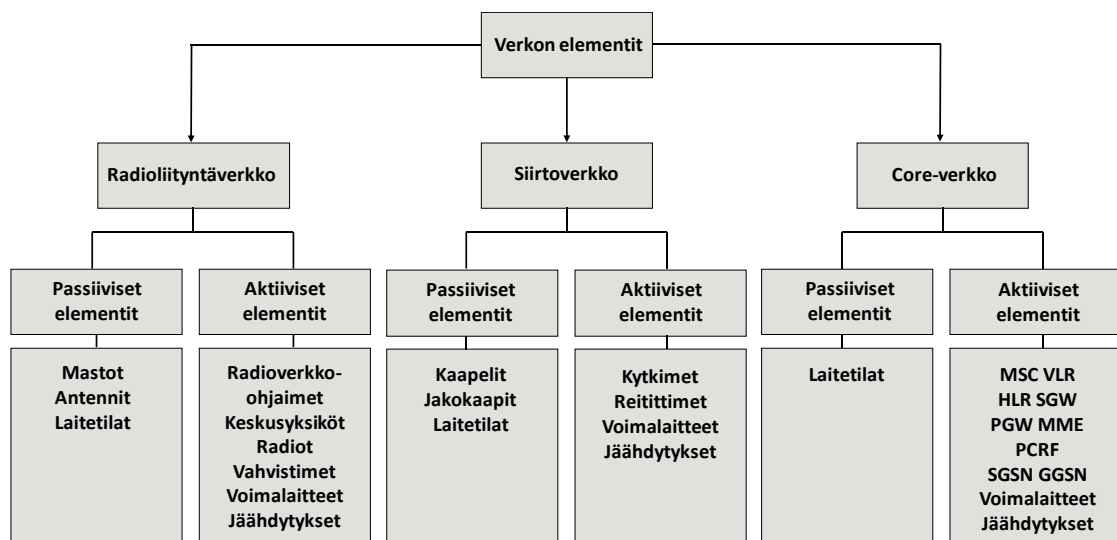
Kuva 14. Mobiiliverkon kustannukset.

Mobiiliverkon kustannusrakenne vaihtelee operaattorikohtaisesti. Kustannusrakenteeseen vaikuttaa esimerkiksi, kuinka paljon operaattori omistaa verkon elementtejä ja kuinka paljon operaattori on vuokrannut niitä. Hankitut elementit näkyvät suurempina investointeina, kun taas niiden vuokraus näkyy suurempina juoksevinä kuluina. Investoinneista tehdään poistoja ja poistot jaksotetaan tasaisesti käyttövuosille. Juoksevat kustannukset puolestaan kohdistetaan kokonaisuudessa suoraan syntymähetkellä.

4.1.1 Investointikustannukset

Verkon elementeillä tarkoitetaan kaikkia mobiiliverkon komponentteja, jotka tarvitaan mobiiliverkon palvelujen tuottamiseksi asiakkaille. Verkon rakennetta esiteltiin kappaleessa 2.3. Verkko koostuu radioliityntäverkon-, siirtoverkon- ja core-verkon elementeistä. Nämä voidaan tämän lisäksi jakaa passiivisiin ja aktiivisiin elementteihin. Passiivisia elementtejä ovat esimerkiksi mastot ja laitetilat, joihin verkon aktiiviset elementit voidaan sijoittaa. Passiiviset elementit eivät kuluta sähköä. Aktiivisia elementtejä ovat esimerkiksi kaikki laitteet. Niiden toiminta on riippuvainen sähköstä. Elementtien kehitystä esiteltiin kappaleessa 2.4. Verkkojen kehitys on lisännyt elementtien määrää ja verkot koostuvat eri sukupolven tekniikoista. Kuvassa 15 on esitetty verkon kustannuselementit

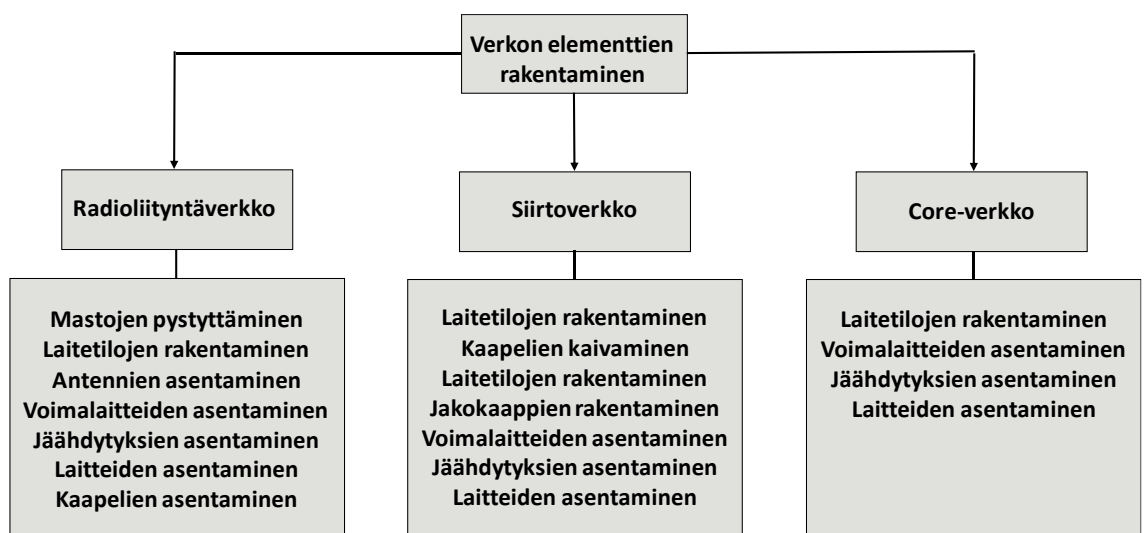
Verkon elementtien hankinta kasvattaa operaattorien investointikustannuksia. Radioliityntäverkoissa suurimmat kustannukset muodostuvat passiivisista elementeistä. Uusien mastojen ja laittilojen hankinta on kallista. Radioliityntäverkon laitteiden hinnat ovat matalammat kuin core-verkon laitteiden hinnat. Radioliityntäverkko koostuu tyypillisesti tuhansista tukiasemapaikoista ja sen kustannukset ovat verkon suurimmat. Siirtoverkon passiivisia elementtejä ovat kaapelit, jakokaapit ja laitetilat. Siirtoverkon kautta kulkevat, sekä mobiiliverkon, että kiinteän verkon yhteydet. Laittiloissa sijaitsevat kytkimet ja reitittimet muodostavat siirtoverkon aktiiviset elementit. Core-verkko muodostuu pienestä määrästä laittiloja ja vain pienestä määrästä verkon Core-laitteita. Core-laitteiden hinnat ovat korkeat, mutta pienen määrän vuoksi core-verkon elementtien kustannukset ovat verkon pienimmät.



Kuva 15. Verkon kustannuselementit.

Verkon elementtien rakentamisella tarkoitetaan elementtien rakentamista tai asentamista toimintakuntoon. Elementtien rakentaminen kasvattaa operaattorien investointikustannuksia. Kuvassa 16 on esitetty verkon rakentamisen kustannuselementit. Esimerkiksi radioliityntäverkon tukiasemapaikan rakentaminen koostuu monesta vaiheesta. Prosessi käynnistyy tyypillisesti tarvittavien lupien hankinnasta. Tukiasemapaikkana voi toimia olemassa oleva rakennus tai tila, jonka yhteyteen tarvittavat elementit asennetaan. Tarvittaessa rakennetaan kokonaan uusi laitetila ja masto. Tukiasemapaikalle on rakennettava siirtoverkon yhteys ja sähköverkon liittymä. Ilman näitä tukiaseman toiminta ei olisi mahdollista. Laitetilaan asennetaan voimalaitteet, valaistus ja jäähdytys. Tämän jälkeen asennetaan mobiiliverkon laitteet ja kaapelireiitit laitetilasta mastoon. Viimeisenä mastoon asennetaan tarvittavat radiot ja antennit.

Siirtoverkossa yhteydet rakennetaan radioliityntäverkon tukiasemakohteiden ja core-verkon laitteiden välille. Siirtoverkko koostuu pääasiassa kaapelireiteistä, mutta vaikeasti saavutettavien paikkojen välille on muodostettu radiolinkkejä. Kaapelit asennetaan kaivamalla maan alle noin 70 cm syvyyteen. Maanrakennustyöt muodostavat siirtoverkon suurimmat kustannukset. Jakokaapeilla yhteydet jaetaan eri suuntiin jatkamalla eri kaapeleita verkon rakenteen mukaan. Siirtoverkon laitetiloihin asennetaan verkon kytkimet ja reitittimet, jotka ohjaavat verkon liikennettä oikeaan paikkaan. Core-verkon rakentamisella tarkoitetaan lähinnä verkon core-laitteiden asentamista. Laitteet sijaitsevat tyypillisesti olemassa olevissa laitetiloissa, joissa sijaitsee myös muita kiinteän verkon laitteita.



Kuva 16. Verkon rakentamisen kustannuselementit.

Taajuuksilla tarkoitetaan mobiiliverkon käyttöön taajuushuutokaupasta hankittuja taajuuksia. Taajuuksien hankinta kasvattaa operaattorien investointikustannuksia. Vuodesta 2009 lähtien mobiiliverkon taajuudet on myönnetty huutokaupalla. Aikaisemmin taajuuksia luovutettiin operaattoreiden käyttöön veloitusetta. Nykyisin käytössä olleiden taajuuksien kysyntä on ylittänyt tarjonnan. Taajuuksien suurempi käyttö on aiheuttanut paineita taajuuksien käytön tehostamiseen ja tämän seurauksena on tullut muutoksia taajuusmaksujen määrittelyperiaatteisiin (Laitinen et al. 2009).

Suomessa on järjestetty taajuushuutokauppoja neljä kertaa. Vuonna 2009 huutokaupattiin taajuusalue 2500-2690 MHz, vuonna 2013 taajuusalue 791- 831 MHz/832-862 MHz, vuonna 2016 taajuusalue 703-733/758-788 MHz ja vuonna 2018 taajuusalue 3410-3800 MHz (Traficom 2020). Kuvassa 17 on esitetty neljän ensimmäisen taajuushuutokaupan tulokset.

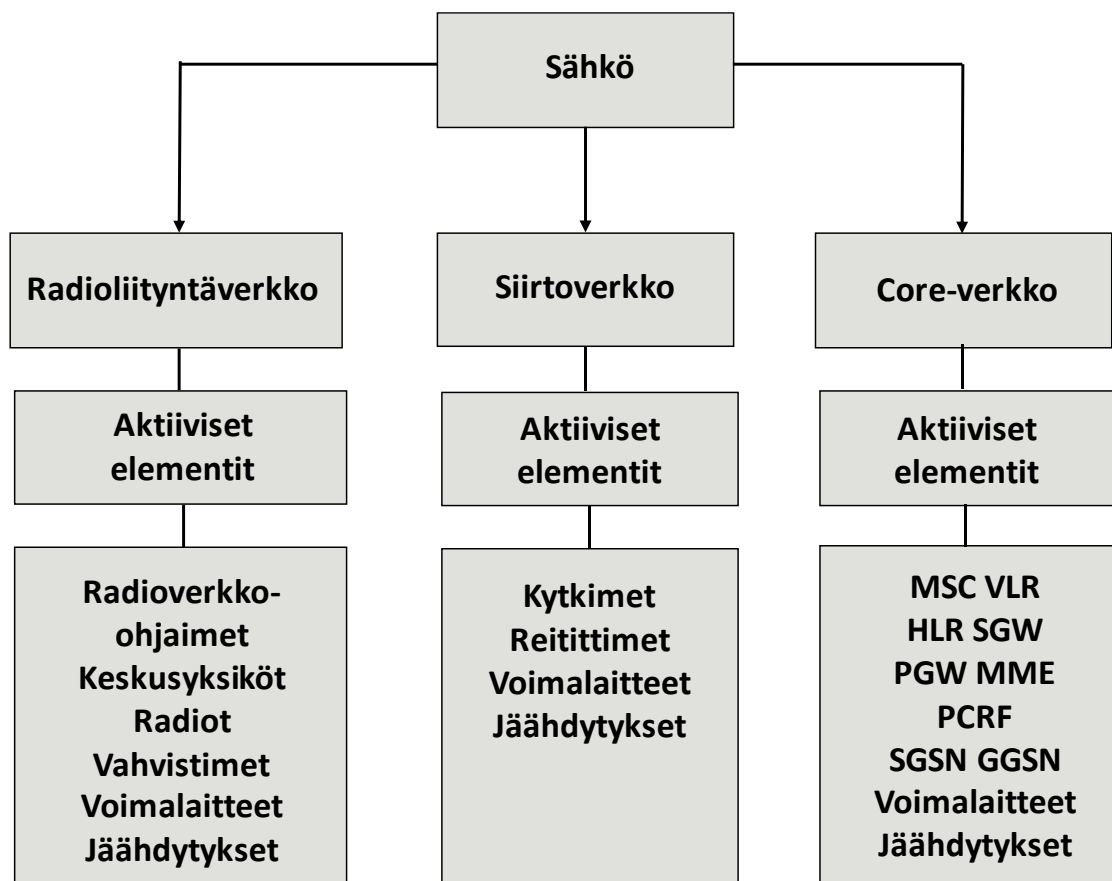
Vuoden 2009 huutokaupan tulokset		
Teliasonera Finland Oyj	2500-2690 MHz	819 200 €
Elisa Oyj	2500-2690 MHz	834 700 €
DNA Oyj	2500-2690 MHz	675 700 €
Pirkanmaan Verkko Oy	2500-2690 MHz	1 468 200 €
		3 797 800 €
Vuoden 2013 huutokaupan tulokset		
Teliasonera Finland Oyj	791- 831 MHz/832-862 MHz	22 200 000 €
Teliasonera Finland Oyj	791- 831 MHz/832-862 MHz	18 900 000 €
Elisa Oyj	791- 831 MHz/832-862 MHz	16 670 000 €
Elisa Oyj	791- 831 MHz/832-862 MHz	16 670 000 €
DNA Oyj	791- 831 MHz/832-862 MHz	16 900 000 €
DNA Oyj	791- 831 MHz/832-862 MHz	16 670 000 €
		108 010 000 €
Vuoden 2016 huutokaupan tulokset		
Teliasonera Finland Oyj	703-733/758-788 MHz	11 000 000 €
Teliasonera Finland Oyj	703-733/758-788 MHz	11 330 000 €
Elisa Oyj	703-733/758-788 MHz	11 000 000 €
Elisa Oyj	703-733/758-788 MHz	11 000 000 €
DNA Oyj	703-733/758-788 MHz	11 000 000 €
DNA Oyj	703-733/758-788 MHz	11 000 000 €
		66 330 000 €
Vuoden 2018 huutokaupan tulokset		
Teliasonera Finland Oyj	3410-3800 MHz	30 258 000 €
Elisa Oyj	3410-3800 MHz	26 347 000 €
DNA Oyj	3410-3800 MHz	21 000 000 €
		77 605 000 €

Kuva 17. Taajuushuutokauppojen tulokset (Liikenne ja viestintäministeriö 2009, 2013, 2016 ja 2018).

Suuremmat taajuusmäärät auttavat verkon ruuhkautumisen ehkäisyssä, sekä mahdollistaa tilaajille suuremman kapasiteetin samalla tukiasemamäärällä. Suomessa mobiiliverkkojen käytössä on taajuudet 450 MHz, 700 MHz, 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2 GHz, 2.6 GHz ja 3.5 GHz (Wiren et al. 2019).

4.1.2 Juoksevat kustannukset

Tässä työssä sähköllä tarkoitetaan mobiiliverkon elementtien käyttämää sähköä. Sähkön kustannukset kasvattavat operaattorien juoksevia kustannuksia. Verkon kehitykselle on ollut tyypillistä, että tukiasemien määrä on kasvanut. Tämä on kasvattanut operaattoreiden sähkönkulutusta ja vuosittaisia juoksevia kustannuksia (Zhang et al. 2016). Verkon aktiivisten elementtien toiminta on riippuvainen sähköstä. Sähkö muodostaa ison kustannuksen operaattorille. Joidenkin verkon elementtien käyttämä sähkö vaihtelee verkon kuormituksen mukaan. Verkko vaatii enemmän energiaa suuremman liikenteen tuottamiseen ja asiakkaiden liikennetarpeiden tyydyttämiseksi (Katsigiannis & Smura 2015). Kuvassa 18 on esitetty verkon energiakustannusten lähteet.



Kuva 18. Verkon energiakustannusten lähteet.

Radioliityntäverkko koostuu suuresta määrästä tukiasemia ja laitteita. Näin ollen radioliityntäverkon sähkönkulutus on verkon suurin. Core-verkon laitteiden määrä on pieni ja sähkönkulutus pienin. Verkon sähkönkulutus voidaan jakaa kahteen osaan: staattinen ja dynaaminen sähkönkulutus. Staattiseen virrankulutukseen ei ole vaikutusta liikenteen määrällä. Dynaaminen virrankulutus puolestaan muuttuu verkon kuormituksen muuttuessa (Zhang et al. 2016). Operaattorit pyrkivät vastaamaan jatkuvasti kasvavaan tietoliikenteen kasvuun löytämällä keinoja vähentää energian kulutusta (De Domenico et al. 2013).

Tässä työssä vuokrauksella tarkoitetaan verkon elementtien vuokrausta toiselta taholta uusien elementtien hankkimisen ja rakentamisen investointien sijaan. Verkon elementtien hankinta ja rakennuttaminen on kallista ja tämän vuoksi verkon elementtien vuokraaminen tarjoaa edullisen vaihtoehdon. Radioliityntäverkossa uusien mastojen ja laitetilojen rakentaminen on kallista. Tämän vuoksi operaattorit vuokraavat keskenään masto- ja laitetilapaikkoja. Useamman operaattorin antennit ja radiot on sijoitettu samaan mastoon. Samoin laitetila jaetaan eri operaattorien verkon elementtien kesken. Siirtoverkossa uusien kaapelireittien rakentaminen on kallista. Tämän vuoksi operaattorit vuokraavat toisiltaan kaapelikapasiteettia, jonka avulla saadaan vuokrattua yhteys laitetilaan. Operaattorit vuokraavat myös muita verkon elementtejä. Verkon elementtien vuokraamisesta syntyy juoksevia kustannuksia. Operaattorit saavat myös tuloja vuokraamalla omistamiaan elementtejä muiden operaattorien käyttöön.

Verkon jakamisella tarkoitetaan toimintaa, jossa operaattorit jakavat verkon elementtejä keskenään (OECD 2015). Verkon jakaminen ja vuokraus ovat osa operaattorien toimintamallia. Jakamalla verkkoa operaattorit pystyvät vähentämään verkon kokonaiskustannuksia. Operaattorit jakavat sekä verkon aktiivisia, että passiivisia elementtejä (Grijpink et al. 2018). Passiivisella jakamisella tarkoitetaan verkon passiivisten elementtien jakamista. Passiivinen jakaminen ei vaadi aktiivista operatiivista koordinoitua. Passiivisella jakaminen kohdistuu tyypillisesti laitetilojen, mastojen ja kaapelireittien jakamiseen. Aktiivisella jakamisella tarkoitetaan aktiivisten elementtien jakamista. Aktiivinen jakaminen kohdistuu tyypillisesti liityntäverkon solmuihin ja siirtoverkkoon (GSMA 2012). Kuvassa 19 on esitetty erityyppisiä vaihtoehtoja verkon jakamiseen. Aktiivisessa jakamisessa voidaan jakaa radioverkko-ohjaimia, kytkimiä, reitittäjiä tai muita laitetilan aktiivisia elementtejä (Leza 2014).

	PASSIIVINEN JAKAMINEN		AKTIIVINEN JAKAMINEN					
Core-verkko	A	B	A	B	A	B	A	B
Radioverkko-ohjain	A	B	A	B		Jaettu		Jaettu
Siirtoverkko	A	B		Jaettu		Jaettu		Jaettu
Laitetila	A	B	A	B		Jaettu		Jaettu
Masto		Jaettu		Jaettu		Jaettu		Jaettu
Taajuus	A	B	A	B	A	B		Jaettu

Kuva 19. Verkon elementtien jakaminen (mukaillen Leza 2014).

Suunnittelulla tarkoitetaan verkon suunnittelua, kustannuslaskentaa ja tarvittavien lupien hankintaa. Aluksi suunnitellaan tarvittavat verkon elementit sekä niihin vaatima rakennuttaminen. Suunnittelun lopputuloksena saadaan toteutussuunnitelma ja kustannusarvio. Tämän perusteella tilataan tarvittavat materiaalit ja työt. Suunnittelu toteutetaan tyypillisesti alihankintana. Suunnittelun kustannukset sijoitetaan juokseviin kustannuksiin.

Henkilöstökulut muodostuvat operaattorin henkilöstön palkoista, henkilöstösidonnaisista kuluista ja matkustamisesta. Organisaatio jakautuu tyypillisesti johtoon, liiketoiminnan ja tekniikan yksiköihin. Johdon vastuulla on kokonaisbudjetointi ja kannattavuus. Liiketoimintayksiköiden vastuulla on liiketoiminnan tulot ja kustannukset. Tekniikka-yksikön vastuulla on verkon laatu ja kustannusten hallinnasta. Henkilöstökulut sijoitetaan juokseviin kustannuksiin.

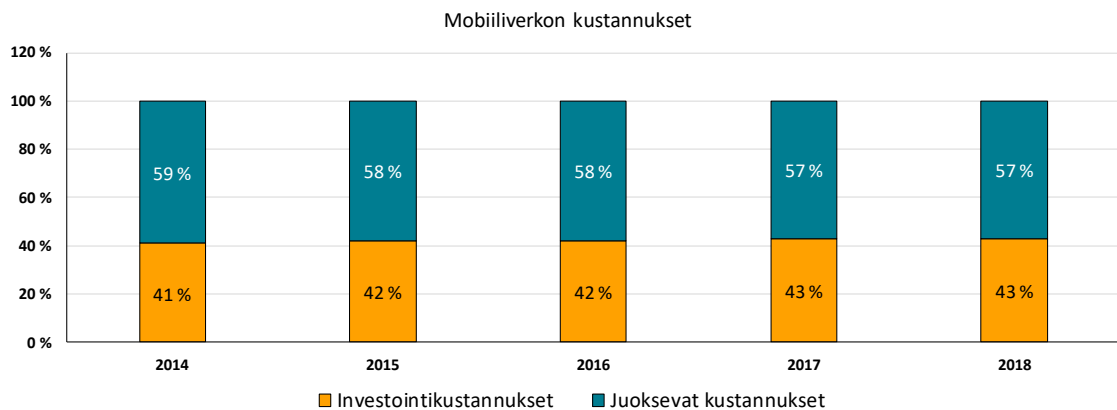
Ylläpidolla ja viankorjauksella tarkoitetaan verkon toimintakyvyn ylläpitoa. Verkon vikatilanteissa erityyppiset palvelut pyritään palauttamaan takaisin toimintaan mahdollisimman pikaisesti. Jotta vikatilanteet pystyttäisiin korjaamaan mahdollisimman nopeasti, edellyttää tämä valmistautumista erilaisiin tilanteisiin. Ylläpidolla tarkoitetaan esimerkiksi verkon elementtien huoltamista ja kulkuyhteyksien ylläpitoa. Esimerkiksi talvella varmistetaan pääsy laitetiloille ja huolehditaan eri laitetilojen lukituksista. Ylläpidosta ja viankorjauksesta syntyy juoksevia kustannuksia.

4.2 Verkon kustannusten nykytila

Tässä kappaleessa on esitetty operaattorin mobiiliverkon kustannusten nykytila. Operaattorin verkon kustannukset eivät ole julkista tietoa ja sen vuoksi kappaleen tietoja on muokattu. Kappaleen tulokset edustavat tietoja, joita on työssä tutkittu. On syytä huomioida, että mobiiliverkon kustannusrakenne vaihtelee operaattorikohtaisesti, eikä kappaleessa esitettävät arvot ole yleispäteviä. Mobiiliverkon kustannusten nykytilaa käytetään hyväksi myöhemmin työssä esitettävässä kustannusmallissa.

Kuvassa 20 on esitetty, miten operaattorin mobiiliverkon kustannukset jakautuvat investointikustannuksiin ja juokseviin kustannuksiin vuosittain. Investointikustannukset muodostavat keskimäärin noin 42 % ja juoksevat kustannukset 58 % vuotuisista mobiiliverkon kustannuksista tarkastelujaksolla. Viime vuosina Suomalaiset operaattorit ovat merkittävästi investoineet verkon kattavuuden ja kapasiteetin laajennuksiin. Käytännössä tämä on tarkoittanut verkon laitteiden määrän kasvattamista. 5G-verkon laajentuminen tulee entisestään kasvattamaan verkkoon liitettävien laitteiden määrää. Operaattorit pyrkivät rakentamaan uutta verkkoa mahdollisimman kustannustehokkaasti ja minimoimaan toiminnasta aiheutuvia kustannuksia.

Mobiiliverkon kustannukset	2014	2015	2016	2017	2018
Investointikustannukset	41 %	42 %	42 %	43 %	43 %
Juoksevat kustannukset	59 %	58 %	58 %	57 %	57 %

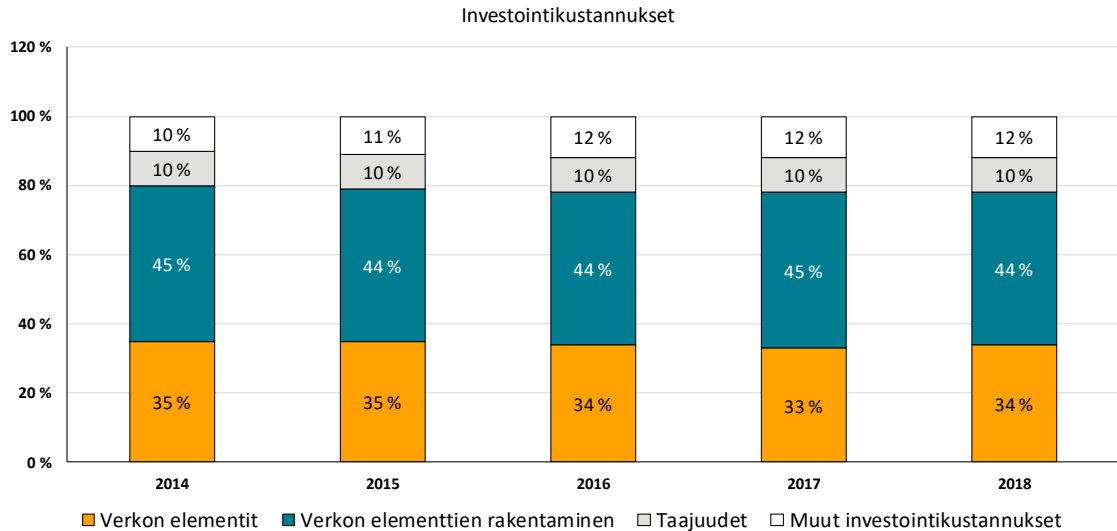


Kuva 20. Operaattorin mobiiliverkon kustannuksien nykytila.

Kuvassa 21 on esitetty, miten operaattorin investointikustannukset jakautuvat verkon elementtien, verkon rakentamisen, taajuuksien ja muiden investointikustannuksien suhteen vuosittain. Verkon elementtien hankinta muodostaa keskimäärin noin 34 %, verkon elementtien rakentaminen 44 %, taajuuksien hankinta 10 % ja muut investoinnit 12 % vuotuisista investointikustannuksista tarkastelujaksolla. Verkon elementtien hankinta edellyttää investointien näkökulmasta myös elementtien asentamista tai rakentamista. Materiaalin ja työn kustannuksien suhde vaihtelee merkittävästi tapauskohtaisesti. Taajuuksia on kaupattu yhä enemmän operaattorien käyttöön. Viime vuosina operaattorit

ovat maksaneet huutokaupattavista taajuuksista yhä korkeampaa hintaa. Taajuuksista maksetut kustannukset muodostavat merkittävän osan operaattorin investoinneista.

Investointikustannukset	2014	2015	2016	2017	2018
Verkon elementit	35 %	35 %	34 %	33 %	34 %
Verkon rakentaminen	45 %	44 %	44 %	45 %	44 %
Taajuudet	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %
Muut investointikustannukset	10 %	11 %	12 %	12 %	12 %

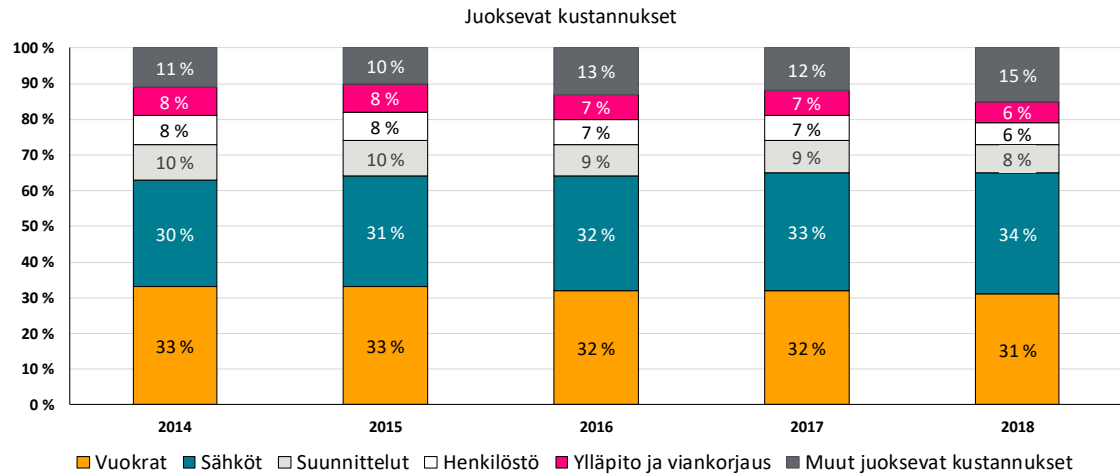


Kuva 21. Operaattorin mobiiliverkon investointikustannuksien nykytila.

Kuvassa 22 on esitetty, miten operaattorin juoksevat kustannukset jakautuvat vuokrien, sähkön, suunnittelujen, henkilöstön, ylläpidon ja viiankorjauksen, sekä muiden juoksevien kustannuksien suhteen vuosittain. Vuokrat muodostavat keskimäärin 32 %, verkon elementtien käyttämä sähkö 32 %, verkon suunnittelu 9 %, henkilöstö 7 %, ylläpidon ja viiankorjaus 7 %, sekä muut juoksevat kustannukset 12 % vuotuisista investointikustannuksista tarkastelujaksolla.

Verkon elementtien vuokraus muodostaa suurimman juoksevan kustannuksen. DNA ja Telia Finland omistavat yhdessä Suomen Yhteisverkko -yhtiön. Yhteisverkko ei toimi operaattorina, vaan tarjoaa yhteisen matkaviestintäverkon toteutuksen ja ylläpidon DNA:n ja Telian käyttöön. Yhteistyön avulla verkon rakentaminen ja kattavuuden kasvattaminen on nopeampaa. Verkkoyhtiöstä riippumatta DNA ja Telia kilpailevat omilla tuotteillaan. Elementtien määrä on kasvanut verkossa vuosi vuodelta ja tämä on aiheuttanut myös sähkön kustannusten kasvun. Uusien laitteiden sähkönkulutus on tyypillisesti pienempi, mutta laitteiden ja datankäytön määrä on kasvanut suhteessa nopeammin. Sähkön kulutus on yksi merkittävimmistä kehityskohteista, joiden avulla operaattorit pystyvät pienentämään juoksevia kustannuksiaan. Elementtien määrän kasvu on aiheuttanut myös sen, että verkossa on enemmän mahdollisia vikapaikkoja ja ylläpidettäviä kohteita.

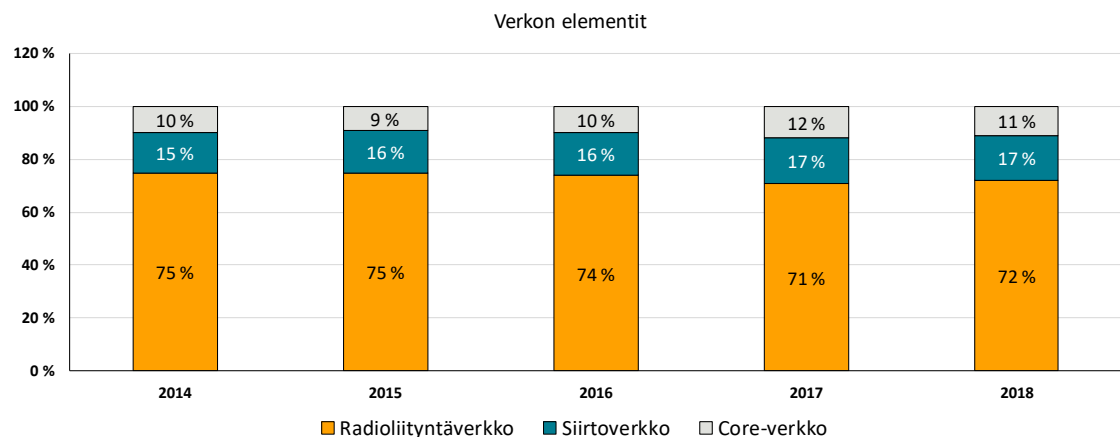
Juoksevat kustannukset	2014	2015	2016	2017	2018
Vuokrat	33 %	33 %	32 %	32 %	31 %
Sähköt	30 %	31 %	32 %	33 %	34 %
Suunnittelut	10 %	10 %	9 %	9 %	8 %
Henkilöstö	8 %	8 %	7 %	7 %	6 %
Ylläpito ja viankorjaus	8 %	8 %	7 %	7 %	6 %
Muut juoksevat kustannukset	11 %	10 %	13 %	12 %	15 %



Kuva 22. Operaattorin mobiiliverkon juoksevien kustannusten nykytila.

Kuvassa 23 on esitetty, miten operaattorin verkon elementtien kustannukset jakautuvat radioliityntäverkon, siirtoverkon ja core-verkon kustannuksien suhteen vuosittain. Radioliityntäverkko muodostaa keskimäärin 73 %, siirtoverkko 16 % ja core-verkko 10 % vuotuisista verkon elementtien hankinnan kustannuksista tarkastelujaksolla. Radioliityntäverkko koostuu tuhansista tukiasemapaikoista. Suuren määrän vuoksi kustannukset ovat verkon suurimmat. Siirtoverkon kustannukset jaetaan mobiiliverkon ja kiinteän verkon kesken. Kuvassa on esitetty mobiiliverkon kustannuksien osuus. Core-verkko koostuu pienestä määrästä laitteita, jotka ovat arvoltaan verkon kalleimpia.

Verkon elementit	2014	2015	2016	2017	2018
Radioliityntäverkko	75 %	75 %	74 %	71 %	72 %
Siirtoverkko	15 %	16 %	16 %	17 %	17 %
Core-verkko	10 %	9 %	10 %	12 %	11 %

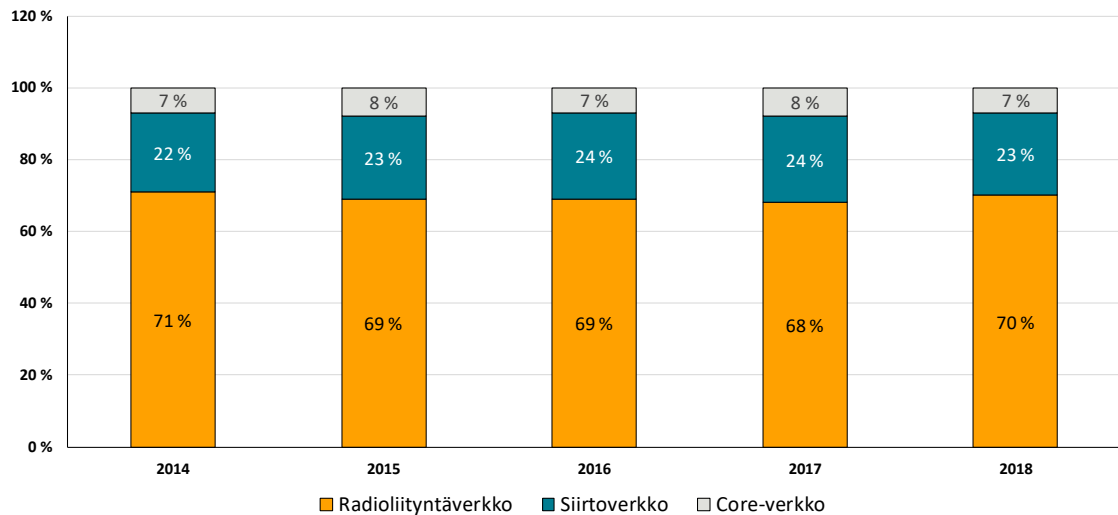


Kuva 23. Operaattorin mobiiliverkon elementtien kustannusten nykytila.

Kuvassa 24 on esitetty, miten operaattorin verkon elementtien rakentamisen kustannukset jakautuvat radioliityntäverkon, siirtoverkon ja core-verkon kustannuksien suhteen vuosittain. Radioliityntäverkko muodostaa keskimäärin 69 %, siirtoverkko 23 % ja core-verkko 7 % vuotuisista verkon elementtien rakentamisen kustannuksista tarkastelujaksolla. Kustannusdynamikka perustuu samoihin tekijöihin kuin elementtien hankinnan tapauksessa. Tapauskohtaisesti materiaalin ja työn hinnan suhteessa on eroavaisuuksia. Esimerkiksi siirtoverkossa kaapelin ja jatkosmateriaalien hinta on pieni verrattuna kaapelin kaivamisen ja jatkamisen kustannuksiin. Core-verkossa puolestaan laitteet ovat todella kalliita ja niiden asennustyön hinta on pieni osa kokonaisuutta.

Verkon elementtien rakentaminen	2014	2015	2016	2017	2018
Radioliityntäverkko	71 %	69 %	69 %	68 %	70 %
Siirtoverkko	22 %	23 %	24 %	24 %	23 %
Core-verkko	7 %	8 %	7 %	8 %	7 %

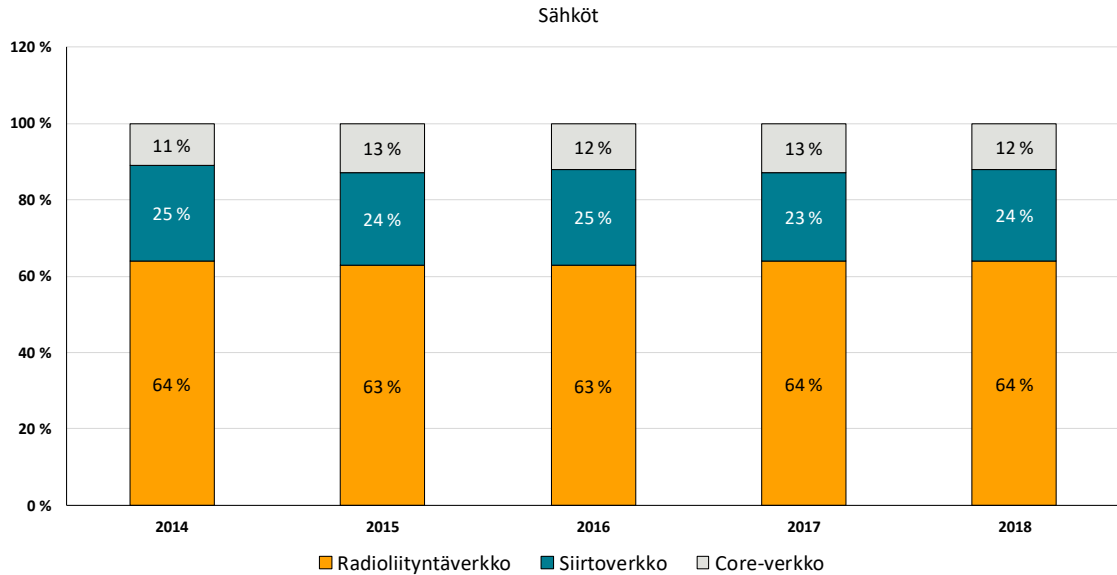
Verkon elementtien rakentaminen



Kuva 24. Operaattorin mobiiliverkon elementtien rakentamisen kustannusten nykytila.

Kuvassa 25 on esitetty, miten operaattorin sähköjen kustannukset jakautuvat radioliityntäverkon, siirtoverkon ja core-verkon kustannuksien suhteen vuosittain. Radioliityntäverkko muodostaa keskimäärin 64 %, siirtoverkko 24 % ja core-verkko 12 % vuotuisista verkon elementtien hankinnan kustannuksista tarkastelujaksolla. Suurin osa verkon sähköä kuluttavista elementeistä sijaitsee radioliityntäverkossa. Radioverkossa sähköä kuuluu esimerkiksi lähetys ja vastaanotto toimintoihin, ilmastointiin, signaalin käsittelyyn ja tehon vahvistamiseen. Radioyksiköt kuluttavat radioliityntäverkossa suurimman osan sähköstä. Laittilojen lämpötila pyritään pitämään tasaisena ilmaston avulla. Laitteita pyritään sijoittamaan myös ulkotiloihin, jolloin erillistä jäähdytystä ei tarvita. Radioliityntäverkon sähkönkulutusta vähentämällä pystytään vaikuttamaan merkittävästi koko verkon juokseviin kustannuksiin.

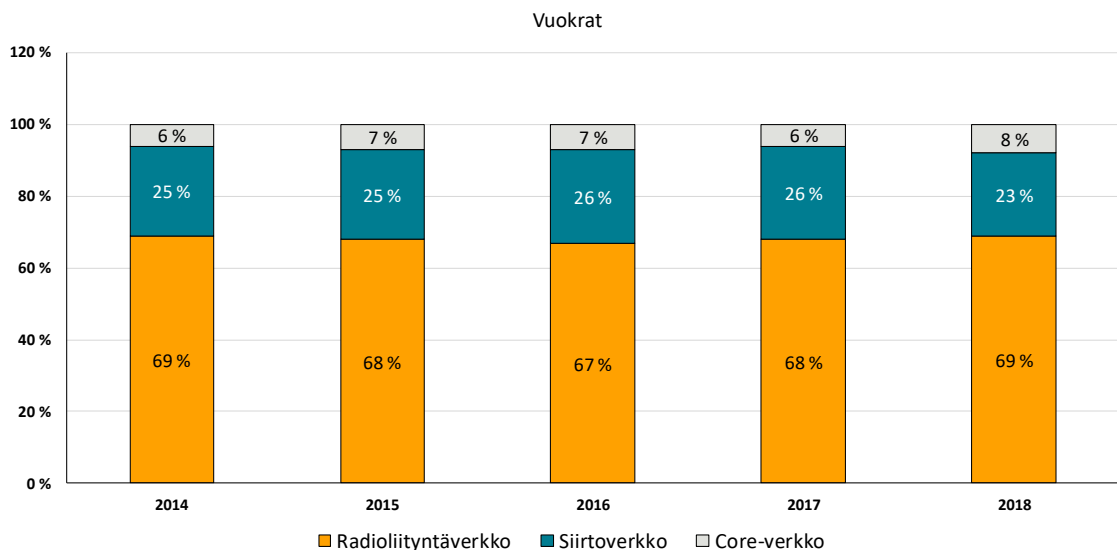
Sähköt	2014	2015	2016	2017	2018
Radioliityntäverkko	64 %	63 %	63 %	64 %	64 %
Siirtoverkko	25 %	24 %	25 %	23 %	24 %
Core-verkko	11 %	13 %	12 %	13 %	12 %



Kuva 25. Operaattorin mobiiliverkon sähköjen kustannusten nykytila.

Kuvassa 26 on esitetty, miten operaattorin vuokrien kustannukset jakautuvat radioliityntäverkon, siirtoverkon ja core-verkon kustannuksien suhteen vuosittain. Radioliityntäverkko muodostaa keskimäärin 68 %, siirtoverkko 25 % ja core-verkko 7 % vuotuisista verkon elementtien hankinnan kustannuksista tarkastelujaksolla. Uusien masto ja laite-tilakohteiden vuokraus muodostaa suurimmat kustannukset.

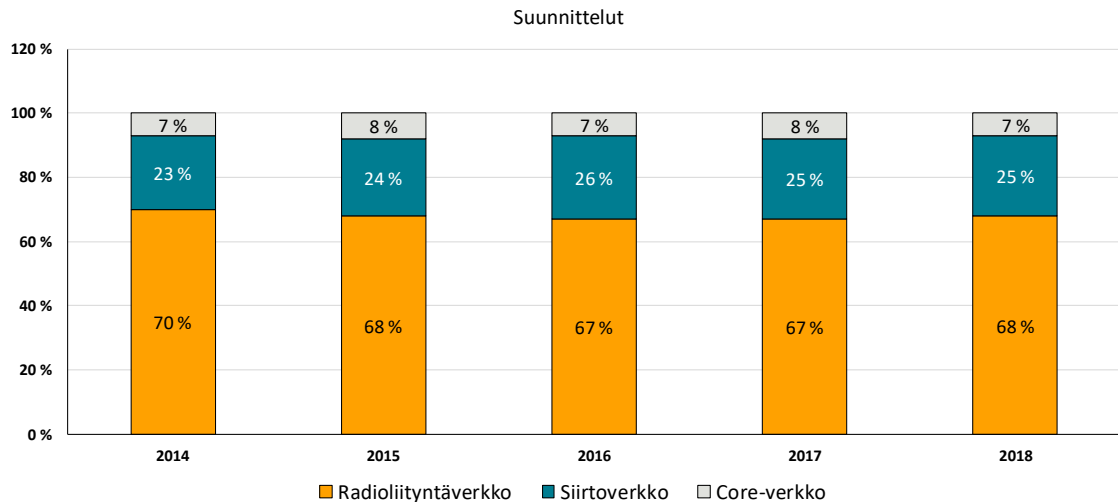
Vuokrat	2014	2015	2016	2017	2018
Radioliityntäverkko	69 %	68 %	67 %	68 %	69 %
Siirtoverkko	25 %	25 %	26 %	26 %	23 %
Core-verkko	6 %	7 %	7 %	6 %	8 %



Kuva 26. Operaattorin mobiiliverkon vuokrien kustannusten nykytila.

Kuvassa 27 on esitetty, miten operaattorin suunnittelu kustannukset jakautuvat radioliityntäverkon, siirtoverkon ja core-verkon kustannuksien suhteen vuosittain. Radioliityntäverkko muodostaa keskimäärin 68 %, siirtoverkko 25 % ja core-verkko 7 % vuotuisista verkon elementtien hankinnan kustannuksista tarkastelujaksolla.

Suunnittelut	2014	2015	2016	2017	2018
Radioliityntäverkko	70 %	68 %	67 %	67 %	68 %
Siirtoverkko	23 %	24 %	26 %	25 %	25 %
Core-verkko	7 %	8 %	7 %	8 %	7 %



Kuva 27. Operaattorin mobiiliverkon suunnittelun kustannusten nykytila.

Operaattorin verkon kustannusten nykytila on linjassa kirjallisuudesta tutkittujen tietojen kanssa. Verkon elementtien hankinta ja rakennuttaminen muodostavat operaattorin suurimmat investointikustannukset. Suurimmat juoksevat kustannukset muodostuvat elementtien vuokrauksesta ja niiden toimintaan tarvittavasta sähköstä. Radioliityntäverkko muodostaa verkon suurimmat kustannukset.

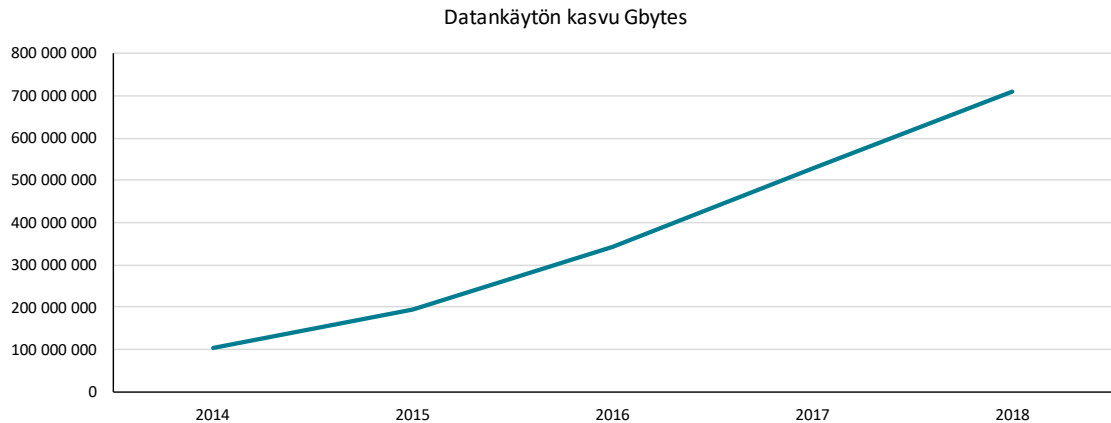
4.3 Verkon datankäytön nykytila

Tässä kappaleessa on esitetty operaattorin mobiiliverkon käytön nykytila. Operaattorin mobiiliverkon datankäyttö- ja liittymämäärien tiedot on kerätty julkisista lähteistä. Mobiiliverkon käytön nykytilaa käytetään hyväksi myöhemmin työssä esitettävässä kustannusmallissa.

Kappaleessa 2.1 esiteltiin mobiiliverkon käytön kehitystä Suomessa. Yleisesti mobiiliverkon datankäyttö on kasvanut räjähdysmäisesti. Rajaton datankäyttö on merkittävä tekijä, miksi suomalaiset käyttävät mobiilidataa niin paljon. Verkon ja mobiililaitteiden kehitys on lisännyt datankäyttöä entisestään. Lisäksi suuria tiedonsiirtomääriä vaativien videopalveluiden käyttö on yleistynyt.

Kuvassa 28 on esitetty operaattorin mobiiliverkon datankäytön kasvu vuosina 2014-2018. Datankäyttö on kasvanut voimakkaasti tarkastelujaksolla. Vuonna 2014 datankäyttö oli 103 992 000 gigatavua ja vuonna 2018 datankäyttö oli 709 022 000 gigatavua. Datankäytön kasvu on tasoittunut, mutta siitä huolimatta kasvu oli vielä 34 % vuodesta 2017 vuoteen 2018 nähden.

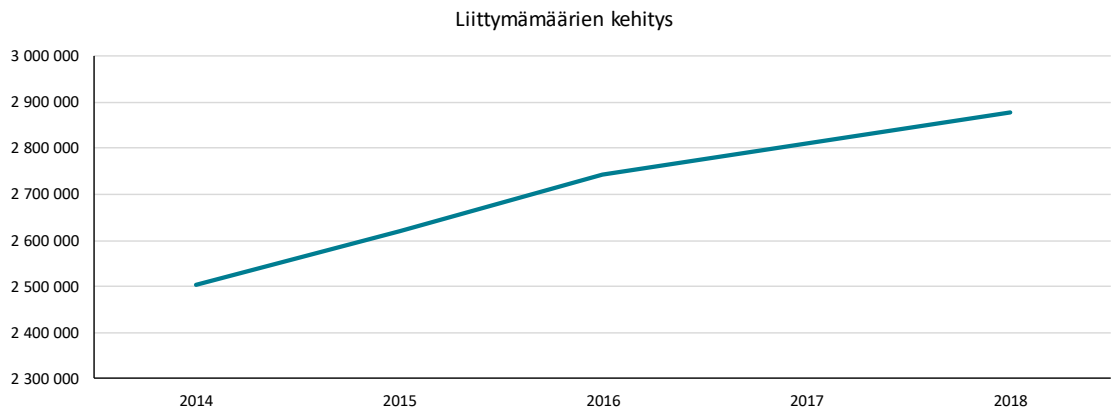
Mobiiliverkon datankäyttö Gbytes	2014	2015	2016	2017	2018
Datankäyttö	103 992 000	194 853 000	344 602 000	529 411 000	709 022 000
Datankäytön kasvu	47 415 000	90 861 000	149 749 000	184 809 000	179 611 000
Datankäytön kasvu %	84 %	87 %	77 %	54 %	34 %



Kuva 28. Operaattorin mobiiliverkon datankäytön kasvu (mukaillen DNA 2018a ja 2018B).

Kuvassa 29 on esitetty operaattorin liittymämäärien kasvu vuosina 2014-2018. Liittymämäärät ovat kasvaneet tasaisesti. Vuosina 2015 ja 2016 liittymämäärien kasvu oli suurinta. Liittymien keskiarvoinen määrä vuonna 2014 oli 2 478 000 kpl ja vuonna 2018 määrä oli 2 844 000 kpl.

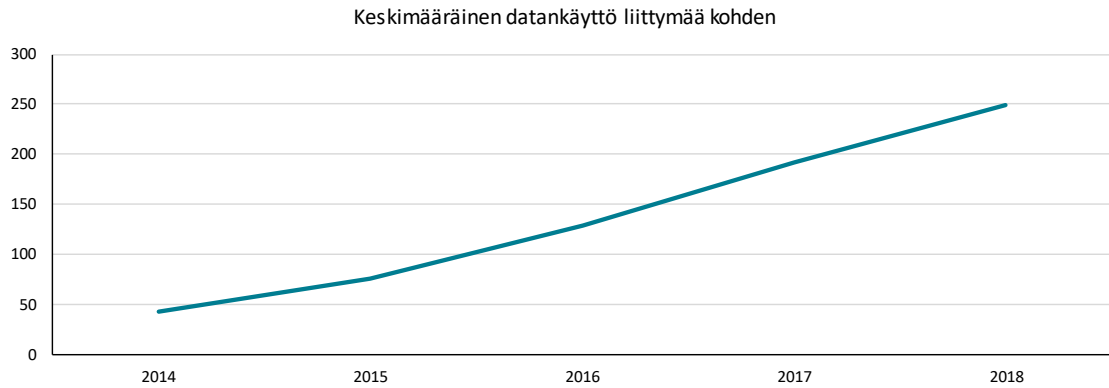
Liittymät	2014	2015	2016	2017	2018
Liittymät vuoden lopussa	2 505 000	2 621 000	2 742 000	2 811 000	2 877 000
Liittymien kasvu	55 000	116 000	121 000	69 000	66 000
Liittymien keskiarvo	2 478 000	2 563 000	2 682 000	2 777 000	2 844 000



Kuva 29. Operaattorin mobiiliverkon liittymämäärien kasvu (mukaillen DNA 2018a ja 2018B).

Kuvassa 30 on esitetty keskiarvoinen datankäyttö liittymää kohden vuosina 2014-2018. Datankäyttö liittymää kohden on kasvanut vuosittain. Vuonna 2014 käyttö oli 3,5 gigatavuuta kuukaudessa. Vuonna 2018 käyttö oli kasvanut 20,8 gigatavuun kuukaudessa.

Datankäyttö liittymää kohden Gbytes	2014	2015	2016	2017	2018
Keskimääräinen datankäyttö liittymää kohden	42	76	129	191	249
Keskimääräinen datankäyttö liittymää kohden /k	3,5	6,3	10,7	15,9	20,8
Datankäytön kasvu %	19 %	35 %	56 %	67 %	63 %



Kuva 30. Operaattorin liittymäkohtaisen datankäytön kasvu (mukaillen DNA 2018a ja 2018b).

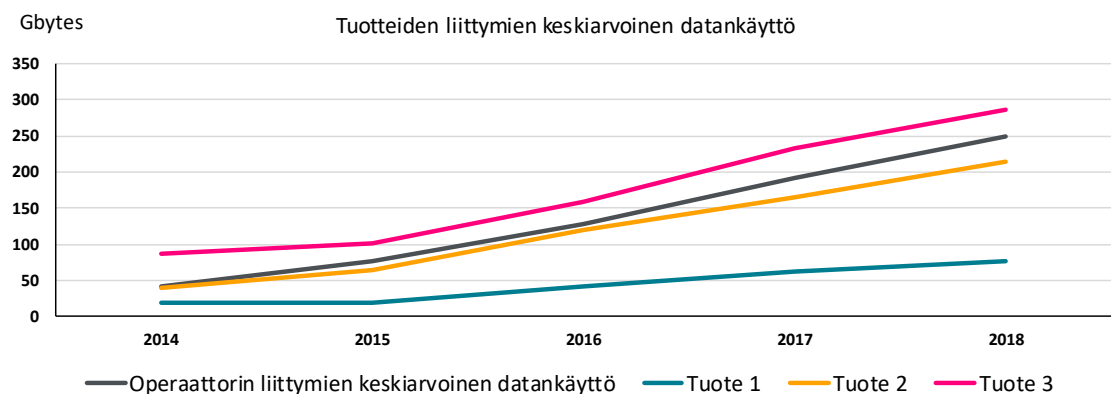
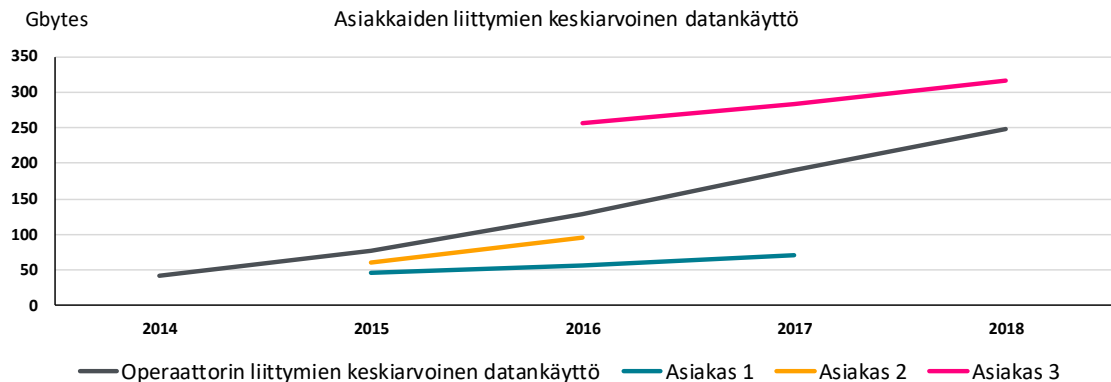
Operaattorin verkon käytön nykytilasta selvitetty tiedot ovat linjassa teoriaosassa esitettyjen tietojen kanssa. Mobiiliverkkojen käyttäjämäärä ja liittymäkohtainen datankäyttö on kasvanut merkittävästi. Samaan aikaan operaattorit ovat investoineet verkkojen kehitykseen ja palveluiden hinnat ovat pysyneet suurin piirtein samalla tasolla.

4.4 Asiakkaiden ja tuotteiden datankäytön nykytila

Tässä kappaleessa on esitetty kolmen esimerkkiasiakkaan datakäytön nykytila. Lisäksi esitetään kolmen eri tuotteen (liittymätyyppin) keskimääräinen datakäyttö. Kunkin liittymätyyppin keskimääräinen datakäyttö on kymmenien tuhansien tuotetta käyttävien asiakkaiden keskiarvo. Asiakkaiden ja tuotteiden datankäyttö ja liittymämäärät eivät ole julkista tietoa ja sen vuoksi kappaleen tietoja on muokattu. Asiakkaiden ja tuotteiden nykytila tietoja käytetään hyväksi myöhemmin työssä esitettävässä kustannusmallissa.

Kuvassa 31 on esitetty asiakkaiden ja tuotteiden liittymien määrät ja niiden datankäyttö vuosittain. Lisäksi on esitetty asiakkaiden ja tuotteiden liittymäkohtainen keskiarvoinen datankäyttö. Asiakas 1 datankäyttö on ollut pieni, asiakas 2 toiseksi suurin ja asiakas 3 suurin tarkastelujaksolla. Asiakas 1 ja 2 liittymäkohtainen keskiarvoinen datankäyttö on ollut pienempi kuin operaattorin liittymien keskiarvoinen datankäyttö. Asiakas 3 liittymäkohtainen keskiarvoinen datankäyttö on puolestaan ollut suurempi kuin operaattorin liittymien keskiarvoinen datankäyttö. Tuotteiden osalta tuotteen 2 datankäyttö on ollut pieni, tuotteen 1 toiseksi suurin ja tuotteen 3 kaikkein suurin tarkastelujaksolla.

Asiakkaan liittymät (kpl)	2014	2015	2016	2017	2018
Asiakas 1	0	1	1	2	0
Asiakas 2	0	1	2	0	0
Asiakas 3	0	0	1	2	2
Asiakkaan liikenne (GB)	2014	2015	2016	2017	2018
Asiakas 1	0	45	56	141	0
Asiakas 2	0	60	189	0	0
Asiakas 3	0	0	257	567	634
Liittymäkohtainen liikenne (GB)	2014	2015	2016	2017	2018
Asiakas 1	0	45	56	71	0
Asiakas 2	0	60	95	0	0
Asiakas 3	0	0	257	284	317
Tuotteiden liittymät (kpl)	2014	2015	2016	2017	2018
Tuote 1	40 043	45 234	52 999	53 345	54 656
Tuote 2	8 686	8 765	8 855	8 793	8 763
Tuote 3	52 692	53 234	52 899	53 011	53 432
Tuotteiden liikenne (GB)	2014	2015	2016	2017	2018
Tuote 1	746 311	898 490	2 157 645	3 264 875	4 234 697
Tuote 2	345 678	567 467	1 065 567	1 443 647	1 876 856
Tuote 3	4 585 649	5 435 363	8 456 454	12 324 640	15 345 345
Liittymäkohtainen liikenne (GB)	2014	2015	2016	2017	2018
Tuote 1	19	20	41	61	77
Tuote 2	40	65	120	164	214
Tuote 3	87	102	160	232	287



Kuva 31. Asiakkaiden ja tuotteiden datankäytön nykytila.

Valittujen asiakkaiden ja tuotteiden aiheuttamia tuotantokustannuksia tarkastellaan myöhemmin työssä. Tarkasteltavat kohteet pyrittiin valitsemaan eri datankäyttö luokkien mukaan. Näin voidaan paremmin tarkastella datankäytön vaikutusta erilaisten tuotteiden ja asiakassegmenttien aiheuttamiin kustannuksiin.

5. KUSTANNUSMALLI

5.1 Kustannuslaskennan perusteet

Kustannuslaskennan avulla tuetaan johdon päätöksentekoa ja yrityksen ohjausta (Alhola et al. 2003). Kustannuslaskennan avulla yrityksen on helpompi arvioida eri osa-alueiden kannattavuutta ja toisaalta kohdentaa huomionsa toiminnan ongelmakohtiin. Kustannuslaskennan avulla pystytään ymmärtämään niitä taustatekijöitä, jotka mahdollisesti selittävät toiminnan tilanteen (Martinsuo et al. 2016). Käytännön laskentatilanteet saattavat vaihdella suuresti ja ei ole olemassa yhtä tapaa allokoida kustannuksia asiakkaille tai tuotteille (Neilimo & Uusi-Rauva 2014).

5.1.1 Kiinteät ja muuttuvat kustannukset

Yleisimmän luokituksen mukaan kustannukset jaetaan muuttuviin ja kiinteisiin kustannuksiin. Kustannusten riippuvuus toiminta-asteesta määrää sen kuuluuko kustannus muuttuvien vai kiinteiden ryhmään (Neilimo & Uusi-Rauva 2014). Toiminta-aste on yrityksen toiminnan aktiivisuutta tai volyyimia kuvaava luku. Kun toiminta-aste nousee, osa kustannuksista nousee ja osa kustannuksista pysyy muuttumattomana (Martinsuo et al. 2016). Muuttuvat kustannukset kasvavat tai vähenevät toiminta-asteen muuttuessa. Kiinteät kustannukset eivät muutu toiminta-asteen muuttuessa (Neilimo & Uusi-Rauva 2014).

Kustannusten luokittelu on haastavaa ja siihen on syytä suhtautua kriittisesti. On hankala sanoa täsmällisesti, mitkä kustannukset ovat muuttuvia ja mitkä kiinteitä (Neilimo & Uusi-Rauva 2014). Kun kustannusten tarkastelujakso on riittävän pitkä, voidaan helposti perustella kaikkien kustannusten olevan muuttuvia (Alhola et al. 2003).

5.1.2 Kustannuslaskennan perusongelmat

Jotta lukija pystyisi tulkitsemaan kustannuksista esitettyjä tietoja on hänen tärkeä ymmärtää kustannuslaskennan perusongelmat. Laskelmien sisältö vaihtelee yrityskohtaisesti ja tällä saattaa olla merkittäviäkin vaikutuksia laskelmien tuloksiin. Kustannuslaskennan perusongelmat voidaan jakaa seuraaviin luokkiin: laajuus-, arvostus-, jaksotus-, kohdistamis- ja mittausongelma (Neilimo & Uusi-Rauva 2014).

Laajuusongelma liittyy laskelmiin sisältyvien tuottojen ja kustannusten laajuuteen. Mitä tuottoja ja kustannuksia laskelmiin otetaan mukaan (Neilimo & Uusi-Rauva 2014). Laajuusongelmassa on kysymys sekä tarkastelujakson pituudesta, että laskentapohjan

määrittämisestä (Alhola et al. 2003). Mobiiliverkon kustannusmallin näkökulmasta kysymys on esimerkiksi siitä, mitä kustannuksia malliin sisällytetään ja miltä aikaväliltä tietoa kerätään. Esimerkiksi jos siirtoverkon kustannuksia ei laskettaisi kustannuksiin mukaan, pienentäisi tämä tuotteille ja asiakkaille jyvitetäviä kustannuksia. Mikäli kustannuksia käsitellään liian lyhyeltä aikaväliltä, saattaa tämä antaa väärän kuvan tuotteen tai asiakkaan kustannuksista.

Arvostusongelma liittyy siihen, mitä arvoja laskelmissa käytetään. Tyypillisesti käytetään hankintahintaista arvostusta. Vaihtoehtoisesti voitaisiin käyttää päivähintaista tai jälleenhankintahintaista arvostusta (Neilimo & Uusi-Rauva 2014). Mobiiliverkon kustannusmallin näkökulmasta kysymys on esimerkiksi siitä, miten verkon elementtien hankintahinta arvostetaan.

Jaksotusongelma liittyy erityisesti pitkävaikutteisten tuotannon työntekijöiden jaksotukseen poistoina eri vuosille. Jaksotusongelman ratkaisu edellyttää hyödykkeen teknistaloudellisen käyttöajan tiedostamista, joka muodostaa perustan poistoajalle (Neilimo & Uusi-Rauva 2014). Mobiiliverkon kustannusmallin näkökulmasta kysymys on esimerkiksi, siitä millaisia poistoajoja verkon investoinneille käytetään.

Kohdistamisongelmassa on kysymys siitä, mitkä tuotot ja kustannukset kohdistetaan tietyille laskentakohteelle (Alhola et al. 2003). Kohdistamiskriteereitä on mahdollista luoda monella eri tavalla, mutta yleisesti pyritään mahdollisimman hyvin soveltamaan kohdistamisessa aiheuttamisperiaatetta. Aiheuttamisperiaatteen noudattaminen käytännössä saattaa olla hyvinkin monimutkaista. Jos aiheuttamisperiaatetta ei pystytä noudattamaan on tavoitteena löytää kohdistamiseen käyttökelpoinen, luotettava ja hyväksyttävä kohdistamisratkaisu (Neilimo & Uusi-Rauva 2014). Mobiiliverkon kustannusmallin näkökulmasta kysymys voisi olla esimerkiksi siitä, mikä osa siirtoverkon kustannuksista kohdistetaan kiinteälle- ja mikä mobiiliverkolle.

Mittaamisongelma liittyy laskentatoimen rekisteröintijärjestelmään ja kuinka tarkasti sitä käytetään. Kohdistetaanko kustannukset riittävän tarkasti eri tileille (Neilimo & Uusi-Rauva 2014). Mittausongelma perustuu pitkälti mittausteknisiin kysymyksiin (Alhola et al. 2003). Mobiiliverkkojen kustannuksia tarkasteltaessa voidaan pohtia, onko esimerkiksi sähkön kustannukset kohdistettu yhdelle kustannuspaikalle vai onko kustannuspaikkoja oltava enemmän riittävän tarkkuuden saavuttamiseksi. Operaattorin henkilöstön kustannuksia tarkasteltaessa voidaan pohtia, onko henkilöstön tuntikirjaukset tarkasti kohdistettu vai ovatko ne perustuneet arvioon.

5.2 Kustannuslaskennan jyvittämisen haasteet

Mobiiliverkon rakenne on monimutkainen ja verkko muodostuu usean eri sukupolven tekniikoista. Mobiiliverkon kustannusten jyvittäminen yksittäiselle käyttäjälle tai tuotteelle ei ole yksinkertaista ja syy tähän on monissa eri tekijöissä. Kustannukset voidaan kohdistaa liittymille erilaisilla tavoilla ja oikean kohdistamissäännön valinta riippuu tutkijan näkökulmasta.

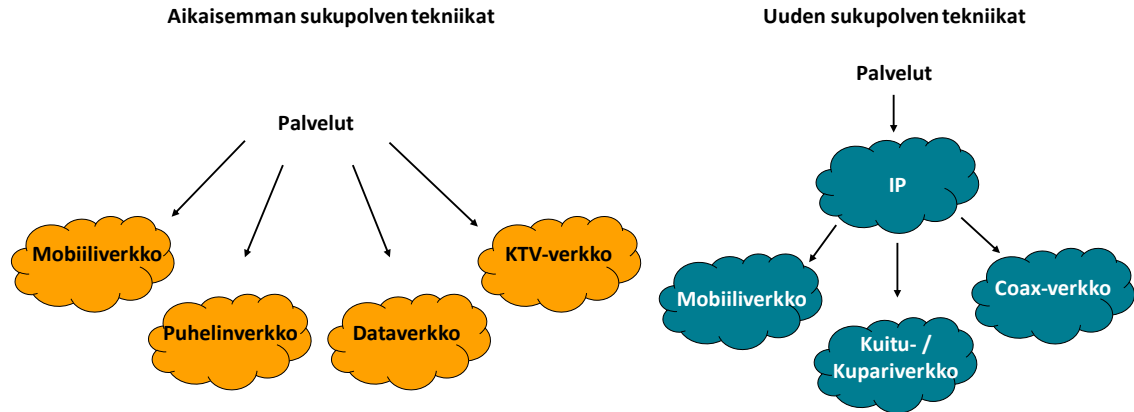
5.2.1 Verkkoarkkitehtuurin monimutkaisuus

Mobiiliverkko koostuu valtavasta määrästä verkon elementtejä. Jokainen liittymä kuluttaa verkkoa eri tavalla. Yksi keino laskea liittymäkohtaiset kustannukset, on määrittää hinta ja käyttöaika jokaiselle verkon elementille. Tämän jälkeen kustannukset jyvitetäisiin liittymille näiden käyttöasteen mukaan. Asiaa tarkemmin tutkimalla voidaan todeta, että näin yksityiskohtaisen laskelman määrittäminen olisi todella monimutkaista. Kustannusmallin käyttö vaatisi valtavasti lähtötietoja. Verkko kehittyi vauhdilla ja näin laajan kustannusmallin ylläpitäminen olisi työlästä. Tämän kaltainen malli vaatisi myös paljon oletuksia, jonka vuoksi tuloksien luotettavuus kärsisi. Työn tarkoituksena on luoda yksinkertaisempi kustannusmalli, jonka avulla voidaan kuitenkin arvioida liittymien tuotantokustannuksia riittävän tarkasti. Työssä kustannuksia tarkastellaan tilinpäätöstietojen perusteella. Tilinpäätöksen perusteella saadaan määritettyä mobiiliverkon vuotuiset kustannukset. Myös tämän mallin käyttö vaatii lukuisia valintoja tutkijalta.

Verkon palveluita voi käyttää sekä mobiiliverkon, että kiinteän verkon kautta. Tässä työssä keskitytään mobiiliverkon käytöstä aiheutuviin tuotantokustannuksiin. Radioliityntäverkon kustannukset voidaan kohdistaa lähes täysimääräisesti mobiiliverkoille. Siirtoverkon ja core-verkon kustannusten kohdistaminen mobiiliverkon ja kiinteän verkon välillä ei ole yhtä suoraviivaista. Työn kustannusmallin lähtökohtana on, että mobiiliverkon kustannukset on eritelty muista operaattorin kustannuksista.

Verkkoarkkitehtuuri on kokonaisuudessa kehittynyt valtavasti harppauksin ja tämä on muuttanut kustannusten jakamisen periaatteita. Aikaisemman sukupolven verkoissa erityyppisiä palveluita käytettiin omalla verkollaan. Kiinteän verkon puhelinpalveluita käytettiin puhelinverkon kautta. Matkapuhelinpalveluita käytettiin matkapuhelinverkon kautta. Televisiolähetystyksiä katsottiin satelliitti- tai kaapeliverkon kautta. Nämä verkot olivat suunniteltu yhden palvelun tuottamista varten. Kustannusten jakaminen palveluille oli aikaisemman sukupolven verkoissa huomattavasti suoraviivaisempaa. Kaikki verkon kustannukset pystyttiin suoraan kohdistamaan tietylle palvelulle. Uuden sukupolven verkot ovat pakettipohjaisia verkkoja ja ne pystyvät tarjoamaan palveluita verkon tyyppistä

riippumatta. Arkkitehtuuriset erot aikaisemman sukupolven verkkojen ja uuden sukupolven verkkojen välillä on esitetty kuvassa 32. Kustannusten jakaminen on muuttunut haastavammaksi, kun palveluiden tuottamisen kustannukset on jyvitetty eri tekniikoille.



Kuva 32. Aikaisemman ja uuden sukupolven verkkojen eroavaisuudet.

5.2.2 Monimutkaiset hinnoittelumallit

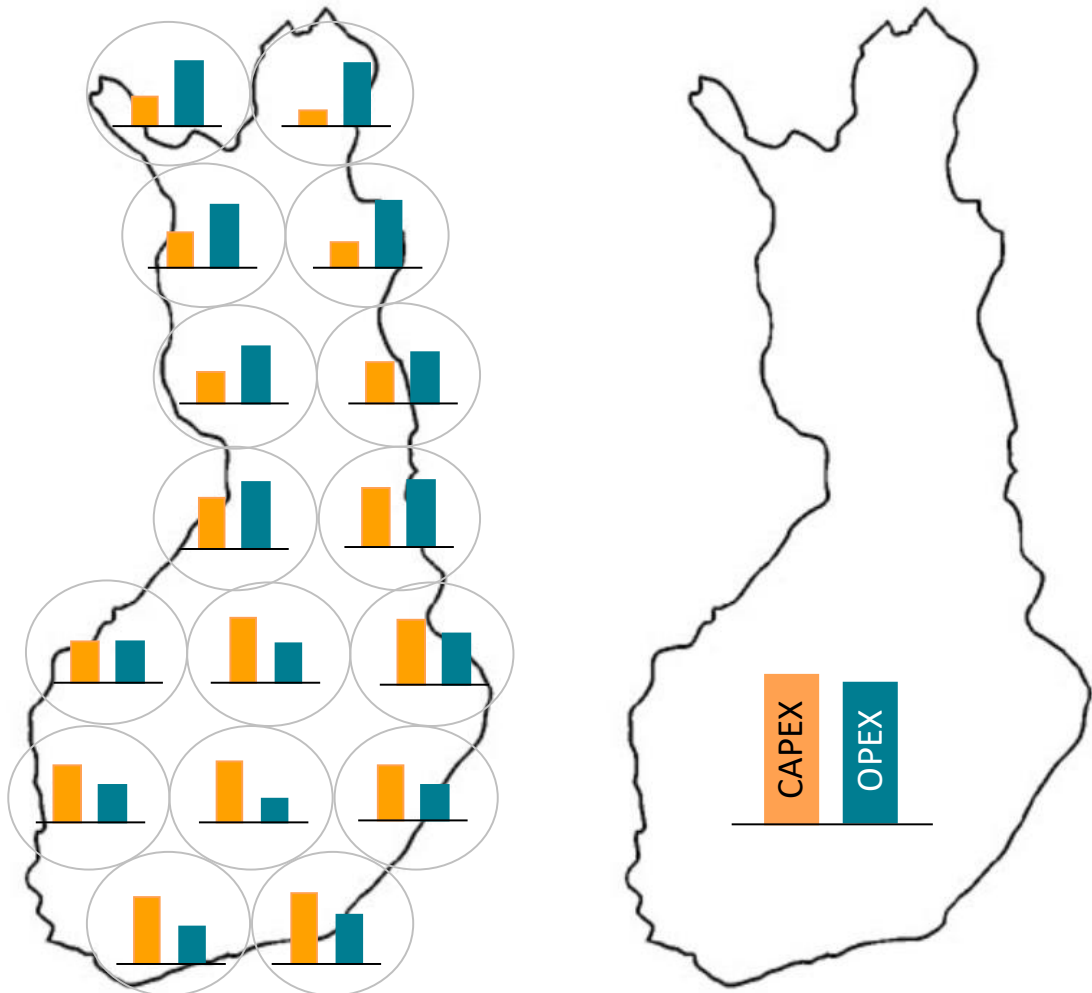
Verkon elementtien hinnat ja hinnoittelumallit vaihtelevat tapauskohtaisesti. Osa operaattoreista hankkii elementtejä "Pay-As-You-Grow" -hinnoittelumallilla. Tässä mallissa operaattori ostaa esimerkiksi elementin, jonka kapasiteetti on 1000. Operaattori ostaa aluksi käyttöönsä kapasiteettia vain 100 ja loput 900 avataan myöhemmin ohjelmistolienssien avulla. Verkon elementtien hinnoittelumallit sisältävät myös tyypillisesti alennuksia tai kaupan päälle saatavia tuotteita. Yksittäisten elementtien hinnan määrittäminen on monimutkaista tällaisten hinnoittelumallien vuoksi. Operaattorit myös omistavat verkon osia yhdessä ja heidän välillään on erilaisia vuokrasopimuksia. Nämä lisäävät laskennan vaativuutta entisestään (Valtonen 2019).

5.2.3 Asiakaskokemuksen ja laadun kustannus

Mobiilidataa käytetään Suomessa poikkeuksellisen paljon, koska useimmissa liittymissä hinnoittelu ei perustu käytetyn datan määrään. Datamäärän käytölle ei myöskään ole asetettu rajoituksia. Kapasiteettia jaetaan dynaamisesti asiakkaiden kesken. Yhteyden laatu (datanopeus) heikkenee, jos verkko ylikuormittuu. Jos asiakas ei ole tyytyväinen liittymän laatuun saattaa hän peruuttaa tilauksen. Erilaisilla asiakkaille on erilaiset odotukset ja erilaiset laatuvaatimukset. Tämän lisäksi on hankala arvioida, mistä syystä asiakas on lopulta peruuttanut tilauksen. Onko kysymys huonosta laadusta, vai toisen operaattorin paremmasta tarjouksesta (Valtonen 2019). Kustannusten tai arvon määrittäminen verkon laadulle on haastavaa ja tämän vuoksi sitä ei oteta työssä huomioon.

5.2.4 Maantieteellinen kustannusallokaatio

Mobiiliverkon liittymän on oltava asiakkaan käytettävissä kaikkialla, kun taas kiinteän verkon liittymä on oltava käytettävissä vain yhdessä kiinteässä osoitteessa. Mobiiliverkon kustannusrakenne vaihtelee operaattorikohtaisesti. Sama koskee myös yksittäistä verkon osia, joiden kustannusrakenteissa on suuria eroja. Kustannukset voitaisiin jakaa liittymän käyttämien verkon osien kustannusrakenteiden mukaan. Tällöin käyttäjälle kohdistuisi kustannukset ainoastaan siitä verkon osasta, jota käyttäjä on fyysisesti käyttänyt. Tässä tapauksessa saataisiin käyttäjille hyvin erilaisia tuotantokustannuksia. Kuvassa 33 vasemmalla on havainnollistettu tätä laskentatapaa. Mobiiliverkon on kuitenkin oltava käyttäjän saatavilla kaikkialla Suomessa, vaikka käyttäjä ei koko verkon kattavuutta hyväksi käyttäisi. Käyttäjälle on kohdistettava kuluja myös verkon osasta, johon käyttö ei kohdistu. Tämän vuoksi tässä työssä verkon kustannukset jaetaan kaikille käyttäjille. Kuvassa 33 oikealla on havainnollistettu tätä laskentatapaa.



Kuva 33. Mobiiliverkon kustannusrakenteen eroavaisuudet.

5.2.5 Verkkoelementtien käyttöiän ennustaminen

Verkon kustannuksia käsiteltiin kappaleessa 4.1. Kappaleessa todettiin, että verkon investointien kustannukset jaetaan oletetuille käyttövuosille. Investointikustannuksia poistetaan tasaisesti vuosittain. Investointien jaksottaminen käyttövuosille on tärkeää, jotta kustannukset kohdistuisivat oikeudenmukaisesti palveluille. Palvelu otetaan käyttöön tiettyä ajankohtana ja sen käyttö loppuu tiettyä aikana. Samalle aikavälille kohdistetut kustannukset kohdistuvat palveluille.

Investointien jaksottaminen tuleville käyttövuosille on tyypillisesti ennustamista. Tiettyjen investointien suhteen käyttöaika on helpommin hahmotettavissa. Tällaisia ovat esimerkiksi taajuushuutokaupasta ostetut taajuudet, joiden käytölle on asetettu tietty aikaraja. Tällöin kustannukset on helppo jakaa oikealle aikavälille. Verkon elementtien jaksottaminen käyttövuosille on haasteellisempaa. On hankala arvioida kuinka pitkän aikaa laitteet pysyvät ehjänä tai uusi tekniikka korvaa vanhan laitteen. Vielä hankalampaa on esimerkiksi kaapelien poistoajan määrittäminen. Tällä hetkellä voidaan ajatella, että valokuituverkko tulee palvelemaan pitkälle tulevaisuuteen, mutta toisaalta verkon kehitystä on mahdotonta ennustaa. Työssä kustannusmallin lähtökohtana on, että kustannukset on jaksotettu vuosille oikeudenmukaisesti ja parhaan näkemyksen mukaan. Virheelliset poistoajat vääristävät tuloksia. Tällinen tilanne voisi tulla kysymykseen esimerkiksi, kun poistoja on siirretty eteenpäin paremman vuosittaisen tuloksen aikaansaamiseksi.

5.3 Perinteiset kustannusmallit

Yleisesti tietoliikennettä käsittelevät kustannusmallit ovat olleet välineitä, joilla viranomaiset valvovat operaattorien hinnoittelua. Kirjallisuudesta löytyvät perinteiset kustannusmallit ovat sovellettavia, mutta ne eivät sellaisenaan sovellu tämän työn ratkaisuksi. Tässä kappaleessa on esitetty muutama perinteinen kustannusmalli ja mitä rajoitteita niillä on käytännön hyödyntämisen suhteen.

5.3.1 ABC-malli

1980-luvun loppupuolella alettiin yhä enemmän kritisoida tuotekohtaisen kustannustiedon tuottamiseen liittyviä ongelmia. Ongelmia aiheuttivat lisääntynyt variaatio ja kompleksisuus tuote- ja palvelutarjonnassa, sekä epäsuorien ja yhteisten kustannusten kasvava osuus. Käytännön sovellusten katsottiin jääneen jälkeen kehityksestä ja tämän vuoksi alettiin vaatia oikeudenmukaisempaa tapaa kohdistaa yleiskustannukset tuotteille. Tämän seurauksena syntyi toimintaperusteinen kustannuslaskenta ABC (Activity-Based Costing) (Neilimo & Uusi-Rauva 2014).

Toimintoperusteisessa laskennassa kustannukset kohdistetaan aluksi resursseille ja tämän jälkeen toiminnoille sen mukaan, miten ne käyttävät resursseja. Toimintojen kustannukset kohdistetaan puolestaan tuotteille tai muille laskentakohteille niiden kuluttamien toiminnoissa aikaansaatuisten suoritteiden suhteessa (Neilimo & Uusi-Rauva 2014).

ABC-mallin ongelmat nousevat esiin, kun sitä yritetään soveltaa mobiiliverkon operaattorien kaltaiseen monimutkaiseen yritykseen. Ongelmat liittyvät pääasiassa monimutkaiseen teknologiaan ja jatkuvaan markkinoiden muutokseen (Krstevski & Mancheski 2017). ABC-mallin käytön vaatima aika ja kustannukset ovat suurin syy miksi mallia ei sovelleta useimmissa yrityksissä. Mallin käyttöönotto ja ylläpito vaatii jatkuvaa sitoutumista, johon monikaan yritys ei ole sitoutunut. Kun mallia ei ylläpidetä säännöllisesti, tulosten luotettavuus heikkenee. Useimmiten aika kuluu väittelyyn kustannusohjainten tarkkuudesta, sen sijaan, että keskityttäisiin korjaamaan mallin perimmäisiä ongelmia (Kaplan 2004).

5.3.2 TDABC-malli

Aikaperusteisella toimintalaskennalla TDABC (Time-Driven Activity-Based Costing) voidaan ratkaista osa perinteisen toimintalaskennan ongelmista. TDABC on paljon yksinkertaisempi ja myös paljon tehokkaampi kuin perinteinen ABC-malli. TDABC vaatii vain kaksi parametria jokaiselle resurssiryhmälle: Resurssikapasiteetin toimittamisen kustannusaste ja resurssikapasiteetin kulutuksen (Kaplan 2009).

TDABC-malli toimii teoriassa, mutta käytännöllisyys on rajoitettu monimutkaisessa ympäristössä kuten mobiiliverkossa. Kun mobiiliverkossa siirretään tai valmistetaan mobiilidataa asiakkaalle, kyseisillä kustannuksilla on erittäin epälineaarinen luonne. Esimerkiksi jokaisella tukiasemalla on oma kustannusdynamikka. Verkko koostuu tuhansista erilaisista tuotantolaitoksesta, joita asiakkaat käyttävät vaihtelevasti ajallaan. Tämä mallinnettujen muuttujien määrä tekee käytännöttömäksi TDABC:n soveltamisen esimerkiksi yksittäisen asiakkaiden tai palvelujen tuotantokustannusten laskemiseen (Valtonen 2019).

5.3.3 LRIC-malli

Pitkän aikavälin lisäkustannukset LRIC (Long Run Incremental Cost) -malli on tulevaisuuteen katsova kustannusmalli. Sen avulla voidaan ennakoida ja suunnitella pitkän aikavälin kustannuskehitystä (Kenton 2019).

Pitkän aikavälin lisäkustannukset tarkoittavat muuttuvia kustannuksia, joita yrityksen on mahdollista ennakoida. Esimerkkejä pitkän aikavälin lisäkustannuksista ovat energian ja öljyn hinnankorotukset, vuokrankorotukset, laajennuskustannukset ja ylläpitokulut. Jos

esimerkiksi sähkön hinnat nousevat, vaikuttaa se merkittävästi mobiiliverkon kokonaiskustannuksiin. Lisäkustannuksien arvioiminen on haastavaa, mutta erilaisia mahdollisuuksia on hyvä tutkia etukäteen (Kenton 2019).

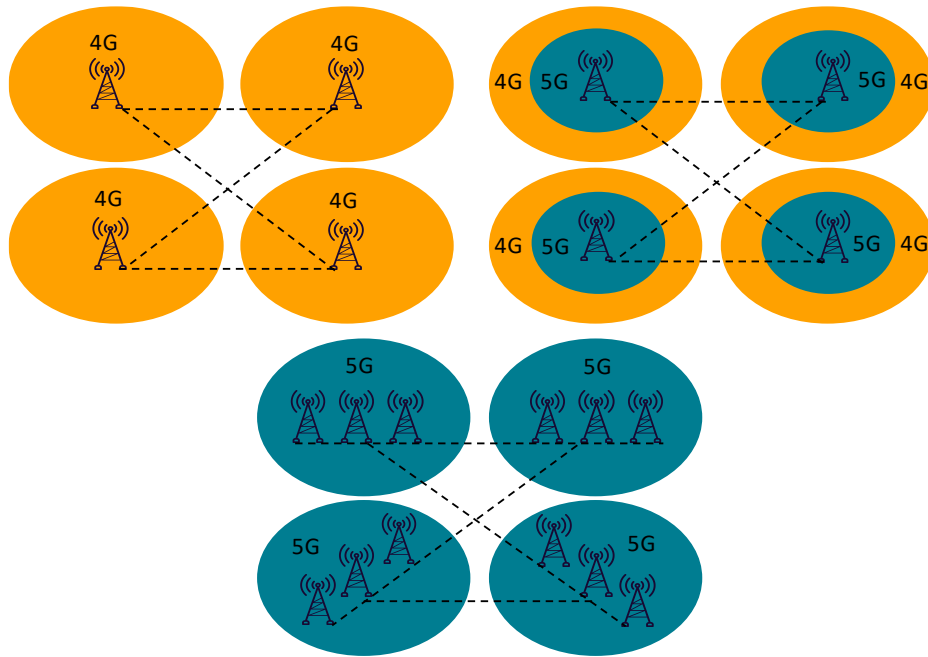
Viranomaiset käyttävät LRIC-mallia hintasääntelymenetelmänä. LRIC-mallin avulla voidaan arvioida niitä pitkän aikavälin lisäkustannuksia, joita tehokkaasti toimivalle yritykselle aiheutuisi säännellyn tuotteen tai palvelun tuottamisesta. LRIC-malli ei sovellu työn kustannusmalliksi, mutta sen avulla olisi mahdollista arvioida juoksevien kustannusten kehitystä tulevaisuudessa.

5.4 Kustannusajurin valinta

Kappaleessa 2 esitettiin, että mobiiliverkkojen datankäyttö on kasvanut voimakkaasti ja operaattorit ovat investoineet verkkojen kehitykseen. Kappaleessa 4.3 esitettiin operaattorin verkon datankäytön nykytila. Tiedoista voitiin havaita, että operaattorin verkon datankäyttö on kasvanut huomattavasti tarkastelujaksolla. Opiteen perusteella voidaan todeta, että datankäytön kasvu on ollut merkittävin tekijä, miksi operaattorit ovat investoineet verkkojen kehitykseen.

Aikaisempien sukupolvien verkot kattavat lähes koko Suomen. Uuden sukupolven verkkoja kehitetään kasvavien datanopeuksien ja -määrien vuoksi. Verkkoja pyritään laajentamaan jatkuvasti, mutta niiden rakentaminen on kallista ja hidasta (kuva 34). Voidaan ajatella, että jos datankäytön kasvulle ei olisi tarvetta, ei operaattoreiden tarvitsisi investoida verkkojen kehitykseen. Tällöin syntyisi ainoastaan juoksevia kustannuksia verkon toiminnasta ja ylläpidosta.

Tässä työssä verkon kustannukset, jotka syntyvät datankäytön kasvun seurauksena, jyvitetään liittymille niiden liikennemäärien volyymin mukaisesti. Verkon kustannukset, jotka eivät synny datankäytön kasvun seurauksena, jyvitetään tasaisesti kaikille liittymille. Kappaleessa esitetään perustellusti, miten kustannukset on jyvitetty eri kustannuspaikoille.



Kuva 34. Uuden sukupolven verkon kattavuuden kehitys.

Kuvassa 35 on esitetty, kuinka suuri osa verkon elementtien hankinnan kustannuksista jyvitetään liikennemäärien ja kuinka suuri osa liittymämäärien mukaisesti. Operaattorin verkko on kattanut koko Suomen ennen tarkastelujakson alkua. Operaattori on jatkanut investointeja verkon kehitykseen, jonka voidaan katsoa suurimmilta osin olevan seurausta datankäytön kasvusta. Radioliityntäverkon elementtien hankinnan kustannuksista jyvitetään keskimäärin 92 % liikennemäärien ja 8 % liittymämäärien mukaisesti. Siirtoverkon elementtien hankinnan kustannuksista jyvitetään keskimäärin 87 % liikennemäärien ja 13% liittymämäärien mukaisesti. Käytännössä kaikki verkon päivitykset ja kapasiteetin laajennukset voidaan katsoa johtuvan datankäytön kasvusta. Core-verkon elementtien hankinnan kustannuksista jyvitetään keskimäärin 47 % liikennemäärien ja 53% liittymämäärien mukaisesti. Core-verkossa laitteita päivitetään harvemmin datankäytön kasvun seurauksena. Liittymämäärän kasvaessa laitteiden kapasiteettia vapautetaan lisenssien avulla.

Verkon elementit - Radioliityntäverkko (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	90 %	91 %	92 %	93 %	94 %
Liittymät	10 %	9 %	8 %	7 %	6 %
Verkon elementit - Siirtoverkko (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	85 %	86 %	87 %	88 %	89 %
Liittymät	15 %	14 %	13 %	12 %	11 %
Verkon elementit - Core (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	45 %	46 %	47 %	48 %	49 %
Liittymät	55 %	54 %	53 %	52 %	51 %

Kuva 35. Verkon elementtien hankinnan kustannuksien jyvittäminen liikenne- ja liittymämäärien mukaisesti.

Kuvassa 36 on esitetty, kuinka suuri osa verkon elementtien rakentamisen kustannuksista jyvitetään liikennemäärien ja kuinka suuri osa liittymämäärien mukaisesti. Rakentamisen osalta jyvitykset ovat samat kuin elementtien hankinnan tapauksessa. Elementtien hankinta ja rakentaminen ovat osa verkon käyttöönottoprosessia.

Verkon elementtien rakentaminen - Radioliityntäverkko (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	90 %	91 %	92 %	93 %	94 %
Liittymät	10 %	9 %	8 %	7 %	6 %
Verkon elementtien rakentaminen - Siirtoverkko (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	85 %	86 %	87 %	88 %	89 %
Liittymät	15 %	14 %	13 %	12 %	11 %
Verkon elementtien rakentaminen - Core (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	45 %	46 %	47 %	48 %	49 %
Liittymät	55 %	54 %	53 %	52 %	51 %

Kuva 36. Verkon elementtien rakentamisen kustannuksien jyvittäminen liikenne- ja liittymämäärien mukaisesti.

Kuvassa 37 on esitetty, kuinka suuri osa taajuuksien ja muiden investointien kustannuksista jyvitetään liikennemäärien ja kuinka suuri osa liittymämäärien mukaisesti. Taajuuksien kustannuksista jyvitetään 80 % liikennemäärien ja 20 % liittymämäärien mukaisesti.

Taajuuksilla on nykyään suuri kysyntä ja niitä on käytössä rajallinen määrä. Taajuuksien kuormittuminen aiheuttaa mobiiliverkon yhteyksien laadun heikkenemistä. Taajuudet eivät kuormitu suurista liittymämääristä, vaan ne kuormittuvat suurista datankäyttömääristä. Taajuudet hankitaan kaikkien käyttäjien hyödynnettäväksi. Käytettävä tekniikka ja taajuus riippuu liittymän tyypistä. Uusien taajuuksien käyttöönotto hajauttaa verkon kuormitusta. Muista investointikustannuksista jyvitetään 50 % liikennemäärien ja 50% liittymämäärien mukaisesti. Muut investoinnit koostuvat useammasta pienemmästä kustannustekijästä. Näiden tarkempaa osuutta ei työn puitteissa tutkita ja tämän vuoksi jyvitykset tehdään tasan.

Taajuudet (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	80 %	80 %	80 %	80 %	80 %
Liittymät	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %
Muut investointi kustannukset (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %
Liittymät	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %

Kuva 37. Taajuuksien ja muiden investointien rakentamisen kustannuksien jyvittäminen liikenne- ja liittymämäärien mukaisesti.

Kuvassa 38 on esitetty, kuinka suuri osa vuokrien kustannuksista jyvitetään liikennemäärien ja kuinka suuri osa liittymämäärien mukaisesti. Radioliityntäverkon vuokrien kustan-

nuksista jyvitetään keskimäärin 37 % liikennemäärien ja 63 % liittymämäärien mukaisesti. Siirtoverkon vuokrien kustannuksista jyvitetään keskimäärin 57 % liikennemäärien ja 43 % liittymämäärien mukaisesti. Core-verkon vuokrien kustannuksista jyvitetään keskimäärin 100 % liikennemäärien ja 0 % liittymämäärien mukaisesti.

Vuokra - Radioliityntäverkko (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	35 %	36 %	37 %	38 %	39 %
Liittymät	65 %	64 %	63 %	62 %	61 %
Vuokra - Siirtoverkko (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	55 %	56 %	57 %	58 %	59 %
Liittymät	45 %	44 %	43 %	42 %	41 %
Vuokra - Core (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Liittymät	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Kuva 38. Vuokrien kustannuksien jyvittäminen liikenne- ja liittymämäärien mukaisesti.

Vuokrien osalta uuden sukupolven verkkojen kattavuuden tai kapasiteetin laajentaminen tulkitaan datankäytön kasvusta johtuviksi kustannuksiksi. Vanhan sukupolven verkkojen vuokrat taas tulkitaan olemassa olevan kattavuuden säilyttämiseksi, mitkä jyvitetään liittymille tasaisesti.

Kuvassa 39 on esitetty, kuinka suuri osa sähkön kustannuksista jyvitetään liikennemäärien ja kuinka suuri osa liittymämäärien mukaisesti. Radioliityntäverkon sähkön kustannuksista jyvitetään keskimäärin 73 % liikennemäärien ja 27 % liittymämäärien mukaisesti. Siirtoverkon sähkön kustannuksista jyvitetään keskimäärin 73 % liikennemäärien ja 27 % liittymämäärien mukaisesti. Core-verkon sähkön kustannuksista jyvitetään keskimäärin 92 % liikennemäärien ja 8 % liittymämäärien mukaisesti. Sähkönkulutus, joka vaihtelee verkon datankäytön mukaisesti, jyvitetään liikennemäärien mukaan. Sähkönkulutus, joka ei vaihtelee datankäytön mukaisesti, jyvitetään liittymämäärien mukaan. Tällaisia ovat esimerkiksi laittilojen valaistus ja jäähdytys, sekä laitteiden tyhjäkäynnillä kuluttama sähkö.

Sähkö - Radioliityntäverkko (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	75 %	74 %	73 %	72 %	71 %
Liittymät	25 %	26 %	27 %	28 %	29 %
Sähkö - Siirtoverkko (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	75 %	74 %	73 %	72 %	71 %
Liittymät	25 %	26 %	27 %	28 %	29 %
Sähkö - Core (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	90 %	91 %	92 %	93 %	94 %
Liittymät	10 %	9 %	8 %	7 %	6 %

Kuva 39. Sähkön kustannuksien jyvittäminen liikenne- ja liittymämäärien mukaisesti.

Kuvassa 40 on esitetty, kuinka suuri osa suunnittelun kustannuksista jyvitetään liikennemäärien ja kuinka suuri osa liittymämäärien mukaisesti. Suunnittelun osalta jyvitykset ovat samat, kuin elementtien hankinnan ja rakentamisen tapauksessa.

Suunnittelu - Radioliityntäverkko (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	90 %	91 %	92 %	93 %	94 %
Liittymät	10 %	9 %	8 %	7 %	6 %
Suunnittelu - Siirtoverkko (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	85 %	86 %	87 %	88 %	89 %
Liittymät	15 %	14 %	13 %	12 %	11 %
Suunnittelu - Core (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	45 %	46 %	47 %	48 %	49 %
Liittymät	55 %	54 %	53 %	52 %	51 %

Kuva 40. Suunnittelun kustannuksien jyvittäminen liikenne- ja liittymämäärien mukaisesti.

Kuvassa 41 on esitetty, kuinka suuri osa henkilöstön, viankorjauksen ja ylläpidon, sekä muista juoksevista kustannuksista jyvitetään liikennemäärien ja kuinka suuri osa liittymämäärien mukaisesti.

Henkilöstö (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Liittymät	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Viankorjaus ja ylläpito (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Liittymät	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Muut juoksevat kustannukset (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %
Liittymät	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %

Kuva 41. Henkilöstön, viankorjauksen ja ylläpidon sekä muiden juoksevien kustannuksien jyvittäminen liikenne- ja liittymämäärien mukaisesti.

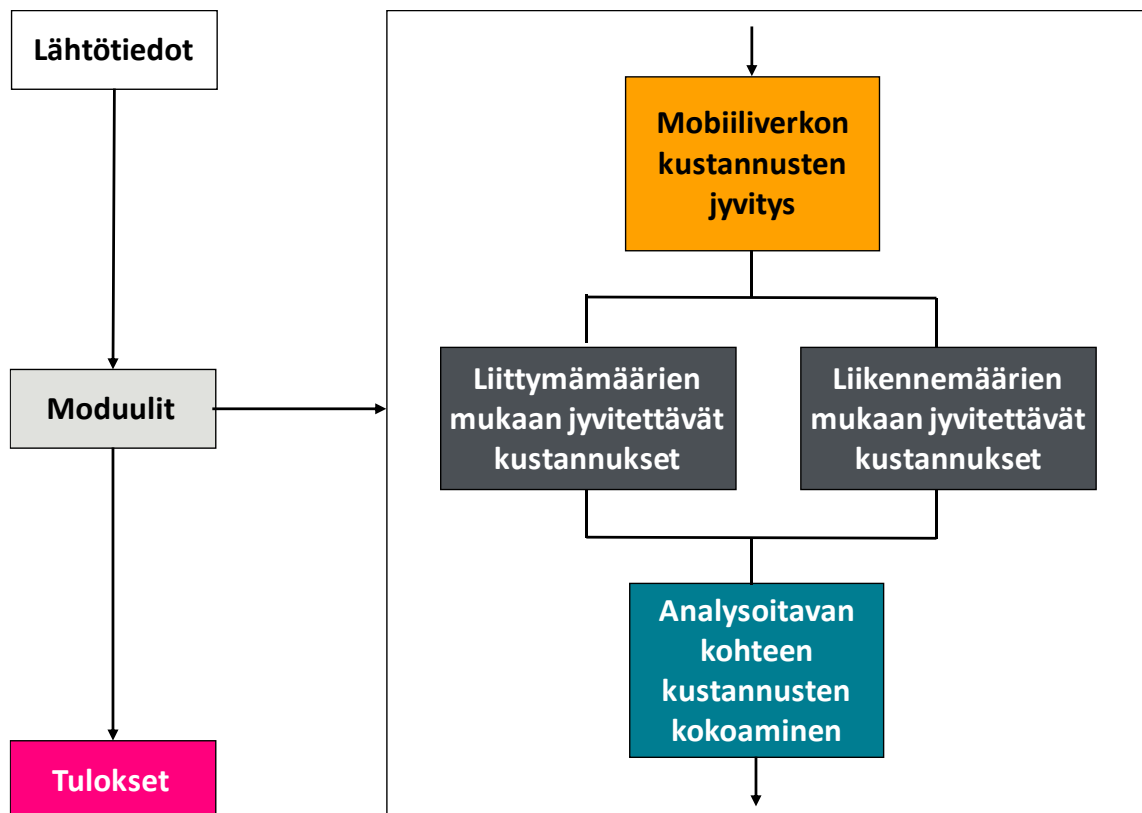
Henkilöstön, viankorjauksen ja ylläpidon kustannukset jaetaan tasaisesti liittymämäärän mukaan. Näiden jakaminen tasapuolisesti olisi haastavaa. Muut juoksevat kustannukset jaetaan tasaisesti liikenne- ja liittymämäärän mukaan, kuten toimittiin muiden investointikustannustenkin kanssa.

5.5 Kehitetyn kustannusmallin esittely

Työssä luotu kustannusmalli koostuu kolmesta osasta: lähtötiedot, moduulit ja tulokset. Kustannusmallin rakenne on esitetty kuvassa 42. Lähtötiedot toimivat mallin syötteenä. Ne koostuvat vuotuisista mobiiliverkon kustannuksista, liittymä- ja liikennemääristä. Lähtötiedoiksi tarvitaan myös analysoitavan kohteen liittymä- ja liikennemäärät. Mallissa kustannuksia jyvitetään ylhäältä alas (Top-Down). Mobiiliverkon kustannukset sijoitetaan

kustannusmallin ylimmäksi arvoksi. Mobiiliverkon ja analysoitavan kohteen liittymä- ja liikennemääriä käytetään hyväksi työn moduulit-osiossa.

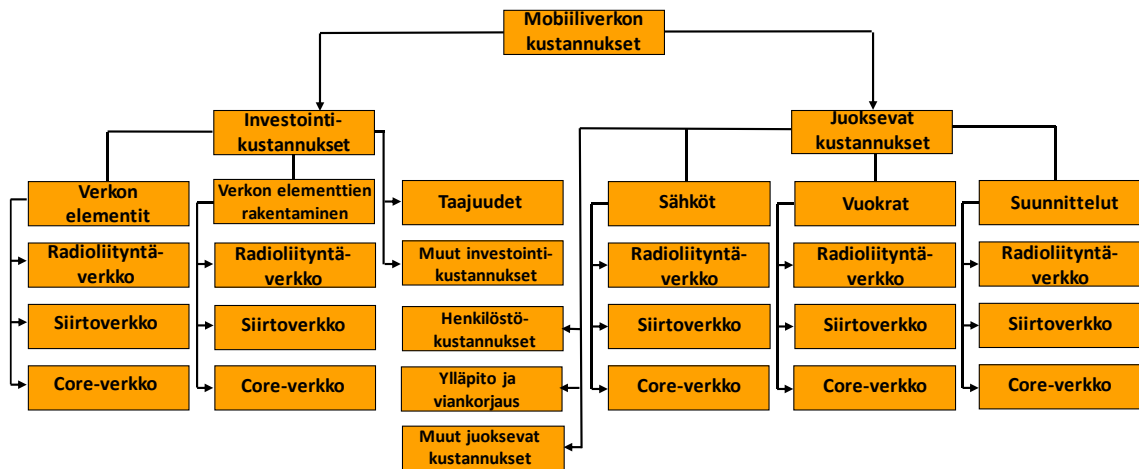
Moduulit-osio sisältää kustannusmallin jyvitysäännöt. Nämä tiedot on täytettävä ennen kustannusmallin käytön aloittamista. Moduulit-osio koostuu kolmesta osasta. Aluksi mobiiliverkon kustannukset jyvitetään pienemmille kustannuspaikoille. Tämän jälkeen kustannukset jyvitetään analysoitavalle kohteelle liikenne- ja liittymämäärien mukaisesti. Viimeisessä vaiheessa kustannukset kootaan suuremmiksi kustannuspaikoiksi vaihe kerrallaan. Tuloksena saadaan analysoitavan kohteen tuotantokustannukset. Tuloksia voidaan tarkastella asiakkaan, tuoteryhmän tai yksittäisen liittymän näkökulmasta. Tuotantokustannukset voidaan jakaa myös pienempiin osiin ja näiden tietojen perusteella analysoida merkittävimpiä kustannustekijöitä.



Kuva 42. Kustannusmallin rakenne.

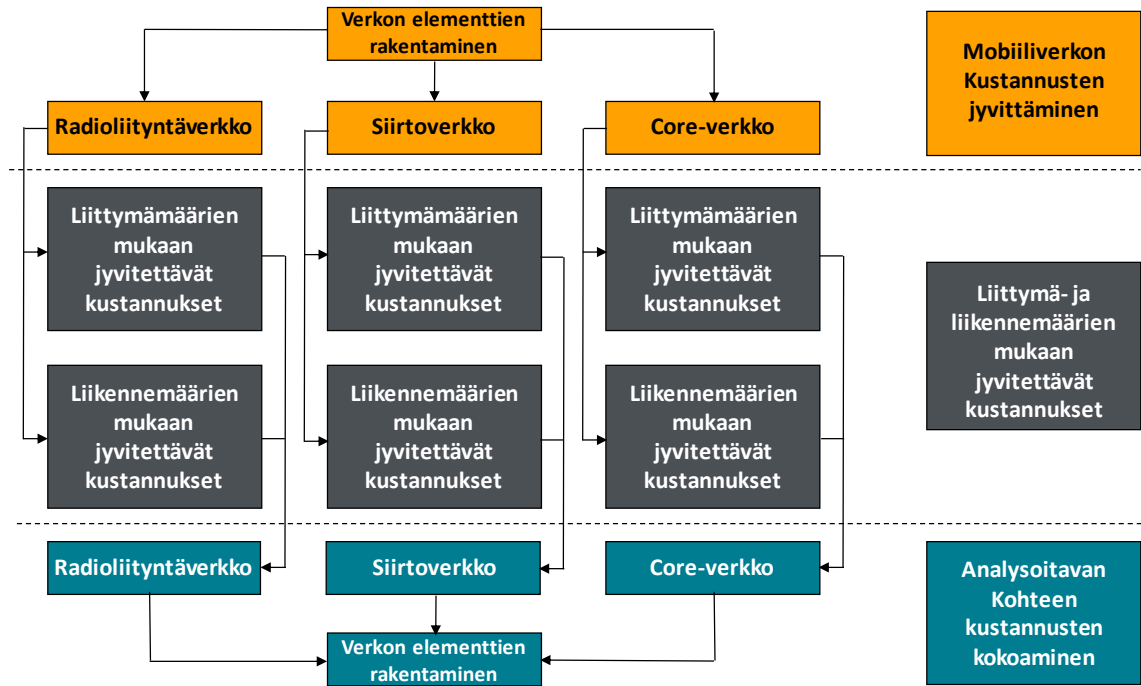
Kuvassa 43 on esitetty yksityiskohtaisemmin mobiiliverkon kustannusten jyvittäminen. Kohdentamisessa sovelletaan kappaleesta 3.1 esitettyä mallia. Mobiiliverkon kustannukset jaetaan aluksi investointi- ja juokseviin kustannuksiin. Investointikustannukset jaetaan verkon elementtien hankinnan ja rakentamisen, taajuuksien ja muihin investointikustannuksiin. Juoksevat kustannukset jaetaan sähköjen, vuokrien, suunnittelun, henkilöstön, ylläpidon ja viiankorjauksen, sekä muihin juokseviin kustannuksiin. Suurimmat kustannuspaikat on tämän lisäksi jaettu radioliityntäverkon, siirtoverkon ja core-verkon

kustannuksiin. Tarkoituksena on jakaa kustannukset aluksi pienempiin osiin, jotta kustannusten jyvittäminen analysoitavalle kohteelle liikenne- ja liittymämäärien mukaan olisi helpompaa.



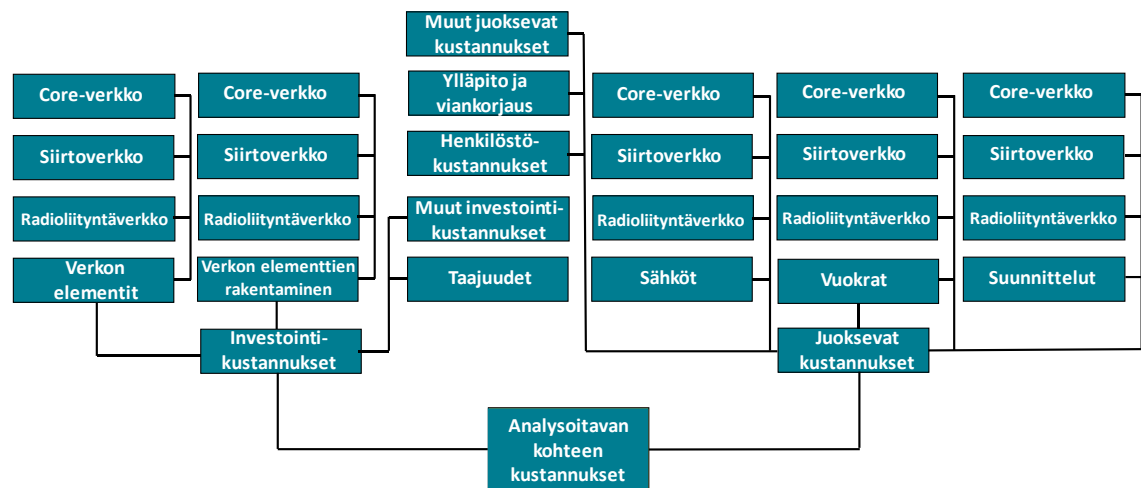
Kuva 43. Mobiiliverkon kustannusten jyvittäminen kustannuspaikoille.

Kuvassa 44 on esitetty yksityiskohtaisemmin, kuinka mobiiliverkon kustannukset jyvitetään analysoitavalle kohteelle liikenne- ja liittymämäärien mukaisesti. Verkon rakentamisen kustannukset on aluksi jyvitetty radioliityntäverkon, siirtoverkon ja core-verkon kustannuksiin. Tämän jälkeen kustannukset on jyvitetty liikenne- ja liittymämäärien mukaan kohdennettaviin kustannuksiin. Analysoitavan kohteen liikennemäärä jaetaan mobiiliverkon liikennemäärällä ja kerrotaan liikennemäärän mukaan kohdennettavilla kustannuksilla. Vastaavasti analysoitavan kohteen liittymämäärä jaetaan mobiiliverkon liittymämäärällä ja kerrotaan liittymämäärän mukaan kohdennettavilla kustannuksilla. Laskennan tuloksena saadaan analysoitavan kohteen verkon rakentamisen kustannukset. Samaa laskentatapaa noudatetaan myös muiden kustannuspaikkojen osalta.



Kuva 44. Mobiiliverkon kustannusten jyvittäminen analysoitavalle kohteelle liikenne- ja liittymämäärien mukaisesti.

Kuvassa 45 on esitetty yksityiskohtaisemmin, kuinka analysoitavan kohteen kustannukset on koottu yhteen. Kustannukset kootaan samalla periaatteella, kuin ne on aluksi jyvitetty. Tuloksena saadaan analysoitavan kohteen tuotantokustannukset.



Kuva 45. Analysoitavan kohteen kustannusten kokoaminen.

Kustannusmalli luotiin aikaisemmin työssä tehtyjen havaintojen perusteella. Mallin rakenteesta pyrittiin tekemään mahdollisimman käytännöllinen. Mallin tietojen täyttäminen vaatii tekniikan ja liiketoiminnan yksiköiden yhteistyötä. Tämän avulla tietojen ajantasaisuus ja luotettavuus saadaan varmistettua. Kustannusmallin testauksessa voidaan käyttää hyväksi verkon ja palveluiden nykytilasta selvitettyjä tietoja.

6. TULOKSET

6.1 Esimerkkilasku

Tässä kappaleessa esitetään kustannusmallin käyttöä esimerkkilaskua hyväksikäyttäen. Esimerkkilaskun avulla selvitetään kappaleessa 4.4 esitetyn asiakas 1 tuotantokustannukset. Kustannusmallin käyttö aloitetaan lähtötietojen täyttämällä. Tietoihin syötetään mobiiliverkon vuotuiset kustannukset, sekä kappaleessa 4.3 esitetyt mobiiliverkon liikenne ja liittymämäärät. Lisäksi lähtötietoihin täydennetään asiakkaan 1 (analysoitavan kohteen) liikenne- ja liittymämäärät. Kuvassa 46 on esitetty täydennetyt esimerkkilaskun lähtötiedot.

Lähtötiedot	2014	2015	2016	2017	2018
Mobiiliverkon kustannukset yhteensä (€)	170 000 000	175 000 000	183 000 000	186 000 000	189 000 000
Mobiiliverkon liittymät yhteensä (kpl)	2 478 000	2 563 000	2 682 000	2 777 000	2 844 000
Mobiiliverkon liikenne yhteensä (GB)	103 992 000	194 853 000	344 602 000	529 411 000	709 022 000
Analysoitavan kohteen liittymät (kpl)	0	1	1	2	0
Analysoitavan kohteen liikenne (GB)	0	45	56	141	0

Kuva 46. Esimerkkilaskun täydennetyt lähtötiedot.

Kustannusmallin käyttöä jatketaan moduuliosion tietojen täydentämällä. Mobiiliverkon kustannusten jyvittämisessä käytetään hyväksi kappaleessa 4.2 esitettyjä verkon kustannusten nykytilatietoja. Tämän jälkeen kustannukset kohdistetaan liikenne- ja liittymämäärien mukaan jyvittäviin kustannuksiin kappaleessa 5.4 esitettyjen kustannusajurien avulla.

Kuvassa 47 on esitetty muutama täytetty kohta moduuleista. Kuvassa mobiiliverkon kustannukset on aluksi jyvitetty investointi- ja juokseviin kustannuksiin. Seuraavaksi investointikustannukset on jyvitetty verkon elementtien hankinnan, elementtien rakentamisen, taajuuksien ja muihin investointikustannuksiin. Tämän jälkeen verkon elementtien kustannukset on jyvitetty radioliityntäverkon, siirtoverkon ja core-verkon kustannuksiin. Viimeisenä vaiheena radioliityntäverkon, siirtoverkon ja core-verkon kustannukset on kohdistettu liikenne- ja liittymämäärien mukaisesti jyvittäviin kustannuksiin. Muiden investointi ja juoksevien kustannusten kohdentaminen tapahtuu samalla periaatteella. Loput esimerkkilaskun täytetyistä moduuleista on esitetty työn liitteenä A.

Mobiiliverkon kustannukset (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Investointi	41 %	42 %	42 %	43 %	43 %
Juoksevat	59 %	58 %	58 %	57 %	57 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Investointi (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Verkon elementit	35 %	35 %	34 %	33 %	34 %
Verkon elementtien rakentaminen	45 %	44 %	44 %	45 %	44 %
Taajuudet	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %
Muut investointi kustannukset	10 %	11 %	12 %	12 %	12 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Juoksevat (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Vuokra	33 %	43 %	32 %	32 %	31 %
Sähkö	30 %	28 %	32 %	33 %	34 %
Suunnittelu	10 %	3 %	9 %	9 %	8 %
Henkilöstö	8 %	8 %	7 %	7 %	6 %
Ylläpito ja viankorjaus	8 %	8 %	7 %	7 %	6 %
Muut juoksevat kustannukset	11 %	10 %	13 %	12 %	15 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Verkon elementit (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Radioliityntäverkko	75 %	75 %	74 %	71 %	72 %
Siirtoverkko	15 %	16 %	16 %	17 %	17 %
Core	10 %	9 %	10 %	12 %	11 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Verkon elementit - Radioliityntäverkko (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	90 %	91 %	92 %	93 %	94 %
Liittymät	10 %	9 %	8 %	7 %	6 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Verkon elementit - Siirtoverkko (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	85 %	86 %	87 %	88 %	89 %
Liittymät	15 %	14 %	13 %	12 %	11 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Verkon elementit - Core (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	45 %	46 %	47 %	48 %	49 %
Liittymät	55 %	54 %	53 %	52 %	51 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Kuva 47. Esimerkkilaskun täydennetyt moduulit.

Kuvassa 48 on esitetty esimerkkilaskun tulokset. Esimerkkilaskun lopputuloksena saatiin selville asiakkaan 1 aiheuttamat tuotantokustannukset. Tuloksissa on esitetty asiakas- ja liittymäkohtaiset kustannukset erikseen. Lisäksi tuloksista voidaan tulkita asiakkaalle kohdistuneet investointi- ja juoksevat kustannukset.

Analysoitava kohde	2014	2015	2016	2017	2018
Kustannukset vuosi	- €	50,89 €	43,05 €	78,28 €	- €
Kustannukset kuukausi	- €	4,24 €	3,59 €	6,52 €	- €

Analysoitava kohde kustannukset	2014	2015	2016	2017	2018
Investointi	- €	19,13 €	15,39 €	27,72 €	- €
Juoksevat	- €	31,77 €	27,66 €	50,56 €	- €
	- €	50,89 €	43,05 €	78,28 €	- €

Investointi	2014	2015	2016	2017	2018
Verkon elementit	- €	6,51 €	4,98 €	8,62 €	- €
Verkon elementtien rakentaminen	- €	8,18 €	6,37 €	11,51 €	- €
Taajuudet	- €	1,93 €	1,57 €	2,86 €	- €
Muut investointi kustannukset	- €	2,51 €	2,47 €	4,73 €	- €
	- €	19,13 €	15,39 €	27,72 €	- €

Juoksevat	2014	2015	2016	2017	2018
Vuokra	- €	13,87 €	9,33 €	17,21 €	- €
Sähkö	- €	7,64 €	7,29 €	13,33 €	- €
Suunnittelu	- €	0,77 €	1,80 €	3,05 €	- €
Henkilöstö	- €	3,17 €	2,77 €	5,34 €	- €
Ylläpito ja viankorjaus	- €	3,17 €	2,77 €	5,34 €	- €
Muut juoksevat kustannukset	- €	3,15 €	3,69 €	6,28 €	- €
	- €	31,77 €	27,66 €	50,56 €	- €

Analysoitava kohde (liittymäkohtainen)	2014	2015	2016	2017	2018
Kustannukset vuosi	- €	50,89 €	43,05 €	39,14 €	- €
Kustannukset kuukausi	- €	4,24 €	3,59 €	3,26 €	- €

Analysoitava kohde kustannukset (liittymäkohtainen)	2014	2015	2016	2017	2018
Investointi	- €	19,13 €	15,39 €	13,86 €	- €
Juoksevat	- €	31,77 €	27,66 €	25,28 €	- €
	- €	50,89 €	43,05 €	39,14 €	- €

Investointi	2014	2015	2016	2017	2018
Verkon elementit	- €	6,51 €	4,98 €	4,31 €	- €
Verkon elementtien rakentaminen	- €	8,18 €	6,37 €	5,76 €	- €
Taajuudet	- €	1,93 €	1,57 €	1,43 €	- €
Muut investointi kustannukset	- €	2,51 €	2,47 €	2,37 €	- €
	- €	19,13 €	15,39 €	13,86 €	- €

Juoksevat	2014	2015	2016	2017	2018
Vuokra	- €	13,87 €	9,33 €	8,60 €	- €
Sähkö	- €	7,64 €	7,29 €	6,67 €	- €
Suunnittelu	- €	0,77 €	1,80 €	1,53 €	- €
Henkilöstö	- €	3,17 €	2,77 €	2,67 €	- €
Ylläpito ja viankorjaus	- €	3,17 €	2,77 €	2,67 €	- €
Muut juoksevat kustannukset	- €	3,15 €	3,69 €	3,14 €	- €
	- €	31,77 €	27,66 €	25,28 €	- €

Kuva 48. Esimerkkilaskusta saadut tulokset.

Esimerkkilaskun avulla esitettiin kustannusmallin käyttö ja toiminta. Kustannusmallin avulla voidaan selvittää asiakkaiden ja tuotteiden aiheuttamia tuotantokustannuksia. Kustannusmallin avulla nähdään yksinkertaisesti, mitkä ovat verkon merkittävimmät kustannukset. Kappaleen esimerkin avulla tutkimus on helposti toistettavissa.

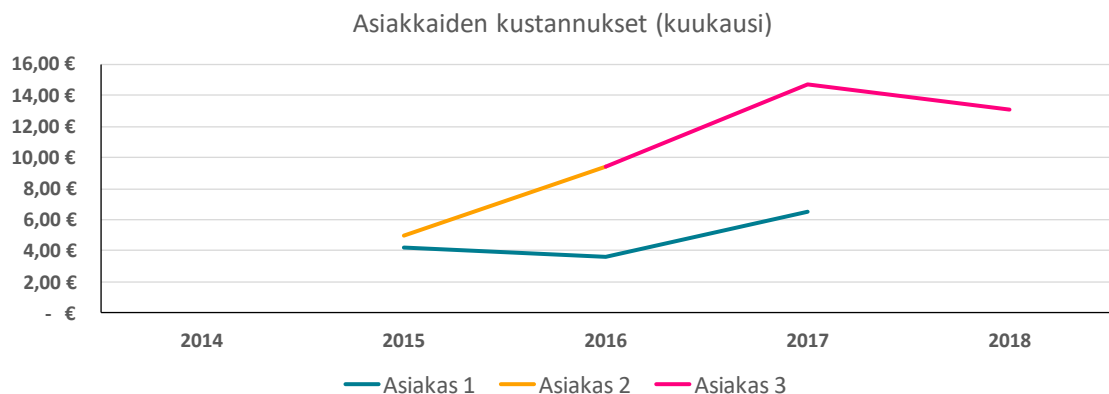
6.2 Tulosten analysointi

Laskenta toistettiin kappaleessa 4.4 esitettyjen asiakkaiden ja tuotteiden nykytilatietojen perusteella. Tuloksena saatiin selvitettyä asiakkaiden ja tuotteiden tuotantokustannukset.

6.2.1 Asiakaskohtaiset kustannukset

Kuvassa 49 on esitetty asiakkaiden kustannukset vuosi- ja kuukausitasolla. Asiakkaan 1 tuotantokustannukset ovat pienimmät ja asiakkaan 3 tuotantokustannukset ovat suurimmat tarkastelujaksolla. Asiakas 3 tuotantokustannukset olivat vuonna 2017 14,75 €/kk, mikä on tarkastelujakson suurin tuotantokustannus.

Asiakkaan kustannukset vuosi	2014	2015	2016	2017	2018
Asiakas 1		50,89 €	43,05 €	78,28 €	
Asiakas 2		59,30 €	112,85 €		
Asiakas 3			112,88 €	176,99 €	157,13 €
Asiakkaan kustannukset kuukausi	2014	2015	2016	2017	2018
Asiakas 1		4,24 €	3,59 €	6,52 €	
Asiakas 2		4,94 €	9,40 €		
Asiakas 3			9,41 €	14,75 €	13,09 €

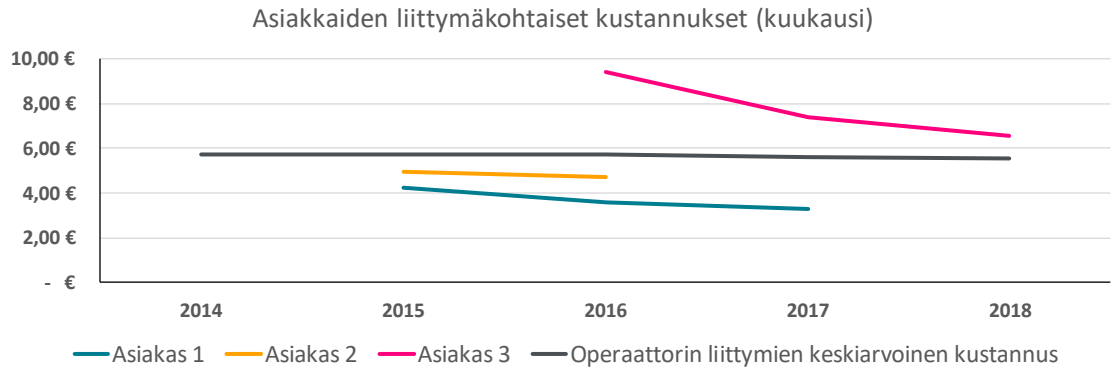


Kuva 49. Asiakaskohtaiset kustannukset.

6.2.2 Asiakkaiden liittymäkohtaiset kustannukset

Kuvassa 50 on esitetty asiakkaiden liittymäkohtaiset kustannukset vuosi- ja kuukausitasolla. Asiakkaan 1 liittymäkohtaiset tuotantokustannukset ovat pienimmät ja asiakkaan 3 tuotantokustannukset suurimmat tarkastelujaksolla. Tuloksista on havaittavissa, että asiakkaiden liittymämäärä on kasvanut vuosien kuluessa ja tämä on laskenut asiakkaiden liittymäkohtaista kustannusta. Asiakas 3 liittymäkohtaiset tuotantokustannukset olivat vuonna 2016 9,41 €/kk, mikä on tarkastelujakson suurin tuotantokustannus. Tämän jälkeen asiakas 3 liittymäkohtaiset kustannukset ovat laskeneet tasaisesti. Vuonna 2018 liittymäkohtaiset kustannukset olivat 6,55 €/kk.

Liittymän kustannukset vuosi	2014	2015	2016	2017	2018
Asiakas 1		50,89 €	43,05 €	39,14 €	
Asiakas 2		59,30 €	56,42 €		
Asiakas 3			112,88 €	88,50 €	78,57 €
Liittymän kustannukset kuukausi	2014	2015	2016	2017	2018
Asiakas 1		4,24 €	3,59 €	3,26 €	
Asiakas 2		4,94 €	4,70 €		
Asiakas 3			9,41 €	7,37 €	6,55 €

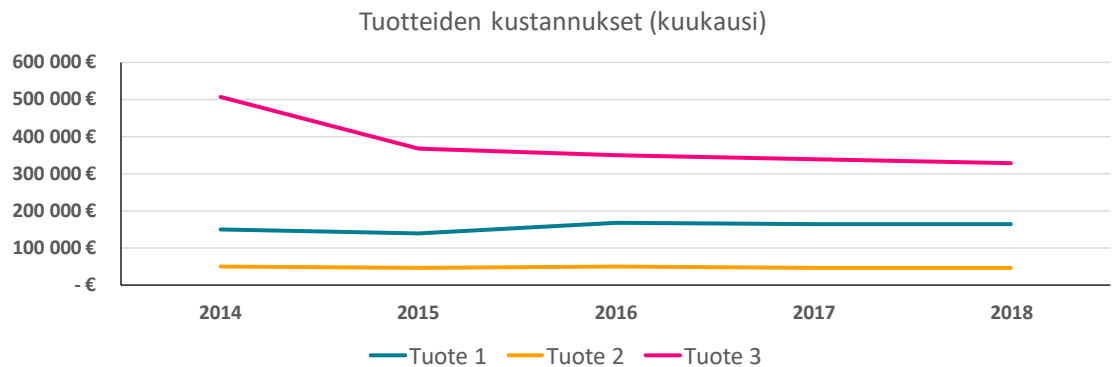


Kuva 50. Asiakkaiden liittymäkohtaiset kustannukset.

6.2.3 Tuotekohtaiset kustannukset

Kuvassa 51 on esitetty tuotteiden kustannukset vuosi- ja kuukausitasolla. Tuotteen 2 tuotantokustannukset ovat pienimmät ja tuotteen 3 tuotantokustannukset ovat suurimmat tarkastelujaksolla. Tuotteen 3 tuotantokustannus olivat vuonna 2014 507372€/kk, mikä on tarkastelujakson suurin tuotantokustannus. Tuotteiden kustannukset ovat laskeneet vuosien 2014 ja 2015 välillä. Vuodesta 2015 eteenpäin tuotteiden kustannukset ovat pystyneet samassa luokassa.

Tuotteen kustannukset vuosi	2014	2015	2016	2017	2018
Tuote 1	1 773 923 €	1 665 007 €	2 000 060 €	1 973 001 €	1 952 234 €
Tuote 2	576 265 €	543 052 €	579 122 €	535 032 €	527 290 €
Tuote 3	6 088 465 €	4 412 680 €	4 186 023 €	4 064 687 €	3 913 016 €
Tuotteen kustannukset kuukausi	2014	2015	2016	2017	2018
Tuote 1	147 827 €	138 751 €	166 672 €	164 417 €	162 686 €
Tuote 2	48 022 €	45 254 €	48 260 €	44 586 €	43 941 €
Tuote 3	507 372 €	367 723 €	348 835 €	338 724 €	326 085 €

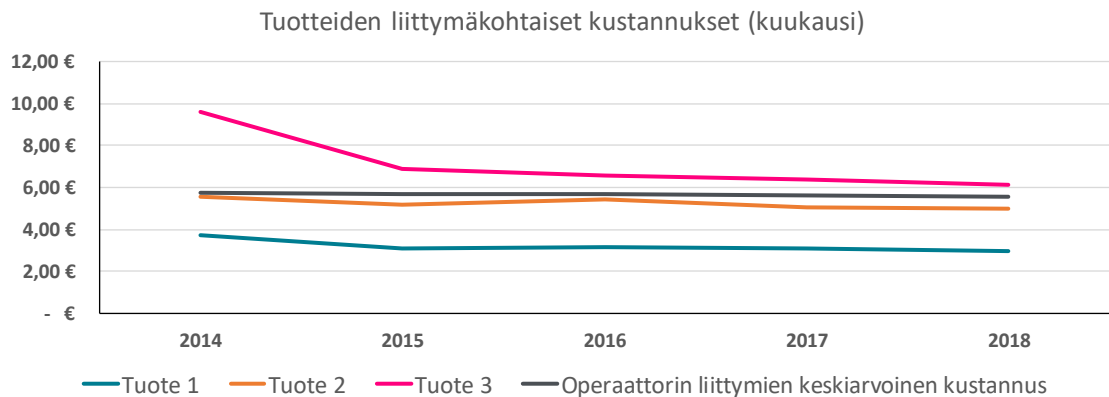


Kuva 51. Tuotekohtaiset kustannukset.

6.2.4 Tuotteiden liittymäkohtaiset kustannukset

Kuvassa 52 on esitetty tuotteiden liittymäkohtaiset kustannukset vuosi- ja kuukausitasolla. Tuotteen 1 liittymäkohtaiset tuotantokustannukset ovat pienimmät ja tuotteen 3 tuotantokustannukset ovat suurimmat tarkastelujaksolla. Tuotteen 3 liittymäkohtaiset tuotantokustannukset olivat vuonna 2014 9,63 €/kk, mikä on tarkastelujakson suurin tuotantokustannus.

Liittymän kustannukset vuosi	2014	2015	2016	2017	2018
Tuote 1	44,30 €	36,81 €	37,74 €	36,99 €	35,72 €
Tuote 2	66,34 €	61,96 €	65,40 €	60,85 €	60,17 €
Tuote 3	115,55 €	82,89 €	79,13 €	76,68 €	73,23 €
Liittymän kustannukset kuukausi	2014	2015	2016	2017	2018
Tuote 1	3,69 €	3,07 €	3,14 €	3,08 €	2,98 €
Tuote 2	5,53 €	5,16 €	5,45 €	5,07 €	5,01 €
Tuote 3	9,63 €	6,91 €	6,59 €	6,39 €	6,10 €



Kuva 52. Tuotteiden liittymäkohtaiset kustannukset.

6.2.5 Tulosten yhteenveto

Tulosten perusteella voidaan havaita, että asiakkaiden ja tuotteiden tuotantokustannusten välillä on eroavaisuuksia ja niiden havaitseminen on mahdollista kustannusmallin avulla. Erityisesti asiakkaiden kustannuksiin vaikuttaa se, kuinka monta liittymää asiakkaalla on käytössä. Jos asiakas on hankkinut toisen liittymän käyttöönsä ei datankäyttö ole kasvanut samassa suhteessa. Tämän vuoksi asiakkaan liittymäkohtaiset kustannukset ovat laskeneet. Tuloksia käsitellään vain kustannusten näkökulmasta. Asiakkaan liittymämäärän kasvu ei välttämättä tarkoita, että asiakkaalta saataisiin enempää tuloja. Tuotteiden osalta käsitellään isompia liittymämääriä ja yksittäisten liittymien vaihtuvuudella ei ole yhtä suurta merkitystä. Tämän perusteella voidaan myös todeta, että kustannusmallin käyttö sopii erityisesti isompien asiakassegmenttien ja tuoteryhmien analysointiin. Tällöin yksittäisillä asioilla ei ole yhtä suurta vaikutusta kokonaisuuteen ja tulokset ovat luotettavampia.

7. YHTEENVETO

7.1 Työn päätulokset

Työn tavoitteena oli luoda kustannusmalli, jonka avulla voidaan arvioida mobiilituotteiden ja asiakkaiden aiheuttamia tuotantokustannuksia. Tarkoituksena oli myös selvittää, löytyykö eri tuotteiden ja asiakkaiden kustannusten väliltä eroavaisuuksia. Päämääränä oli lisäksi tutustua, mitä verkkoarkkitehtuuria tarvitaan mobiiliverkon palvelujen tuottamiseen, mikä verkon palvelujen tuottamisessa maksaa ja mitkä ovat verkon merkittävimmät kustannuselementit.

Kappaleessa kaksi esiteltiin mobiiliverkon palvelut, teknologiat, rakenne ja evoluutio. Kolme yleisintä mobiiliverkon palvelua ovat data, puhelut ja tekstiviestit. Datankäytön määrä on kasvanut merkittävästi mobiiliverkon evoluution seurauksena. Vuoden 2019 ensimmäisellä puoliskolla Suomessa siirrettiin mobiilidataa eniten maailmassa yhtä liittymää kohden. Perinteisten puheluiden ja tekstiviestien määrät puolestaan ovat laskussa, kun puhuminen ja viestintä ovat siirtyneet uusien sovellusten myötä datapohjaisiin ratkaisuihin. Työssä päädyttiin analysoimaan mobiiliverkon kustannuksia erityisesti tiedonsiirron näkökulmasta.

Mobiiliverkkojen teknologioiden kehittyminen on tuonut mukanaan paljon muutoksia verkon palveluihin. Toisen sukupolven (2G) mobiiliverkko mahdollisti puhelut ja tekstiviestit. Kolmannen sukupolven (3G) mobiiliverkko toi internetin lähes jokaisen suomalaisen saataville. Neljännen sukupolven mobiiliverkko (4G) mahdollisti suuremmat datanopeudet ja tarjosi aidon vaihtoehdon kodin nettiyhteydeksi. Nykyään Suomessa on käytössä lähes koko Suomen kattava 2G-, 3G- ja 4G-verkko. Verkon kattavuus ja nopeus kehittyvät jatkuvasti. Vuoden 2019 aikana otettiin käyttöön ensimmäisiä viidennen sukupolven (5G) mobiiliverkkoyhteyksiä, jotta pystytään vastaamaan yhä kasvaviin datanopeustarpeisiin.

Mobiiliverkon rakenne voidaan jakaa radioliityntäverkkoon, siirtoverkkoon ja core-verkkoon. Radioliityntäverkko hallitsee ilmarajapinnan resursseja. Se optimoi ja ylläpitää signaalia päätelaitteelle ja hyödyntää tehokkaasti olemassa olevia resursseja. Siirtoverkko toimii siirtotienä radioliityntäverkon ja core-verkon välissä. Siirtoverkkoa pitkin liikenne ohjautuu myös core-verkosta muihin ulkoisiin verkkoihin. Core-verkko muodostaa tietoliikenneverkon ytimen, jossa core-laitteet sijaitsevat. Mobiiliverkkoa on aikojen saatossa kehitetty runsaasti ja sen arkkitehtuuri on tullut päivä päivältä monimutkaisemmaksi. Verkko koostuu useista päällekkäisistä verkoista ja toisaalta monista eri palasista, joita

verkkopalvelut ja asiakkaat käyttävät erittäin dynaamisesti. Tämä osaltaan tuo lisähaasteita kustannusten jyvittämiseen.

Kappaleessa kolme esiteltiin laajemmin työn tutkimusmenetelmä ja -aineisto. Työ toteutettiin konstruktiivisena tutkimuksena. Konstruktiivisen tutkimuksen kuvaus, piirteet ja vaiheet soveltuivat työn toteuttamiseen. Tutkimusaineisto koostui mobiiliverkkojen ja kustannuslaskennan perusteiden kirjallisuudesta, sekä yrityksen julkisista ja sisäisistä dokumenteista. Tämän lisäksi työn aikana käytiin jatkuvaa vuoropuhelua tekniikan ja liiketoiminnan yksiköiden asiantuntijoiden kanssa.

Kappaleessa neljä esitettiin mobiiliverkon kustannuselementit, sekä verkon kustannusten ja datankäytön nykytila. Lisäksi kappaleessa esitettiin kolmen esimerkkiasiakkaan ja kolmen eri tuotteen datankäytön nykytila. Mobiiliverkon kokonaiskustannukset voidaan jakaa investointikustannuksiin ja juokseviin kustannuksiin. Suurimmat Investointikustannukset muodostuvat tyypillisesti verkkoelementtien hankinnasta ja rakennuttamisesta, sekä taajuuksien hankinnasta. Suurimmat juoksevat kustannukset muodostuvat vuokrautuista verkon elementeistä, verkon elementtien käyttämästä sähköstä, operaattorin henkilöstökuluista, verkon suunnittelusta, sekä verkon ylläpidosta ja huollosta.

Työssä tutustuttiin operaattorin verkon kustannusten nykytilaan. Operaattorin verkon kustannuksien nykytila on linjassa kirjallisuudesta tutkittujen tietojen kanssa. Verkon elementtien hankinta ja rakennuttaminen muodostavat operaattorin yksittäiset suurimmat investointikustannukset. Suurimmat yksittäiset juoksevat kustannukset muodostuvat elementtien vuokrauksesta ja niiden toimintaan tarvittavasta sähköstä. Suurin osa verkon kustannuksista tulee radioliityntäverkon investoinneista ja operoinnista.

Työssä perehdyttiin operaattorin verkon datankäytön nykytilaan. Operaattorin verkonkäytön nykytilasta selvitetty tiedot olivat linjassa teoriaosassa esitettyjen tietojen kanssa. Mobiiliverkkojen käyttäjämäärä ja liittymien datankäyttö on kasvanut merkittävästi tarkastelujaksolla. Työssä tutustuttiin myös kolmen asiakkaan ja kolmen tuotteen liikenne- ja liittymämääriin. Tarkasteltavat kohteet pyrittiin valitsemaan eri datankäyttö luokkien mukaan. Näin voitiin paremmin tarkastella datankäytön vaikutusta erilaisten tuotteiden ja asiakassegmenttien aiheuttamiin kustannuksiin.

Kappaleessa viisi esitettiin kustannuslaskennan perusteet, kustannusallokoinnin haasteet ja perinteiset kustannusmallit, sekä mitä päätöksiä näiden pohjalta on työssä tehty. Kappaleessa esitettiin kustannusajurin valinta ja sen käyttöön liittyvät allokointisäännöt. Kappaleen lopussa esitellään valitun kustannusmallin rakenne.

Mobiiliverkon kustannusten jyvittäminen yksittäiselle käyttäjälle tai tuotteelle ei ole yksinkertaista ja syy tähän on monissa eri tekijöissä. Kustannukset voidaan kohdistaa liittymille erilaisilla tavoilla ja oikean kohdistamissäännön valinta riippuu tutkijan näkökulmasta. Mobiiliverkko koostuu valtavasta määrästä verkon elementtejä. Jokainen liittymä kuluttaa verkkoa eri tavalla. Yksi keino laskea liittymäkohtaiset kustannukset, on määrittää hinta ja käyttöaika jokaiselle verkon elementille. Tämän jälkeen kustannukset jyvitetäisiin liittymille näiden käyttöasteen mukaan. Asiaa tarkemmin tutkimalla voidaan todeta, että näin yksityiskohtaisen laskelman määrittäminen olisi todella monimutkaista. Verkon elementtien hinnoitteluun liittyy useita erilaisia malleja. Elementtien käyttöikä vaihtelee tapauskohtaisesti ja sitä on hankala ennustaa. Yksittäisten elementtien käyttöasteen määrittäminen palveluille on todella vaikeaa.

Työn tarkoituksena oli luoda yksinkertaisempi kustannusmalli. Työssä kustannuksia tarkastellaan tilinpäätöstietojen avulla. Tällöin lähtötiedot ovat helposti saatavilla ja ne jaksottuvat tietyille ajanjaksoille. Työn kustannusmallin lähtökohtana on, että mobiiliverkon kustannukset on eritelty muista operaattorin kustannuksista. Lähtökohtana on myös, että kustannukset on jaksotettu vuosille oikeudenmukaisesti ja parhaan näkemyksen mukaan. Kustannusten tai arvon määrittäminen verkon laadulle on haastavaa ja tämän vuoksi sitä ei oteta työssä huomioon. Mobiiliverkon on oltava kaikkien käyttäjien saatavilla koko Suomessa, vaikka käyttäjä ei koko verkon kattavuutta hyväksi käyttäisi. Työssä kustannuksia kohdistetaan yksittäiselle asiakkaalle koko mobiiliverkon kustannusrakenteen laajuudelta.

Kustannusajurin valinnassa viitattiin teoriaosassa ja operaattorin mobiiliverkon datankäytön nykytilasta havaittuihin tuloksiin. Tuloksista voitiin havaita, että datankäytön kasvu on ollut merkittävin tekijä, miksi operaattorit ovat investoineet verkkojen kehitykseen. Voidaan ajatella, että jos datankäytön kasvulle ei olisi tarvetta, ei operaattoreiden tarvitsisi investoida verkkojen kehitykseen. Tällöin syntyisi ainoastaan juoksevia kustannuksia verkon toiminnasta ja ylläpidosta. Työssä verkon kustannukset, jotka syntyvät datankäytön kasvun seurauksena, jyvitetään liittymille niiden liikennemäärien volyymin mukaisesti. Verkon kustannukset, jotka eivät synny datankäytön kasvun seurauksena, jyvitetään tasaisesti kaikille liittymille.

Kustannusmalli luotiin työssä tehtyjen havaintojen perusteella. Mallin rakenteesta pyrittiin tekemään mahdollisimman käytännöllinen. Mallin tietojen täyttäminen vaatii tekniikan ja liiketoiminnan yksiköiden yhteistyötä. Tämän avulla tietojen ajantasaisuus ja luotettavuus saadaan varmistettua. Työssä luotu kustannusmalli koostuu kolmesta osasta: läh-

tötiedot, moduulit ja tulokset. Lähtötiedot toimivat mallin syötteenä, moduulit-osio sisältää kustannusmallin jyvityssäännöt ja tuloksissa esitetään analysoitavan kohteen tuotantokustannukset.

Kappaleessa kuusi esitettiin kustannusmallin käyttö esimerkkilaskua hyväksikäyttäen. Kappaleessa esitettiin ja analysoitiin kustannusmallin tuloksena saatuja asiakkaiden ja tuotteiden aiheuttamia tuotantokustannuksia. Esimerkkilaskun avulla esitettiin kustannusmallin käyttö ja toiminta. Työssä luodun kustannusmallin avulla voidaan todistetusti selvittää asiakkaiden ja tuotteiden aiheuttamia tuotantokustannuksia. Kustannusmallin avulla nähdään yksinkertaisesti, mitkä ovat verkon merkittävimmät kustannukset. Esimerkkilaskun avulla tutkimus on helposti toistettavissa. Tulosten perusteella voidaan havaita, että asiakkaiden ja tuotteiden tuotantokustannusten välillä on eroavaisuuksia ja niiden havaitseminen on mahdollista kustannusmallin avulla. Asiakkaiden kustannuksiin vaikuttaa se, kuinka monta liittymää asiakkaalla on käytössä. Jos asiakas on hankkinut toisen liittymän käyttöönsä, ei datankäyttö ole kasvanut samassa suhteessa. Tämän vuoksi asiakkaan liittymäkohtaiset kustannukset ovat laskeneet. Tuotteiden osalta käsitellään isompia liittymämääriä ja yksittäisten liittymien vaihtuvuudella ei ole yhtä suurta merkitystä. Tämän perusteella voidaan myös todeta, että kustannusmallin käyttö sopii erityisesti isompien asiakassegmenttien ja tuoteryhmien analysointiin. Tällöin yksittäisillä asioilla ei ole yhtä suurta vaikutusta kokonaisuuteen ja tulokset ovat luotettavampia.

7.2 Käytännön suositukset

Kustannusmallin käyttöä voidaan suositella liiketoiminnan kehityksessä. Mallin avulla saadaan selkeämpi käsitys tuotteiden ja asiakkaiden aiheuttamista tuotantokustannuksista. Mallin käyttö soveltuu erityisesti isompien tuoteryhmien ja asiakassegmenttien tuotantokustannusten arviointiin koska silloin yksittäisten asiakkaiden vaikutus lopputulokseen on vain vähäinen. Kun mallia käytetään yksittäisen asiakkaan tuotantokustannusten analysointiin, on tuloksiin suhtauduttava suuremmalla varauksella.

Mallin käyttö edellyttää lähtötietoja sekä tekniikalta, että liiketoiminnalta. Yhteistyö eri yksiköiden välillä parantaa tuloksien luotettavuutta. Tyypillisesti liiketoiminta ajattelee asioita kaupallisesta näkökulmasta ja tekniikka verkon laadun, sekä kustannusten näkökulmasta. Mallin avulla yksiköiden on helpompi tuoda omia näkökulmia huomioitavaksi. Tulokset avaavat molempien yksiköiden ajattelua. Työssä on esitetty perustellusti, miten kustannukset ovat asiakkaille ja tuotteille jyvitetty. Kustannusmallin pohjaa ei voida suoraan käyttää toisen operaattorin tai sen asiakkaiden tuotantokustannusten arviointiin. Sitä voidaan kuitenkin helposti soveltaa, jos tutkimustulokset halutaan saavuttaa eri näkökulmista.

Kustannusmallin käyttö edellyttää ajantasaisten tietojen ylläpitämistä. Työn tarkoituksena oli luoda yksinkertainen kustannusmalli, jossa tulosten tarkkuus pysyy luotettavalla tasolla. Kustannuksia olisi voitu jyvittää vielä pienempiin osiin ja näin työn tarkkuutta parantaa entisestään. Tällöin kustannusmallin käyttö vaatisi kuitenkin enemmän lähtötietoja ja käytettävyys heikkenisi.

Kustannusmallin avulla saadaan selville asiakkaiden ja tuotteiden aiheuttamat tuotantokustannukset. Tuloksia analysoidessa tulisi huomioida, että kustannukset eivät anna käsitystä kohteen kannattavuudesta. Asiakas voi tuottaa paljon kustannuksia, mutta asiakas voi toisaalta tuottaa suhteessa paljon tuloja. Tämän lisäksi asiakas voi tuottaa vähän kustannuksia, mutta asiakas voi toisaalta tuottaa suhteessa vähän tuloja. Tämän työn puitteissa ei analysoitavien kohteiden tuloja ja kannattavuutta ole tutkittu.

7.3 Työn arviointi

Työn toteuttaminen aloitettiin aiheen määrittelyllä. Työn aiheeksi valikoitui mobiiliverkon kustannusmalli ja tuotantokustannukset. Aihe ei ollut tutkijalle ennestään tuttu ja sen katsottiin tarjoavan tärkeää tietoa niin kohdeyrityksen liiketoiminnan, kun tutkijan oppimisen kannalta. Tutkimuksen päätavoitteena oli pohtia, millaista kustannusmallia voidaan käyttää mobiilituotteiden ja asiakkaiden aiheuttamien tuotantokustannusten arviointiin. Toisena päätavoitteena oli selvittää, löytyykö eri tuotteiden ja asiakkaiden tuotantokustannusten väliltä eroavaisuuksia.

Työn aihepiiriin tutustuttiin kirjallisuuden avulla. Teoriaa verrattiin operaattorin, asiakkaiden ja tuotteiden nykytilasta selvitettyihin tietoihin. Työn aikana käytiin jatkuvaa vuoropuhelua tekniikan ja liiketoiminnan yksiköiden asiantuntijoiden kanssa. Opitun perusteella luotiin uusi kustannusmalli ja selostettiin, miten sen valintaan on päädytty. Työn lopussa kustannusmallia testattiin esimerkkilaskun avulla ja esitettiin siitä saadut tulokset, sekä soveltuvuus.

Työssä käytettiin osaksi muokattuja arvoja, jotta kohdeyrityksen tai sen asiakkaiden kannalta kriittisiä tietoja ei päätyisi julkisuuteen. Tutkimus on toistettavissa ja sitä on tarvittaessa helppo soveltaa. Työn toteuttaminen tarjosi tutkijalle runsaasti uutta tietoa mobiiliverkkojen teoriasta ja kustannusdynamikasta. Tutkimusongelmien ratkaiseminen osoitautui haastavaksi ja ratkaisun saavuttamiseksi jouduttiin tekemään useita päätöksiä.

Työ onnistui tavoitteiden osalta ja sitä voidaan pitää luotettavana. Työn avulla on pystytty lisäämään liiketoimintayksikön ymmärrystä tuotettujen verkkopalveluiden kustannuk-

sista ja kustannusrakenteesta. Työn tulosten pohjalta on mahdollista luoda jatkotutkimusaiheita, joiden avulla kustannusmallia ja liiketoimintaa voidaan tulevaisuudessa kehittää.

7.4 Jatkotutkimus- ja kehitysaieheet

Työn tuloksena luotiin mobiiliverkon kustannusmalli. Kustannusmallin käyttö edellyttää tietojen manuaalista täyttämistä. Jatkokehitysaieheena voisi olla kustannusmallin käytön automatisointi. Automatisoinnin avulla kustannusmallin käyttöä voitaisiin vielä helpottaa ja nopeuttaa. Tämä vaatisi tiettyjen rajapintojen rakentamista tietojärjestelmiin ja toisaalta myös uusia tietokantoja.

Työn pääpainona oli liittymien aiheuttamien tuotantokustannusten tutkiminen. Luontaisena jatkotutkimusaiheena voisi olla liittymien kannattavuuden analysointi. Kannattavuuden laskeminen edellyttää kustannusten lisäksi tuottojen määrittämistä. Liittymäkohtaisten tuottojen tiedot ovat selvästi helpommin määritettävissä kuin kustannukset. Liittymistä syntyy operaattoreille tuloja tyypillisesti käyttöpohjaisten veloituksien muodossa. Lisäksi operaattorit saavat tuloja verkon vuokrauksesta muille operaattoreille.

Operaattorit pyrkivät tyypillisesti lisäämään asiakkaiden määrää ja vähentämään vaihtuvuutta. Tätä saatetaan toisinaan tehdä jopa kannattavuuden kustannuksella. Toisaalta jos keskitytään vain kannattavuuteen, on olemassa vaara menettää asiakkaita huonon asiakaskokemuksen vuoksi. Oikean strategian valitseminen ei ole helppoa. Yhtenä jatkotutkimusaiheena olisi asiakkaan elinkaariarvon CLV:n (Customer Lifetime Value) tutkiminen. CLV tarkoittaa arvoa, jonka asiakkaan odotetaan käyttävän yrityksen palveluihin elinaikanaan. Tämän auttaisi arvioimaan, kuinka paljon rahaa tulisi investoida uusien hankkimiseen ja olemassa olevien säilyttämiseen. Operaattorien tulisi jatkuvasti etsiä uusia keinoja kehittää liiketoimintaansa.

Työn tuloksena luotu kustannusmalli voisi antaa liiketoimintajohdolle myös valmiuksia määrittellä liiketoimintasääntöjä markkinaosuuden puolustamiseen ja palveluiden asiakaskohtaiseen hinnoitteluun. Jotkut asiakkaat saattavat jopa olla operaattorille kokonaan kannattamattomia, eikä näiden asiakkuuksien poistumaa tarvitsisi tai kannattaisi välttämättä edes yrittää ehkäistä.

LÄHTEET

- [1] 3GPP. (2017). LTE overview.
- [2] Alhola, K. & Lauslahti, S. (2003). Laskentatoimi ja kannattavuuden hallinta.
- [3] Apilo, O., Hongisto, M., Lasanen, M. (2015). Esiselvitys matkaviestintäverkkojen tukiasemien sähkön käytöstä ja energiantehokkuutta. VTT-CR-03348-15| 3.8.2015.
- [4] Leza, D. (2014). Mobile infrastructure sharing: Trend in Latin America. ITU Regional Economic and Financial Forum of Telecommunications/ICTs for Latin America and the Caribbean. San Jose, Costa Rica. 12.3.2014.
- [5] Dargue, M. & Malik, H. (2015). Cost accounting for next generation networks. Cartesian - Regulatory cost accounting: Challenges for operators and regulators.
- [6] De Domenico, A., Strinati, A., Capone, A. (2013). Enabling Green cellular networks: A survey and outlook.
- [7] DNA Akatemia. (2019). Tietoliikennetekniikan perusteet verkkovalmennus.
- [8] DNA. (2018a). DNA vuosikertomus 2018.
- [9] DNA. (2018b). DNA tilinpäätös 2018.
- [10] Glabowski, M., Wisniewski, A., Stasiak, M., Zwierzykowski, P. (2011). Modelling and Dimensioning of Mobile Wireless Networks: From GSM to LTE Published by Wiley, 2011.
- [11] Guo, J. (2014). Advances in Mobile Radio Access Networks.
- [12] GSMA. (2012). Comparison of fixed and mobile cost structures.
- [13] GSMA. (2012). Mobile Infrastructure Sharing.
- [14] Halonen, A. & Palo, J. (2018). Suomen Teletoimiala 2018 Strateginen toimiala-katsaus.
- [15] Holma, H., Toskala, A., Nakamura, T. (2020). 5G Technology : 3GPP New Radio. John Wiley & Sons. Incorporated, 2020. ProQuest Ebook Central.
- [16] Jokinen, O., Piuva, J-P., Mäkipää, M., Riihentupa, L. (2019). 5G Väyläviraston toiminnassa - Väylävirasto nopeiden tietoliikenneyhteyksien hyödyntäjänä ja mahdollistajana. Väyläviraston julkaisu 52/2019 ISBN: 978-952-317-741-3.
- [17] Kasanen, E., Lukka, K., Siitonen, A. (1993). The Constructive Approach in Management Accounting Research: Journal of Management Accounting Research, Fall 1993, 243-264.
- [18] Kasanen, E., Lukka, K., Siitonen, A. (1991). Konstruktiivinen tutkimusote liiketaloustieteessä, Liiketaloudellinen aikakauslehti 3, 301 - 32.

- [19] Kaplan, R. (2009). Time-Driven Activity-Based Costing. Harvard Business School 9-106-068.
- [20] Kaplan, R. & Anderson, S. (2004). Time-Driven Activity-Based Costing. Harvard Business Review.
- [21] Katsigiannis, M. & Smura, T. (2015). A cost model for radio access data networks, Vol. 17 Iss 1 pp. 39 - 53.
- [22] Kenton, W. (2019). Long Run Incremental Cost (LRIC). Investopedia.
- [23] Kukushkin, A. (2018). Introduction to Mobile Network Engineering: GSM, 3G-WCDMA, LTE and the Road to 5G. ISBN: 978-1-119-48417-2.
- [24] Kurose, J-F. & Ross, K-W. (2013). Computer networking: a top-down approach - 6th edition ISBN-13: 978-0-13-285620-1.
- [25] Krstevski, D. & Mancheski, G. (2017). Costing systems in the telecommunication industry. Journal of Economic Development - September 2017, Economic Development No. 3/2017 p.(209-219).
- [26] Laitinen, M., Passi, P., Uljas, V., Miettinen, O. (2009). Taajuusmaksukäytännöt eräissä EU-maissa Liikenne- ja viestintäministeriö 4.8.2009.
- [27] Laine-Lassila, S. (2018). Langattomat sukupolvet 1G, 2G, 3G, 4G, 5G. Ficom.
- [28] Li, X. (2011). Radio Access Network Dimensioning for 3G UMTS ISBN : 978-3-8348-1398-5.
- [29] Liikenne ja viestintäministeriö (2009). Taajuushuutokaupan loppusummaksi 3,8 miljoonaa euroa (Tiedote 23.11.2009).
- [30] Liikenne ja viestintäministeriö (2013). Taajuushuutokaupan 4G-taajuudet kolmelle toimijalle (Tiedote 30.10.2013).
- [31] Liikenne ja viestintäministeriö (2018). Taajuushuutokauppa päättyi (Tiedote 1.10.2018).
- [32] Liikenne ja viestintäministeriö (2016). 700-alueen taajuudet kolmelle toimijalle (Tiedote 24.11.2016).
- [33] Lukka, K. (2001). Konstruktiivinen tutkimusote.
- [34] Martinsuo, M., Mäkinen, S., Suomela P., Lyly-Yrjänäinen, J. (2016). Teollisuustalous kehittyvässä liiketoiminnassa.
- [35] Metsälä, E. & Salmelin, J. (2012). Mobile Backhaul. John Wiley & Sons. Incorporated 2012. ProQuest Ebook Central, ISBN 978-1-119-97420-8.
- [36] Metsälä, E. & Salmelin, J. (2015). LTE Backhaul : Planning and Optimization. John Wiley & Sons, Incorporated, 2015. ProQuest Ebook Central, ISBN 978-1-118-92464-8.
- [37] Mishra, A. (2018). Fundamentals of Network Planning and Optimisation 2G/3G/4G : Evolution To 5G.

- [38] Neilimo, K. & Uusi-Rauva, E. (2014). Johdon laskentatoimi.
- [39] OECD. (2014). Wireless Market Structures and Network Sharing. OECD Digital Economy Papers. No. 243, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5jxt46dzt9r2-en>.
- [40] Pérez, A. (2012). Mobile Networks Architecture. John Wiley & Sons. Incorporated, 2012. ProQuest Ebook Central, ISBN 978-1-84821-333-3.
- [41] Rodriguez, J. (2015). Fundamentals of 5G Mobile networks. ISBN: 978-1-118-86752-5.
- [42] Saad, A. (2010). Next Generation Mobile Communications Ecosystem : Technology Management for Mobile Communications. John Wiley & Sons. Incorporated, 2010.
- [43] Seppälä, T. (2019). DNA Akatemia mobiiliverkot verkkovalmennus.
- [44] Sharma, C. (2019). Industry Voices - Sharma: Fixing the disconnect between 5G technology, finance.
- [45] Smura, T., Kivi, A., and Töyli, J. (2011). Mobile data services in Finland: usage of networks, devices, applications and content. *Int. J. Electronic Business*, Vol. 9, Nos. 1/2, pp.138–157.
- [46] Säteilyturvakeskus. (2019). Matkapuhelinverkon toiminta ja tukiasemat.
- [47] Tefficient. (2019). Industry analysis #4 2019 – updated version1 25 Dec 2019. *Tefficientin tutkimusraportti (Tefficient Industry Analysis #1 2019) 29.3.2019*.
- [48] Traficom. (2020). Matkaviestinverkon liittymät.
- [49] Traficom. (2018B). Matkaviestinverkossa siirretty tieto.
- [50] Traficom. (2018A). Puhelinpalvelujen käyttömäärät.
- [51] Traficom. (2019). Suomi Pohjoismaiden kärjessä mobiilikehityksessä - kiinteä verkko laahaa perässä.
- [52] Traficom. (2020). Taajuusalueen 26 GHz huutokauppa (6.5.2020).
- [53] Ussa, E. (2019). Suomessa netti on kaikkialla. Ficom.
- [54] Valtonen, M. (2019). The cost of mobile data. Final Assingment Management Accounting and control. Aalto Executive MBA 2019.
- [55] Vaezi, M. & Zhang, Y. (2017). Cloud Mobile Networks. *Wireless Networks*. DOI 10.1007/978-3-319-54496-0_6 (pp.67-86).
- [56] Verbrugge, S., Colle, D., Pickavet, M., Demeester, P., Pasqualini, S., Iselt, A., Kirstädter, A., Hülsermann, R., Westphal, F.-J., Jäger, M., (2006). Methodology and input availability parameters for calculating OpEx and CapEx costs for realistic network scenarios. *J. Opt. Netw.* 5, 509-520.
- [57] Virtanen, A. (2006). Konstruktiivinen tutkimusote. Miten koulutus ja elinkeinoelämän odotukset kohtaavat ammattikorkeakoulun opinnäytetöissä.

- [58] Wiren, S., Vuorela, K., Muller, T., Laitinen, K. (2019). Turning Finland into the world leader in communications network - Digital infrastructure strategy 2025, Liikenne ja viestintäministeriö, ISBN: 978-952-243-567-5.
- [59] Wuppermann, J. & Mekanand, T. (2014). Cost methodology for next generation networks. Deloitte paper.
- [60] Yeganeh, H & Vaezpour, E. (2016). Fronthaul network design for radio access network virtualization from a CAPEX/OPEX perspective. Ann. Telecommun. 71, 665–676. <https://doi.org/10.1007/s12243-016-0538-3>.
- [61] Zhang, S., Zhang, N., Zhou, S., Niu, Z., Shen, X. (2016). Wireless Traffic Steering For Green Cellular Networks. Springer International Publishing Switzerland 2016. DOI 10.1007/978-3-319-32721-1_1.

LIITE A: ESIMERKKILASKUN LOPUT MODUULIT

Verkon elementtien rakentaminen (%)					
	2014	2015	2016	2017	2018
Radioliityntäverkko	71 %	69 %	69 %	68 %	70 %
Siirtoverkko	22 %	23 %	24 %	24 %	23 %
Core	7 %	8 %	7 %	8 %	7 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Verkon elementtien rakentaminen - Radioliityntäverkko (%)					
	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	90 %	91 %	92 %	93 %	94 %
Liittymät	10 %	9 %	8 %	7 %	6 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Verkon elementtien rakentaminen - Siirtoverkko (%)					
	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	85 %	86 %	87 %	88 %	89 %
Liittymät	15 %	14 %	13 %	12 %	11 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Verkon elementtien rakentaminen - Core (%)					
	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	45 %	46 %	47 %	48 %	49 %
Liittymät	55 %	54 %	53 %	52 %	51 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Taajuudet (%)					
	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	80 %	80 %	80 %	80 %	80 %
Liittymät	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Muut investointi kustannukset (%)					
	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %
Liittymät	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Vuokra (%)					
	2014	2015	2016	2017	2018
Radioliityntäverkko	69 %	68 %	67 %	68 %	69 %
Siirtoverkko	25 %	25 %	26 %	26 %	23 %
Core	6 %	7 %	7 %	6 %	8 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Vuokra - Radioliityntäverkko (%)					
	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	35 %	36 %	37 %	38 %	39 %
Liittymät	65 %	64 %	63 %	62 %	61 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Vuokra - Siirtoverkko (%)					
	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	55 %	56 %	57 %	58 %	59 %
Liittymät	45 %	44 %	43 %	42 %	41 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Vuokra - Core (%)					
	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Liittymät	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Sähkö (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Radioliityntäverkko	64 %	63 %	63 %	64 %	64 %
Siirtoverkko	25 %	24 %	25 %	23 %	24 %
Core	11 %	13 %	12 %	13 %	12 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Sähkö - Radioliityntäverkko (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	75 %	74 %	73 %	72 %	71 %
Liittymät	25 %	26 %	27 %	28 %	29 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Sähkö - Siirtoverkko (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	75 %	74 %	73 %	72 %	71 %
Liittymät	25 %	26 %	27 %	28 %	29 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Sähkö - Core (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	90 %	91 %	92 %	93 %	94 %
Liittymät	10 %	9 %	8 %	7 %	6 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Suunnittelu (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Radioliityntäverkko	70 %	68 %	67 %	67 %	68 %
Siirtoverkko	23 %	24 %	26 %	25 %	25 %
Core	7 %	8 %	7 %	8 %	7 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Suunnittelu - Radioliityntäverkko (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	90 %	91 %	92 %	93 %	94 %
Liittymät	10 %	9 %	8 %	7 %	6 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Suunnittelu - Siirtoverkko (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	85 %	86 %	87 %	88 %	89 %
Liittymät	15 %	14 %	13 %	12 %	11 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Suunnittelu - Core (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	45 %	46 %	47 %	48 %	49 %
Liittymät	55 %	54 %	53 %	52 %	51 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Henkilöstö (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Liittymät	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Viankorjaus ja ylläpito (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Liittymät	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Muut juoksevat kustannukset (%)	2014	2015	2016	2017	2018
Liikenne	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %
Liittymät	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %