

Pasi Kohopää

RADIOPUHELINJÄRJESTELMÄN
KARTOITUS JA HANKINNAN
SUUNNITTELU KSS VERKKO
OY:LLE

Opinnäytetyö
Sähkötekniikan koulutusohjelma


Marraskuu 2014




MAMK

University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

		Opinnäytetyön päivämäärä 8.11.2014
Tekijä(t) Pasi Kohopää		Koulutusohjelma ja suuntautuminen Sähkötekniikan koulutusohjelma, suuntautuminen sähkövoimatekniikka
Nimeke Radiopuhelinjärjestelmän kartoitus ja hankinnan suunnittelu		
Tiivistelmä KSS Verkko Oy:n vanha 80 MHz:n taajuudella toimiva radiopuhelinjärjestelmä oli tullut elinkaarensa loppusuoralle. KSS Verkko Oy tarvitsee suurhäiriöiden varalta toimintaansa luotettavaa ja mahdollisimman vähän häiriölle altista kommunikaatiojärjestelmää. Työssä pyrin selvittämään markkinoilla olevista kommunikaatiojärjestelmistä KSS Verkolle parhaiten sopivan. Kriteereinä järjestelmälle pidettiin toimintavarmuutta, käytettävyyttä, jatkuvuutta, riippumattomuutta, toimitusaikataulua ja hintaa. Kriteerien antaman tulosten perusteella saitiin karsittua jo heti osan vaihtoehtoista pois. Koetestaus kuuluvuuden ja käytön suhteen tehtiin kolmeen eri tekniikkaan pohjautuvaan järjestelmään yhteistyössä niiden jälleenmyyjien kanssa. Koetestaus antoi paljon viitteitä, millaisella laitteistolla olisi mukava työskennellä. Opinnäytetyön tuloksena saatiin ratkaistua radiopuhelinjärjestelmän tekniikka, joka vastaa parhaiten KSS Verkko Oy:n tarpeita. Lisäksi asiantuntijan avulla saatiin tehtyä mahdollisimman kattava tarjouspyyntö, joten saadut tarjoukset olivat vertailukelpoisia keskenään ja lopullinen hinta oli mahdollisimman oikea.		
Asiasanat (avainsanat) Radiopuhelinjärjestelmä, kommunikaatio, sähkönjakelu ja käyttövarmuus		
Sivumäärä 18	Kieli Suomi	URN
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Ohjaavan opettajan nimi Liikanen Jyrki		Opinnäytetyön toimeksiantaja KSS Verkko Oy

DESCRIPTION

		Date of the bachelor's thesis 8.11.2014
Author(s) Pasi Kohopää	Degree programme and option Degree Programme in Electrical Engineering, Option in Electric Power Engineering	
Name of the bachelor's thesis The comparison of two-way radio systems and the procurement planning of a new system		
Abstract KSS Verkko Oy's existing two-way radio system, operating frequency 80 MHz, has reached the end of its service life. In order to be able to operate during major power failures, KSS Verkko Oy needs a reliable communication system that has high operational resistance to disturbances. The objective of this bachelor's thesis was to compare the communication systems available on the market and find the best solution for KSS Verkko Oy. The criteria set to the system were: operational reliability, usability, continuity of system support, independence from the manufacturer and supplier, delivery time and price. Some alternative systems were excluded from further comparison, on the basis of the initial criteria. Three different technical solutions were tested for reception and use in cooperation with their national agents. The tests gave clear indications on the properties required of a system in terms of usability and user-friendliness. As a result of this bachelor's thesis, the two-way radio system that best meets the requirement of KSS Verkko Oy was identified. In addition, a request for a quotation was compiled with a specialist in order to receive mutually comparable quotations and the best price.		
Subject headings, (keywords) Two-way radio system, communication, electricity distribution, operational reliability		
Pages 18	Language Finnish	URN
Remarks, notes on appendices		
Tutor Liikanen Jyrki	Bachelor's thesis assigned by KSS Verkko Oy	

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	1
2 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS.....	1
2.1 Toimeksiantaja.....	1
2.2 Opinnäytetyönaihe.....	3
3 NYKYINEN JÄRJESTELMÄ.....	3
4 VAATIMUKSET UUELLE JÄRJESTELMÄLLE.....	4
5 VAIHTOEHTOJEN KARTOITUS.....	4
5.1 GSM.....	4
5.2 Tetra.....	5
5.3 Virve.....	6
5.4 Analoginen radiopuhelinjärjestelmä.....	6
5.5 Digitaalinen järjestelmä.....	6
5.5.1 Digitaalinen järjestelmä aikajaksoinen.....	8
5.5.2 Digitaalinen järjestelmä taajuuseroteltu.....	8
6 JÄRJESTELMIEN VERTAILU.....	9
6.1 Karkea hintavertailu	9
6.2 Pisteytysjärjestelmä.....	10
7 KOETESTAUS 3 ERI JÄRJESTELMÄLLÄ.....	10
7.1 Tetra.....	10
7.2 Analoginen radiopuhelin.....	12
7.3 Digitaalinen radiopuhelin.....	15
7.4 Koetestauksen tulokset.....	15
7.5 Päätelmät kenttätestien perusteella.....	16
8 TARJOUSKYSELYN TEKNISET VAATIMUKSET SEKÄ YKSILÖINTI.....	17
9 YHTEENVETO.....	18
LÄHTEET.....	19

LIITTEET

Kustannusvertailu

Radioverkkosuunnitelma

1 JOHDANTO

Monet tämän päivän tärkeät laitteet ja toiminnot toimivat sähköllä mm. pumpput, ilmastointi ja lämmitys. Sähkön merkitys on koko ajan tullut myös talouselämälle tärkeämmäksi. Monet yritysten toiminnot halvaantuvat ja yritykset eivät voi toimia pitkään ilman sähköä. Lisäksi monet ihmiset ovat tottuneet käyttämään sähköisiä apuvälineitä ja viihdelaitteita mm. tv, tietokone, mikro, kahvinkeitin, pesukone, imuri ja liesi. Ollessaan ilman sähköä tuntuu monesti, että maailma pysähtyy heti, eikä mikään tahdo luonnistua. Tämän takia sähkön saannin merkitys ja häiriöttömyys on tänä päivänä tullut yhä tärkeämmäksi asiakkaille. Samoin verkkoyhtiöiden kannalta häiriöiden ja katkojen nopea sekä turvallinen hoito on tärkeää, joka vaatii toimivia kommunikatio ratkaisuja sekä osaavaa henkilökuntaa.

Tämä opinnäytetyö tehdään KSS Verkko Oy:lle, joka haluaa varmistaa myös tulevaisuudessa kommunikoinnin onnistumisen vaikeissakin suurhäiriötilanteissa. KSS Verkko Oy:lle on ollut tärkeää pitää asiakkaiden sähkön laatu-, häiriöttömyys- sekä Energiamarkkinaviraston mittaama keskeytysaika mahdollisimman hyvänä. Vuonna 2010 keskeytysaika oli n. 0,4 h/asiakas /7/. Tämä opinnäytetyö toivottavasti edesauttaa verkkoyhtiötä pysymään tavoitteissa ja mahdollisesti parantaa entisestään lukuja.

Tässä opinnäytetyössä on tavoitteena ollut karsia markkinoilla olevista erilaisista kommunikointijärjestelmistä epäsovimmat laitteet ja löytää parhaiten KSS Verkko Oy:n tarpeisiin sopiva järjestelmä.

2 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS

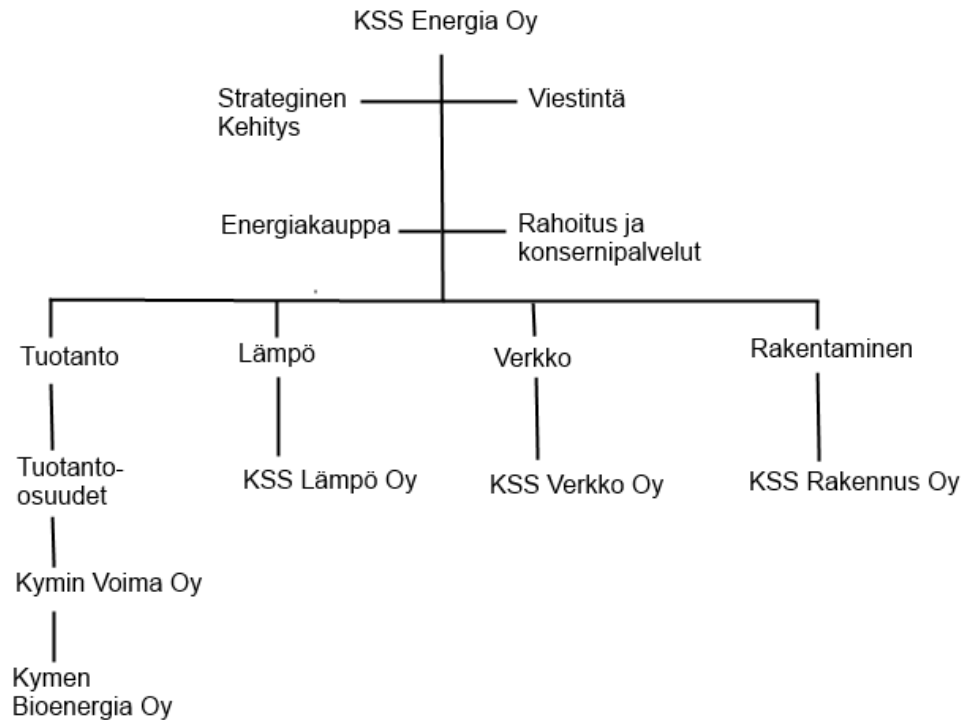
2.1 Yritysesittely

Opinnäytetyön toimeksiantaja on KSS Verkko Oy. Se kuuluu KSS Energia konserniin, joka on Kouvolan kaupungin omistama yritys. Yrityksen toimialue on Kymenlaaksossa, Iitin Kunnan ja Kouvolan kaupungin alueella ja toimipaikkana Kouvola. Yhtiöllä on asiakkaina 54700 käyttöpaiikkaa, 9 kpl 110/20 kV sähköasemaa, 110 kV johtoa 32,8 km, 20 kV johtoverkkoa 1400 km sekä pj-johtoverkkoa 3000 km. /7./



Kuva 1 KSS Verkon jakelualue /7/

KSS Energian toiminta-ajatus on parantaa asiakkaan hyvinvointia ja edellytyksiä menestyä joustavilla energiapalveluilla. Tämä on kiteytetty kolmeen tunnuslauseeseen: välittävä ja vastuullinen, osaava ja luotettava ja dynaaminen ja seudun elinvoimaisuutta tukeva /7./



Kuva 2. KSS Energiakonsernin rakenne

2.2 Opinnäytetyön aihe

Radiopuhelinjärjestelmien tarjonta on tänä päivänä monipuolista ja tekniikoiltaan järjestelmiä on useita erilaisia. Toimittajia on myös useita ja niiden kyky ratkaista ongelmia vaihtelee osaamisen ja resurssien takia jonkin verran. Tämän takia uusien järjestelmien ja erilaisten tekniikoiden vertaileminen on hankalaa ja työteliästä.

Ongelma, jota lähdettiin ratkaisemaan tällä opinnäytetyöllä, oli kartoittaa sekä määrittellä laitteisto KSS Verkon käyttöön parhaiten sopiva uusi radiopuhelinjärjestelmä entisen ja vanhentuneen radiopuhelinjärjestelmän tilalle, niin että olisi mahdollista pyytää tarjouspyynnöt valituilta toimittajilta.

3 NYKYINEN JÄRJESTELMÄ

KSS Verkolla on käytössä tällä hetkellä Motorolan analogiseen tekniikkaan perustuva 80 MHz radiopuhelinjärjestelmä. Järjestelmässä on kolme tukiasemaa Kouvolassa Kuusankoskella ja Valkealassa. Lisäksi autoradioita on n. 25 kpl ja käsiradioita n. 20

kpl. Tällä hetkellä nämä radiopuhelimet ovat enää pelkässä puhekäytössä, mutta aiemmin sillä hoidettiin myös 20 kV jakeluverkoston kaukokäyttöerottimien ohjaukset. Erotinasemien liikennöinti uusittiin radiomodeemiverkoksi jo vuonna 2009.

Nykyisen järjestelmän käyttöiän ollessa yli 20 vuotta ja laitteiden elinkaari alkaa olla lopussa. Järjestelmän tuki, huolto sekä varaosien saanti tullut vaikeammaksi melkein mahdottomaksi. Lisäksi tämän alan tekniikka on kehittynyt kovaa vauhtia ja tullut käyttäjäystävällisemmäksi.

4 VAATIMUKSET UUDELLE JÄRJESTELMÄLLE

Uuden radiopuhelinjärjestelmän tärkein kriteeri on toimintavarmuus kaikissa olosuhteissa ja käyttötilanteissa. Laitteiden ja verkon täytyy pysyä toimintakuntoisena suurhäiriötilanteessa ja ne on helppo ylläpitää toimintakuntoisena pitkienkin sähkökatkojen aikana. Yhteyden täytyy myös olla luotettava kaikissa olosuhteissa. Erityisesti yhteys valvomon ja vikoja korjaavien miesten välillä on ensiarvoisen tärkeää jo turvallisuussyistä. Päätelaitteiden toiminta-aika pitää olla riittävän pitkä ja suojausluokka riittävä, jotta toiminta on tarkoituksen mukaista haastavissa toimintaympäristöissä. Tuotteiden elinkaari pitää olla vielä siinä vaiheessa, että varaosien saanti ja tuki toimivat vielä 10 vuoden kuluttuakin.

Lisäarvoa voidaan saada tekstiviesteistä, datasiirrosta, turvallisuutta lisäävästä man down ominaisuudesta sekä radiopuhelimen GPS paikannus mahdollisuudesta. Esimerkiksi GPS paikannus mahdollistaa maastoon hävinneen puhelimen etsimisen, vikojen tarkan paikallistamisen ja mahdollisesti loukkaantuneen henkilön nopean löytymisen.

Nykyisin normaalitilanteissa, kun GSM-verkko on kunnossa, puheluliikenne hoidetaan pääsääntöisesti käyttäen GSM-puhelimia. GSM:n luotettavuus ei kuitenkaan ole paras mahdollinen, sillä sen kuuluvuus riippuu tukiasemien toimivuudesta ja suurhäiriötilanteessa näiden toimintaa ei voida taata.

5 VAIHTOEHTOJEN KARTOITUS

5.1 GSM

GSM-puhelinten käyttö viestintävälineenä on edullista ja helppoa. Tänä päivänä jokainen osaa käyttää kännykkää ja on suhteellisen luotettava normaalioloissa. Lisäksi GSM-verkon peittoalue on alueellamme hyvin kattava. GSM-puhelimiin on myös mahdollista liittää PUSH TO TALK-pikayhteyspalvelu. Push-to-talk (PTT) on yhteysmuoto, jolla voidaan luoda yksisuuntaisia (half-duplex) puheyhteyksiä. Käyttäjällä on käytössään näppäin, jota painettaessa lähetetään omaa puhetta ja muutoin vain kuunnellaan muiden puhetta. Tämän järjestelmän käyttökustannukset ovat suhteellisen alhaiset. KSS Verkkoy:n ja KSS Rakennus Oy:n käyttöhenkilökunta on koekäyttänyt ko. järjestelmää jo vuonna 2009. Kokemukset silloin olivat monesti negatiivisia. Yhteydet monofonin (mikrofonin ja kaiuttimen yhdistelmä) ja puhelimen välillä pätkivät. Lisäksi suurhäiriötilanteessa ei voida olettaa, että GSM-verkko pysyisi toimivana.

5.2 Tetra

Tetra on digitaalinen radiopuhelinjärjestelmä, joka on viime aikoina yleistynyt. Esim. Hela käyttää Helsingin alueella omaa Tetra-verkkoa ja myy sitten kanavia eri käyttäjille. Yhteen analogisen järjestelmän taajuuskaistaa verrattuna Tetraan saadaan neljä puhekanavaa. Seuraavaan on listattu tetra-järjestelmän ominaisuuksia:

- Digitaalisesti salattu liikenne
- Duplex-puhelut radiopuhelinten kesken ja yleiseen puhelinverkkoon
- Ryhmäpuhelut ja pikapuhelut tangenttia käyttäen
- Statusviestit sekä tekstiviestit
- Dataliikenne
- Erilaisten ryhmittelyjen määrittely mahdollista / oikeudet
- Soittajan tunnistus
- GPS-paikannus mahdollista

Järjestelmän ollessa laaja tukiasemia voidaan liittää yhteen WLAN-yhteydellä melkein pärajattomasti. Sähkökatkoa varten tukiasemilla on varakäyttöakut n. 2 h toiminnan ajaksi. Tässä järjestelmässä on useita eri laitetuottajia. Hyvää järjestelmässä on käsipuhelinten mahdollisuus linkittyä autoaseman kautta, jolloin käsipuhelimella voisi

olla yhteydessä suoraan maastosta valvomoon, vaikka käsipuhelimen kuuluvuus ei muuten riittäisikään. /3/.

5.3 Virve

Virve eli viranomaisverkko on nimensä mukaisesti viranomaisten väliseen viestintään tarkoitettu verkko. Energia yhtiöillä on mahdollisuus myös käyttää Virve-verkkoa. Virve perustuu Tetran teknologiaan ja ominaisuudet ovat pitkälti samat. Virven käyttö on varmistettu viranomaisten toimesta ja pitäisi olla suhteellisen luotettava myös häiriötilanteissa. Etuna on myös helpompi kommunikaatio viranomaisten kanssa kriisitilanteissa. Järjestelmän haittapuolena ovat kalliit ylläpitokulut ja niiden ennakoimattomuus. Hinnoittelussa on toimittajan mukaan vielä hinnannostopaineita seuraaville vuosille. Virve edustaja Suomessa on Suomen Erillisverkot Oy. /12./

5.4 Analoginen radiopuhelinjärjestelmä

Analoginen radiopuhelinjärjestelmä on jäämässä jo digitaalisten radiopuhelinten varjoon. Silti myyntimiehet väittävät, että omat käyttökohteet löytyvät analogisellekin puolelle. Lupaavat myös, että tuotetuki ja varaosien saanti on turvattu vielä pitkään. Hyvää analogisella puolella on, että laitteiden tekniikka on tuttua ja kestävä. Puheen laatu voisi olla jossain suhteessa parempaa ja lähetyksessä esiintyy usein kohinaa. Hinnaltaan järjestelmä on edullisimmasta päästä. Laitteen käyttö ei poikkea paljoa entisestä radiopuhelinjärjestelmästä. Laite myös tuntui hankalammalta käyttää kuin digitaalinen radiopuhelin. Tähänkin järjestelmään on mahdollista liittää paikannusoptio.

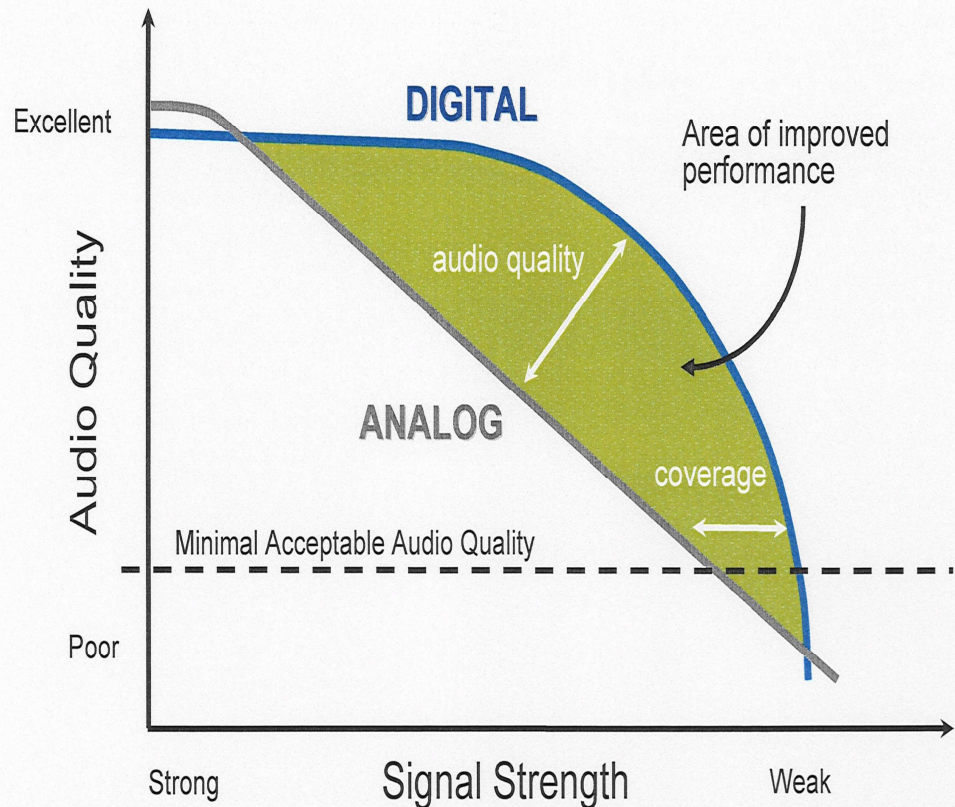
5.5 Digitaalinen järjestelmä

Digitaalinen järjestelmä on kasvattanut nykyään suosiotaan. Tämä johtuu pitkälti siitä, että äänen laatu on paljon parempi kuin analogisessa ja saadaan lähetettyä myös pieniä määriä dataa. Laitteiden akun kesto on n. 40 % parempi kuin vastaavissa analogisissa järjestelmissä /2/. Lisäksi laitteiden käyttömukavuus on parempi kuin analogisissa puhelimissa. Eri tukiasemat seuraavat puhelinta ja vaihtavat automaattisesti parhaiten kuuluvalla tukiasemalle. Lisäksi laitteisiin saadaan helposti GPS paikannus. Ongelmia saattaa tulla häiriötilanteissa tukiasemalta toiselle liikuttaessa, jos nettiyhteys katoaa.

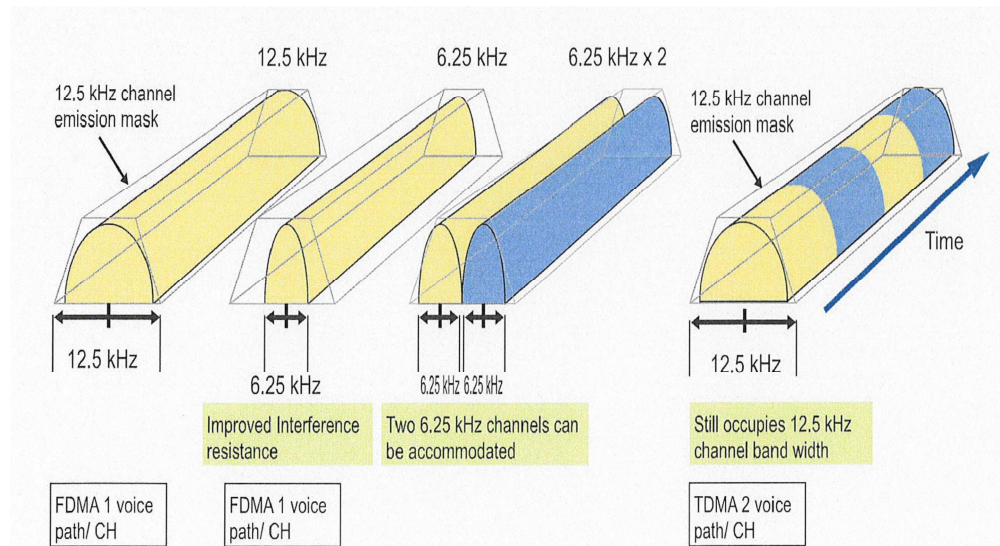
Suurhäiriön yhteydessä todennäköisyys sille, että nettiyhteys katoaa, on suuri. Nämäkin laitteet tarvitsevat sähköä ja Soneran, Elisan ja Dna:n järjestämä varavoima-akusto ei kestä yleensä kahta tuntia pitempään. Tämä ongelma voidaan ratkaista rakentamalla pienitehoinen radiolinkki tukiasemien välille, jolloin saadaan akustolla 1-2 vuorokautta käyttöaikaa /8/. Tämä lisää hieman kustannuksia ja huoltotyötä, mutta lisää käyttövarmuutta.

Kuvassa 3 on selvitelty digitaalisen ja analogisen järjestelmän kuuluvuus eroja. Kuvassa 4 on selvitelty aikajaksoisen ja taajuuserotetun järjestelmän periaate erot.

Enhanced Useable Coverage



Kuva 3 Analogisen ja Digitaalisen järjestelmän kuuluvuserot /6/



Kuva 4. Aikajaksoisen ja taajuuserotellun järjestelmän periaatteet /10/

5.5.1 Digitaalinen järjestelmä aikajaksoinen

Aikajaksoisessa järjestelmässä saadaan kaksi kanavaa toimitettua yhden analogisen taajuuden sisällä. Myös akun keston on väitetty olevan tällaisessa järjestelmässä parempi. Aikajaksoisia järjestelmiä on ainakin Motorolan Mototrbo. Mototrbo on eurooppalaisen ETSIn avoimen radiopuhelinstandardin mukainen järjestelmäalusta (DMR, Tier 2). ETSIn digitaalisia "toisen tason" radiopuhelinjärjestelmien standardin mukaisesti Mototrbo käyttää TDMA-teknologiaa, tuplaten yhtäaikaisten puhekanavakapasiteetin nykyisille kanaville varatulla kaventuneella kanavaleveydellä. TDMA (Time Division Multiple Access) eli aikajakokanavointi on mm. GSM-verkoissa käytetty radiotien kanavanvaraustekniikka. Hyvää järjestelmässä on avoimuus, jolloin voidaan käyttää erimerkkisiä laitteita ja toimittajia on monta. Täten hinnoittelu ja varaosien saatavuus pitäisi olla turvattu. Haittapuolena järjestelmässä on pieni viive tangenttia painettaessa, joka pitää huomioida puhuttaessa. /2./

5.5.2 Digitaalinen järjestelmä taajuuseroteltu

Taajuuserotellussa järjestelmässä saadaan myös kaksi kanavaa yhden analogisenkanavan taajuuskaistan leveydellä. Kuitenkaan nämä kaksi taajuutta eivät ole ihan vierekkäisiä, vaan taajuudet ovat eroteltuja häiriöiden välttämiseksi.

Hyvää järjestelmässä on, että se on avoin ja voidaan käyttää erimerkkisiä laitteita. Laittevalmistajia on siis monia esim. ICOM ja Kenwood. Haittapuolena taajuuserotuksessa järjestelmässä on hivenen isommat käyttökustannukset taajuusvarauksista /11/.

6. JÄRJESTELMIEN VERTAILU

Jotta eri järjestelmiä pystyttäisiin vertaamaan, päätimme tehdä KSS Verkko Oy:n yhteyshenkilön Jyri Tompurin kanssa arvostelukriteerit ja määrittellä niille eri painoarvot. Seuraavassa taulukossa on arvosteltavat kriteerit sekä niiden painoarvot:

Arvostelukriteerit ja niiden painoarvot

arvostelukriteeri	painoarvo
toimintavarmuus	30%
käytettävyys	20%
jatkuvuus	10%
riippumattomuus	10%
toimitusaikataulu	10%
hinta	20%

TAULUKKO 1. Arvostelukriteerit ja niiden painoarvot

Toimintavarmuus tarkoittaa laitteen toimintakykyä mm. suurhäiriötilanteessa ja kaikissa säätilanteissa. Käytettävyys kertoo, kuinka helppoa, mukavaa ja häiriötöntä on viestinnän laatu. Jatkuvuus tarkoittaa oletettua varaosien ja tuen saamista laitteen elinkaaren aikana. Riippumattomuus valmistajasta ja toimittajasta tarkoittaa, että järjestelmään voi lisätä eri valmistajan laitteita ja niitä voi huoltaa kuka tahansa ammattilainen. Toimitusaikataulu, kuinka kauan tilauksesta menee järjestelmän käyttövalmiiksi saamiseen. Hinta on kriteerinä sen takia, että kustannukset eivät karkaisi käsistä.

6.1 Karkea hintavertailu

Pyysin toimittajilta hintatiedot karkeata hintavertailu varten. Laskelmissa käytettiin laitemääriä, jotka ovat oletetusti lähelle oikeita määriä kyseessä olevalla järjestelmällä. Laskelmat on esitetty liitteessä 1. Hankintahinnaltaan halvin oli Virve, mutta laskettuna 10 vuoden ajalle, niin se oli kallein vaihtoehto. Kymmenen vuoden ajalle las-

kettuna edullisimmiksi ja melkein samaan hintaan päätyivät analoginen- sekä digitaalinenjärjestelmä.

6.2 Pisteytys

Arvostelu suoritettiin antamalla kullekin kohdalle pisteet 1-10. Arvostelu on tehty kuuntelemalla myyjiä, testikäyttäjiä ja omaa kokemusta hyväksikäyttäen. Loppupistemääriin olemme päässeet ottamalla kriteerien painoarvot mukaan taulukosta 1.

Arvostelupisteet

Arviointikriteerit	GSM	VIRVE	pikayhteys	analoginen radiopuhelinjärjestelmä	digitaalinen radiopuhelinjärjestelmä	oma Tetra-verkko
toimintavarmuus	2	6	2	8	8	7
käytettävyys	4	8	1	6	7	8
jatkuvuus	8	8	3	6	7	8
riippumattomuus	1	1	1	10	10	10
toimitusaikataulu	10	8	6	5	5	4
hintaa	10	3	9	7	6	4
Painotettu kokonaisarvio	5,3	5,7	3,6	7,1	7,2	6,7

TAULUKKO 2. Arvostelupisteet

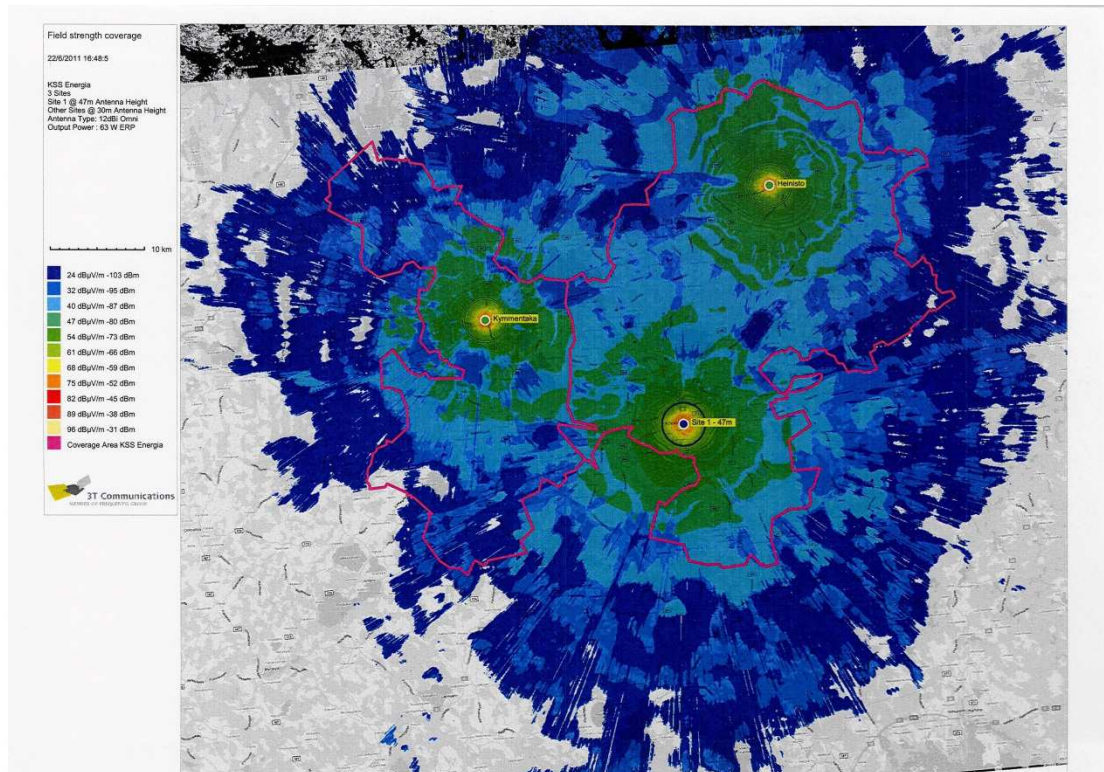
Pisteytyksen perusteella digitaalinen radiopuhelinjärjestelmä vie voiton käyttömukavuuden perusteella. Ero analogiseen radiopuhelinjärjestelmään on kyllä häviävän pieni.

7 KOETESTAUS KOLMELLA ERI JÄRJESTELMÄLLÄ

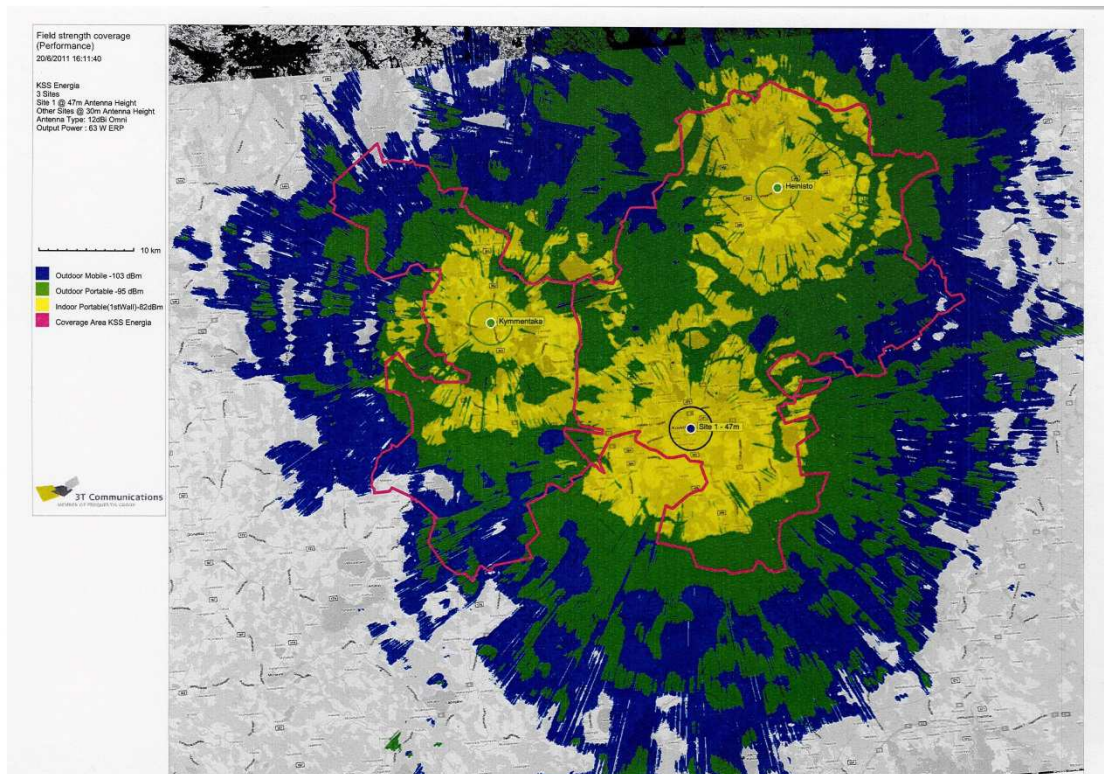
7.1 Tetra

Koekäytön teimme yhdessä Oy Insalko Ab:n kanssa. Toimittajan edustaja sanoi ennen koekäyttöä, että yhdellä tukiasemalla kuuluu koko KSS Verkon alue. Koekäytössä laitoimme uuden antennimaston Kouvolan torikadun entisen maston viereen. Kuuluvuuskartoitus tehtiin koesoitoilla ja käsin merkkäämällä karttapohjalle. Havaitimme laitteiston toimivan hienosti lähialueella ja kaupungissa. Laitteiden käyttö oli helppoa ja kohinaa ei ollut havaittavissa. Kuuluvuus kuitenkin katosi mentäessä yli 15 km etäisyydelle lähettimestä. Täten Tetra järjestelmä vaatisi huomattavasti enemmän tukiasemia kuin yhden. Jälkeenpäin tehtyjen laskelmien mukaan teoriassa kolmella tu-

kiasemalla pitäisi pärjätä. Seuraavissa kuvissa on laskennallisesti tehty kuuluvuusalue kartoitus kolmella tukiasemalla. Sähkön jakelualuerajat on merkattu violetilla värillä. Kuvissa lähettimien kentänvoimakkuus pienenee värien mennessä punertavasta siniseen päin. Lähettimien kentänvoimakkuuden arvolla $40 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ -87 dBm, jolla käsi-puhelin vielä toimisi, on merkitty vaaleansinisellä. Todennäköisesti puhelin ei enää kuuluisi sisätiloissa. Kuvista on vielä havaittavissa, että katvealueita jää vielä kohtuullisen paljon, eikä autoradiokaan kuulu verkkoalueen reunamilta.



Kuva 5. Laskennallinen kuva kuuluvuusalueesta kolmella tukiasemalla /4/



Kuva 6. Laskennallinen kuva kuuluvuusalueesta käsiradiolle sekä autoradiolle /4/

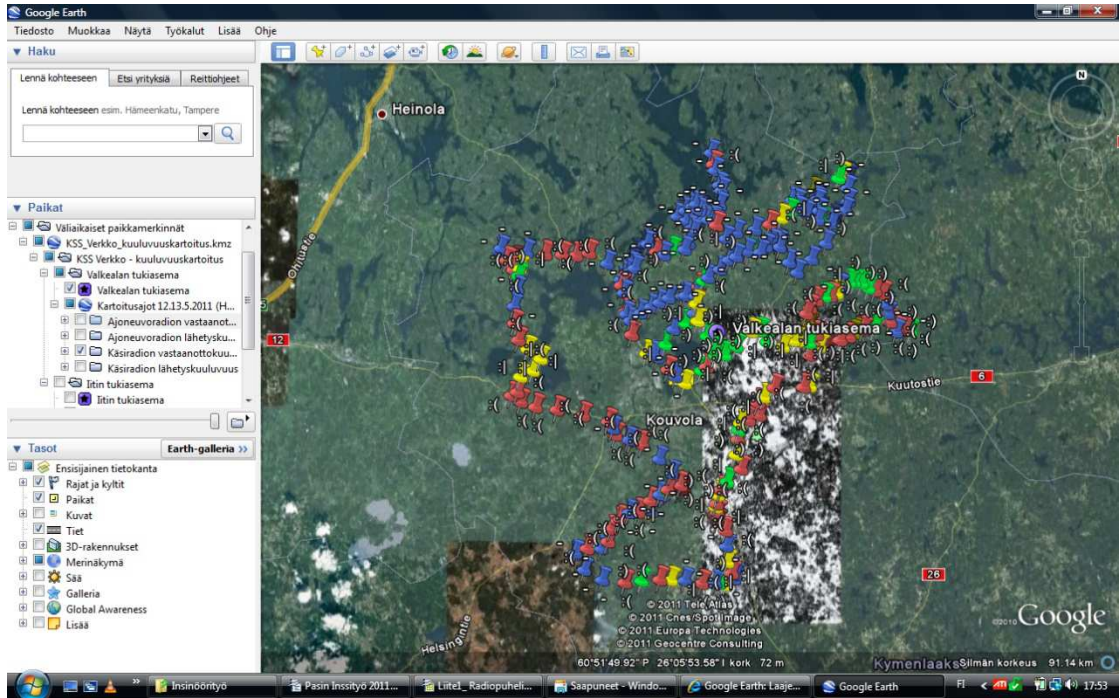
Kuvassa 6 on sinisellä merkattu autoradion kuuluvuus ja vihreällä käsiradion kuuluvuus. Keltainen väri kertoo käsiradion kuuluvuuden sisätiloista.

7.2 Analoginen radiopuhelinjärjestelmä

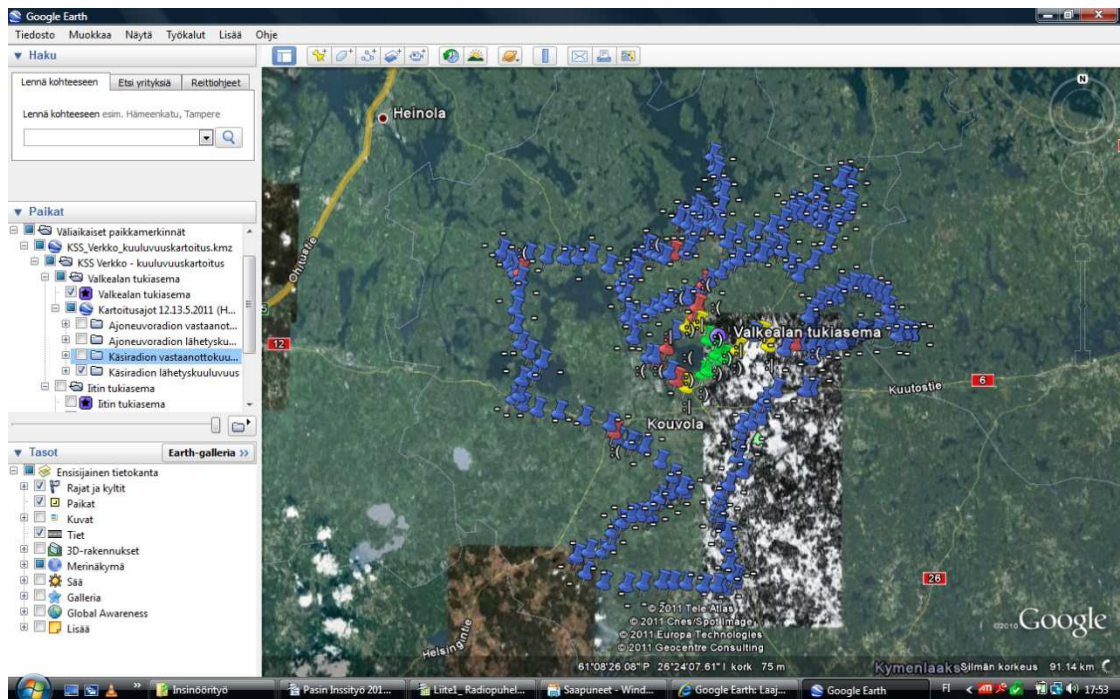
Tätä järjestelmää testasimme käyttämällä hyväksi nykyisen järjestelmien antennoja Kausalassa ja Valkealassa. Kuuluvuuskartoituksesta oli tarjous Elektro-Arola Oy:ltä. Kartoitus tehtiin ajelemalla ympäri sähkönjakelualueita ja signaalinvoimakkuus tiedot tallennettiin ylös.

Käyttökokemuksen mukaan kuuluvuus oli parempi kuin Tetralla, vaikkakin laitteiden toimittajan tuoma auto-antenni oli Valkealan mittauksissa hieman mitoitettu väärin. Signaalin mennessä heikommaksi kohinaa alkaa lisääntyä. Tämä ei kuitenkaan ole merkittävä ongelma yksinkertaisessa viestinnässä.

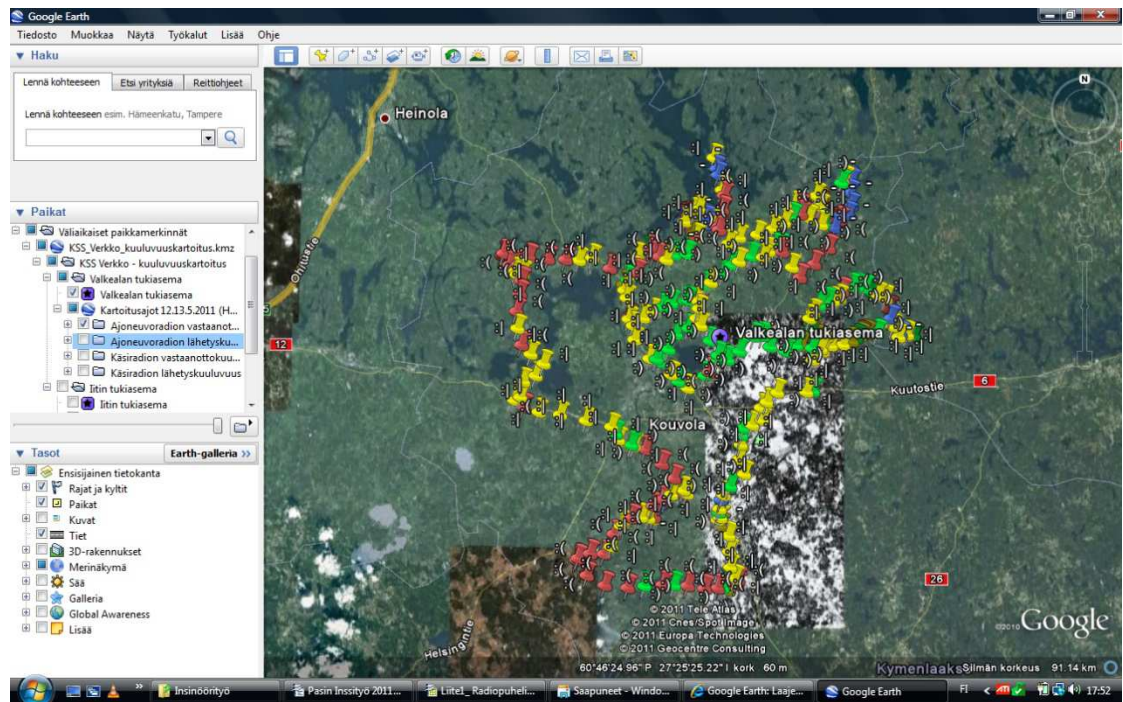
Kuuluvuuskartoituksen värit kertovat kuinka hyvin laite toimii. Vihreällä merkattuna toiminta on hyvä ja keltaisella merkattuna kohtalainen. Punaisella merkityillä pisteillä on kuuluvuuden kanssa jo ongelmia ja Sinisellä ei kuulu käytännössä ollenkaan. Kuuluvuuskartoituksen tulokset on kuvissa 7-10 Google earth karttapohjalle merkittynä.



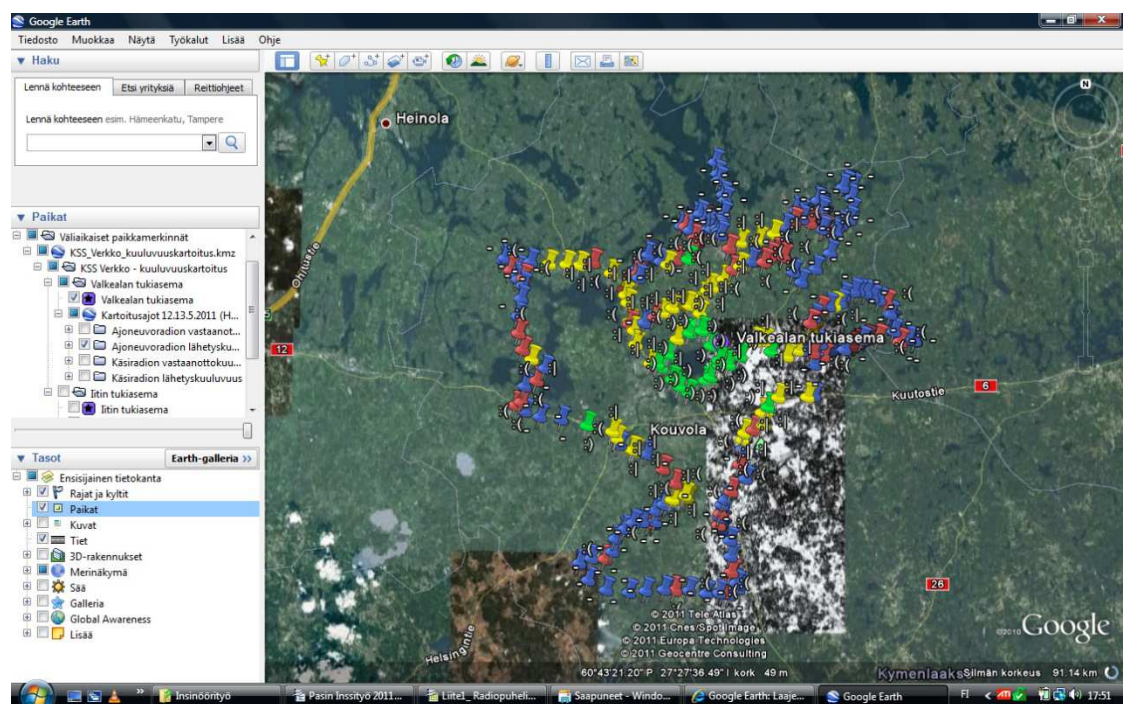
Kuva 7. Käsiradion vastaanottokuuluvuusalue /1/



Kuva 8. Käsiradion lähetykskuuluvuusalue /1/



Kuva 9. Ajoneuvoradion vastaanottokuuluvuusalue /1/

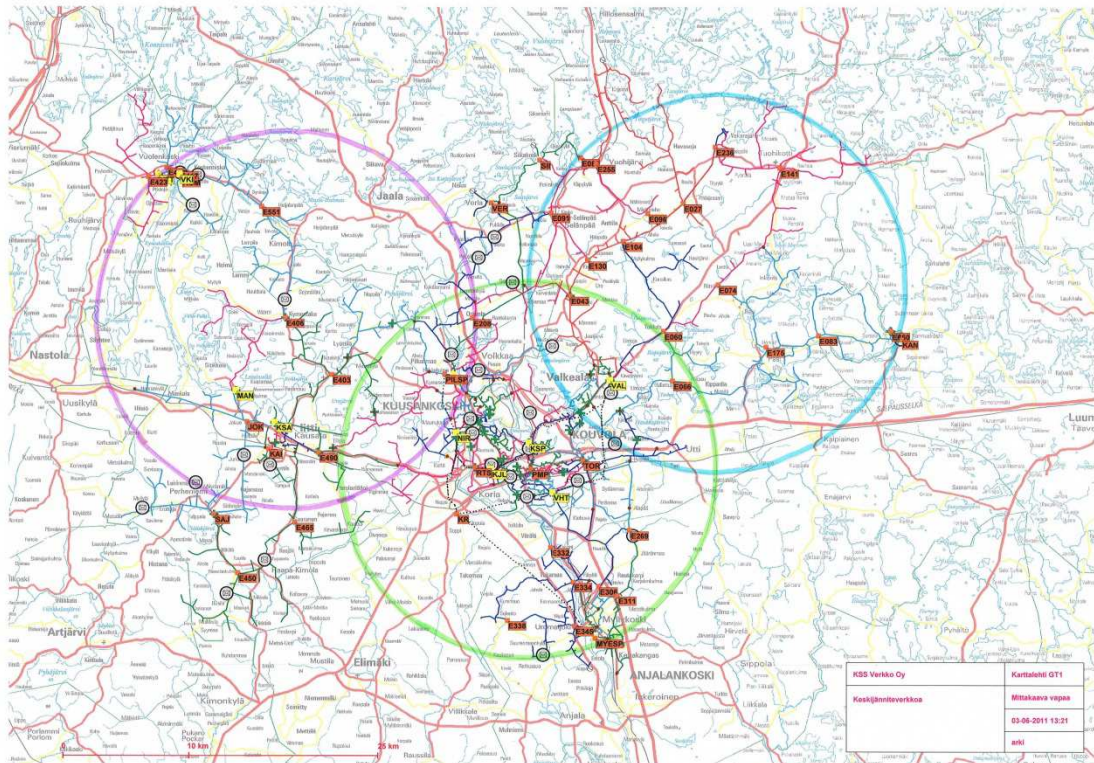


Kuva 10. Ajoneuvoradion lähetyskuuluvuusalue /1/

7.3 Digitaalinen radiopuhelinjärjestelmä

Koekäytön teimme digitaalisella Mototrbo järjestelmällä yhteistyössä Connect Service Oy:n kanssa. Kuuluvuuskartoitus tehtiin koesoitoilla ja käsin merkkamalla karttapohjalle. Kuuluvuusalue oli suunnilleen samaa luokkaa kuin analogisella radiopuhelinjärjestelmällä. Kuuluvuuden mennessä huonoksi puhe alkaa mennä epäselväksi, mutta saa vielä jollain tapaa selvää. Äänen tunnistus saattaa olla välillä vaikeaa. Kohinaa ei haittaavassa määrin esiinny.

Kuvassa 11 on karttapohja, johon merkattu käsiradion koekäytössä todettu kuuluvuus 15 km säteellä lähettimestä. Jokaisen ympyrän keskipistettä vastaa oletettu tuleva lähetin. Ympyrät peittävät yli 80 % verkon jakelualueesta, joten teoriassa käsiradiolla-kin voisi pärjätä aika kivasti. Koekäytössä autoradio kuului parhaimmillaan 30 km, jolloin kuuluvuus koko jakelualueella pitäisi olla aika hyvä.



Kuva 11. Digitaalisen radion kuuluvuusalue 15 km säteellä lähettimestä

7.4 Koetestauksen tulokset

Kaikki koekäytössä olevat järjestelmät tarvitsevat kattavasti toimiakseen kolme tai neljä tukiasemaa. Heikoiten kuuluvuuden suhteen pärjasi Tetra. Heikohko kuuluvuus johtuu todennäköisesti tekniikasta, jossa lähetin ja vastaanotin on samaan aikaan päällä /5/. Analoginen- ja digitaalinenjärjestelmä ovat kuuluvuuden suhteen suunnilleen

samanlaisia, mutta digitaalinen on hieman käyttäjäystävällisempi. Digitaalisessa järjestelmässä ei tarvitse huolehtia kanavien vaihdosta liikuttaessa tukiasemalta toiselle ja puhuttaessa ei ole häiritsevää kohinaa. Katsomme, että autoradio on suuremman lähetystehon ja paremman antennin vuoksi melkein välttämätön, jotta järjestelmä saisi riittävän peiton toimiakseen. Paikoitellen käsiradion kuuluvuus oli jopa 15 km, joten käsipuhelimiakin kannattaa hankkia esim. työryhmän sisäiseen käyttöön kaupungissa. Lisäksi niitä voi käyttää maastossa suurimmalla osalla aluetta etenkin, jos tukiasemia lisättäisiin myöhemmin ja niitä olisi useampia.

7.5 Päätelmät kenttätestien perusteella

Kenttätesti vertailussa kuuluvuuden ja käyttömukavuuden suhteen parhaiten pärjäsi Connect Servicen markkinoima 450 MHz Mototrbo digitaalinen radiopuhelin. Digitaalisessa järjestelmässä käsipuhelinten kuuluvuus, häiriöttömyys ja akun kesto on parempi, kuin muissa järjestelmässä. Koska Tetrasta tulee huomattavasti kalliimpi järjestelmä kolmella tukiasemalla ja siinä ei ole meille paljoa lisäarvoa antavaa ominaisuutta, niin se vaihtoehto voidaan hylätä tässä vaiheessa. Kuuluvuus analogisella järjestelmällä on samaa luokkaa kuin digitaalisella järjestelmällä, mutta käyttömukavuudessa se ei pärjää digitaaliselle järjestelmälle. Koekäyttäjien mukaan eri taajuutta käyttävien järjestelmien välillä ei ollut suuria eroja kuuluvuudessa mäkien taakse, vaikka 80 MHz järjestelmän pitäisi teoriassa taipua paremmin ja taas 450 MHz järjestelmän paremmin läpäistä seiniä ym. esteitä.

Tekemämme kenttätestien perusteella digitaalinen radiopuhelin on alustavan hinnoittelun, kuuluvuuden ja käyttömukavuuden ansiosta mielestämme paras vaihtoehto valittavaksi järjestelmäksi. Riittävällä varmuudella toimiva digitaalinen radioverkko, joka olisi kattava, saadaan toimittajien mukaan kolmella tai neljällä tukiasemalla. Mielestäni olisi kuitenkin järkevää investoida neljään tai viiteen tukiasemaan, koska tukiaseman hinta ei ko. järjestelmässä ole kovin kallis. Tällöin ei pitäisi jäädä katvealueita käytännössä ollenkaan ja käsipuhelimien käyttö maastossa olisi mahdollista suuressa osin jakeluverkkoaluetta.

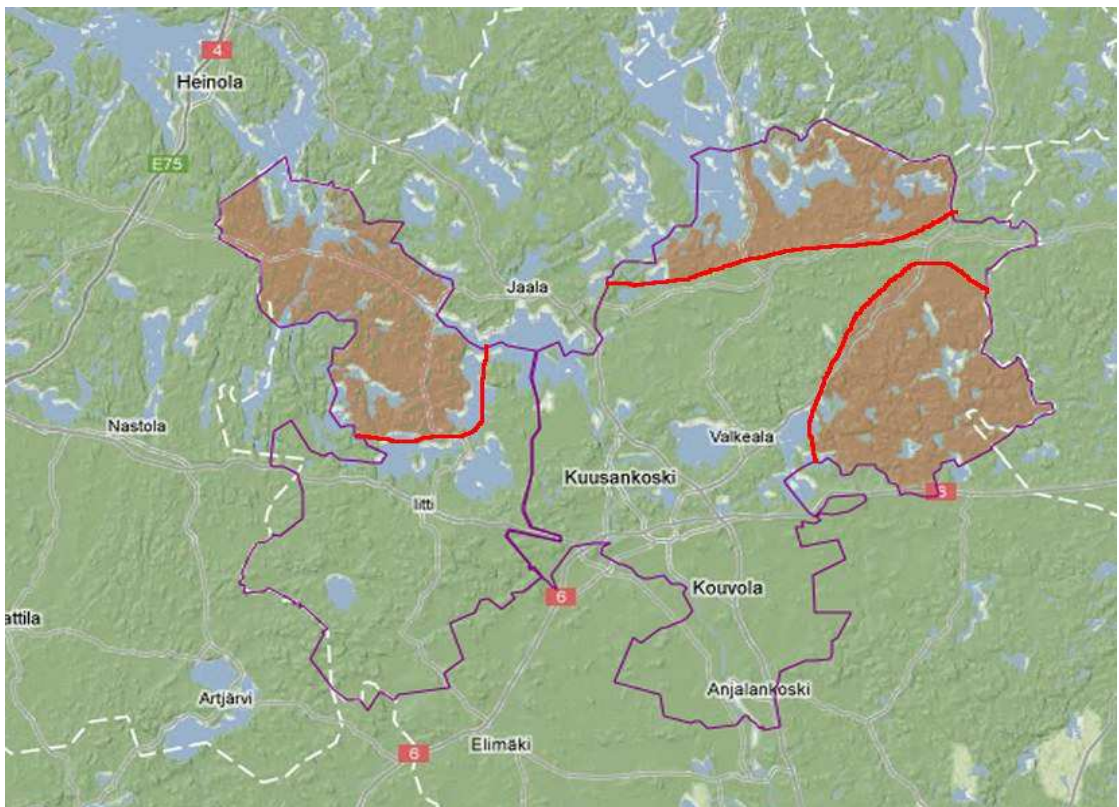
Teknisen yksilöinnin valmistuttua voidaan pyytää tarjous Digitaalisesta radiopuhelinjärjestelmästä mm. Mototrbo, Kenwood ja ICOM. Toimittajia näille järjestelmille ovat

Kaukomarkkinat Oy, Connect Service Oy, Insalko Oy, Electro-Arola Oy, Bandercom Oy ja Zenitel Oy.

8. TARJOUSKYSÉLYN TEKNISET VAATIMUKSET SEKÄ YKSILÖINTI

Koska radiopuhelinjärjestelmät eivät ole yhtiömme pääosaamista, niin päätimme käyttää konsultin apua tarjouspyynnön tekniseen määrittelyyn. Tällä varmistamme, että tarjouspyyntö vastaa mahdollisimman paljon toteutettavaa järjestelmää ja tarjoukset ovat sisällöltään samanlaisia sekä lopputuloksen kannalta vertailukelpoisia. Lisäksi tarjoajilla on pienempi riski, joka toivottavasti näkyy halvemmassa hinnassa. Konsulttiyhtiöksi valittiin Bandercom Oy, jonka edustajien kanssa teimme tulevalle laitteistolle radioverkkosuunnitelman. Radioverkkosuunnitelma on liitteessä 2.

Bandercom Oy teki myös alustavia laskelmia radioverkon suhteen. Kuvassa 12 on merkitty alueet tummemmalla, joissa kuuluvuus voi olla haasteellista saavuttaa. Tämä auttaa määrittelemään tukiasemien paikat, jotta kuuluvuus olisi mahdollisimman hyvä.



Kuva 12. Laskennallisesti hankalimmat alueet saavuttaa hyvä kuuluvuus /9/

Lopullisena tuloksena päädyttiin neljään tukiasemaan, jotka sijaitisivat (Kouvola /Hinkkismäki, Valkeala/Pyörämäki Elisan masto, Vuolenkoski/DNA:n masto ja Valkeala/Vekaran vesitorni).

9 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli rajata ja kartoittaa markkinoilla olevista kommunikaatiojärjestelmistä KSS Verkko Oy:lle sopiva kommunikaatiojärjestelmä, joka tulisi korvaamaan vanhan radiopuhelinjärjestelmän suurihäiriötilanteissa. Suurihäiriötilanteessa tärkeätä on toimintavarmuus ja – aika myös ilman sähköverkkoa. Työn haasteellisuus oli löytää toimiva, käyttäjäystävällinen ja edullinen järjestelmä. Markkinoilla oli paljon erilaisia laitteita, joiden myyntimiehet vakuuttelivat niiden sopivan hyvin vikatilanteiden hoitoon. Osa varmaan toimisikin hyvin, mutta silloin kustannukset yleensä karkasivat käsistä. Kenttätestit kolmen vartenotettavan eri tekniikan välillä antoivat paljon pohjaa päätöksen teolle.

Työlle asetetut vaatimukset sain saavutettua. Tekniikka saatiin valittua ja tarjouskyselyä varten tekninen yksilöinti. Nykyisin meillä on jo käytössä Connect Service Oy:n toimittama 450 MHz taajuudella toimiva Mototrbo digitaalinen radiopuhelinjärjestelmä neljällä tukiasemalla. Käsipuhelinten kuuluvuutta parantamaan voisi vielä Etelä-Iittiin Haapa-Kimolaan lisätä yhden tukiaseman.

Henkilökohtaisesti työ opetti minulle paljon radiopuhelinjärjestelmistä. Sekä myös sen, että aina ei pidä uskoa myyntimiesten lupauksia. Aiempi tieto radiopuhelinjärjestelmistä oli vain radiopuhelinten käyttämisestä ja itse tekniikka oli vierasta. Työssä sai kiitettävästi tutustua eri tekniikoihin ja ottaa selvää niiden toiminnasta. Lisäksi huomasin sen, että käytännön kokeilut ovat yhä hyvä keino selvittää asioita.

LÄHTEET

/1/ Arola Kalle 2011. Sähköposti 15.7.2011. Markkinointijohtaja Elektro-Arola Oy.

/2/ Connect Services Oy.Yrityksen www-sivut. www.connect.fi/ Päivitetty 24.7.2012.
Luettu 24.7.2012.

/3/ Ericsson Tom 2011. Sähköposti 25.3.2011. Myyntipäällikkö Oy Insalko Ab.

/4/ Ericsson Tom 2011. Sähköposti 23.6.2011. Myyntipäällikkö Oy Insalko Ab.

/5/ Ericsson Tom 2011. Puhelinkeskustelu 23.6.2011. Myyntipäällikkö Oy Insalko Ab.

/6/ Koistinen Teemu 2011. Sähköposti 10.8.2011. Myynti Connect Services Oy.

/7/ KSS Energia Oy, Yrityksen intranet <http://sharepoint/default.aspx>. Päivitetty 16.11.2011. Luettu 16.11.2011

/8/ Niemelä Mika 2011. Puhelinkeskustelu 12.10.2011 Tekninen asiantuntija Bandercom Oy.

/9/ Niemelä Mika 2012. Sähköposti 19.1.2012 Tekninen asiantuntija Bandercom Oy.

/10/ Rahikainen Sami 2011. Sähköposti 15.8.2011. Tuotepäällikkö Kaukomarkkinat Oy.

/11/ Reittilä Ilkka 2011. Sähköposti 30.11.2011. Tuotepäällikkö Oy Insalko Ab.

/12/ Rintapää Paavo 2011. Puhelinkeskustelu 28.3.2011. Myyntipäällikkö Suomen Erillisverkot Oy.

LIITE 1.

Kustannusvertailu

Taulukossa laskettu karkeasti investointikustannukset sekä käyttökustannukset 10 vuoden ajalle. Kaikki kustannukset ovat alv 0% ja kustannuksissa ei ole huomioitu korkoa tms.

	Mototrbo	IP-pohjainen 80 MHz	Tetra	Virve
tukiasema	3	3	3	0
käsi puhelin	15	15	15	30
autopuhelin	30	30	30	0
Valvomo	2	1	2	2
Käyttönotto	1	1	1	0
ajoneuvosennukset	30	30	30	0
Paikannus	1	1	1	1
	4000	4200	20000	900
	900	520	722	900
	12000	12600	60000	27000
	13500	7800	10830	0
	27000	18000	36000	0
	1800	6900	3000	1800
	1700	1900	0	0
	100	100	3000	0
	5000	1500	9565	5000
	5000	1500	9565	5000
Investointi	64000	51700	122395	33800
Vuosittaiset kulut				
Lan yhteyys	36	14	504	
Lupa radiopuhelimille	47	18	846	12
Lupa tukiasemille	3	68	204	32
10 Vuotta	1425,3	1050	1425,3	30,5
	14253	10500	14253	117120
yht.	78253	62200	136648	150920

KSS verkko Oy

Kommenttikierrosversio 19.7.2012.

1. Järjestelmän yleiskuvaus

Radiojärjestelmä tulee toteuttaa UHF -taajuusalueella jo olemassa olevien komponenttien hyödyntämiseksi.

Radiojärjestelmän tulee olla digitaalinen PMR-järjestelmä ja sen tulee perustua yleisesti tunnettuun standardiin. Radiojärjestelmä toimii taajuusalueella 410-430 MHz.

Radiojärjestelmän päätelaitteiden tulee osata automaattisesti vaihtaa parhaiten kuuluvissa olevalle tukiasemalle ja järjestelmän tulee tukea tätä.

Radiojärjestelmän tukiasemat tulee yhdistää tietoliikenneyhteyksin kuvaillun menetelmän toteuttamiseksi.

Radiojärjestelmän tulee olla käytettävissä puhepalveluiden osalta myös sellaisissa tilanteissa, joissa IP-yhteydet ovat pois käytössä (tukiasemien saarekekäyttö).

Radiojärjestelmän palvelut tulee olla käytettävissä päätelaitteista sekä tietokoneohjelmistopohjaisista käyttöpaikoista.

2. Järjestelmän peittoalue

Järjestelmän peittoalue tulee olla KSS Energia Oy:n toimialue kokonaisuudessaan. Lisäksi radiojärjestelmällä tulee olla peittoa valtatiellä 46 KSS Energia Oy:n varsinaisen jakelualueen pohjoispuolella välillä Lamminkylä-Taipale.

Järjestelmän palvelut tulevat olla käytettävissä kiinteästi ajoneuvoihin asennetuista ajoneuvoasemista koko KSS Energia Oy:n sähköverkon toimialueella 90% todennäköisyydellä kaikissa normaaleissa radioverkon toimintaolosuhteissa (sisältää normaali-toimintavaatimuksen sääolot ja sähkökatkot huomioiden).

Peittoaluevaatimus ei koske rakennusten sisätiloja, eikä maanalaisia tiloja tai muita vastaavia tiloja.

3. Järjestelmän ja päätelaitteiden ominaisuusvaatimukset

Järjestelmän, päätelaitteiden ja käyttöpaikkaohjelmistojen tarkemmat ominaisuusvaatimukset määritellään liitteessä "vaatimukset".

4. Tietoliikenneyhteydet

Tietoliikenneyhteydet tukiasemien välillä tulee toteuttaa siten, että yhteydelle on varmennettu saatavuus kahta eri reittiä, liitteen "datayhteys" mukaisella tavalla. Tukiasemien välisien tietoliikenneyhteyksien tulee toimia vähintään tukiasemien varakäynnin ajan tilanteessa, jossa sähkönjakelu on keskeytynyt tukiasemapisteesiin ja niiden lähialueille. Lisäksi yhteyden tulee palautua automaattisesti katkoksen jälkeen. Tämän lisäksi tulee toteuttaa tietoliikenteen varatietoliikenneyhteys päätukiaseman ja käyttökeskuksen välillä (Savonsuonkatu). Tietoliikenneyhteyden toimituksen tulee sisältää kaikki tarvittavat laitteet varayhteytenä toimista varten varsinaisen valokuituyhteyden katketessa. Varayhteys tulee olla TCP/IP-standardin mukainen. Liityntärajapinta Tilaajan olevaan tietoliikenneverkkoon on kytkin tai reititin joka sisältyy Toimittajan toimitukseen.

Tietoliikenneyhteyksien toteutustapa jätetään avoimeksi ja Toimittaja voi tarjota erilaisia vaihtoehtoja. Toimittajan tulee esittää kuvaus tietoliikenneyhteyksien toteutuksesta tilaajalle hyväksyntää varten tarjouksen yhteydessä.

Tietoliikenneyhteyden nopeuden tulee tarjota vähintään 40% suurempi datanopeus tukiasema-paikkojen välillä kuin radiojärjestelmän yhdysliikenteen tiedonsiirtokapasiteetin vaatimus.

Tietoliikenneyhteyden tulee sisältää kaikki tarvittavat laitteistot tukiasemien keskinäistä yhdysliikennettä varten. Tietoliikenneyhteys otetaan käyttöön Toimittajan toimesta Tilaajan ohjeiden perusteella. Tilaaja vastaa olevan verkon puolella palveluiden kytkemisestä.

Kuvaus IP-yhteyksistä kuvassa linkkijänteet.

5. Saarekekäyttö

Saarekekäyttö tulee toteuttaa siten, että jokaiseen tukiasemapaikkaan saadaan radioyhteys radiopäätelaitteella päätukiasemapaikasta (Hinkkismäki) etäohjattuna.

Saarekekäytön radiot voidaan kytkeä suunnitelman kuvan mukaisesti duplexereillä tai muilla tarkoitukseen soveltuvilla suodinjärjestelmillä. Tarjoukseen tulee liittää toteutustavan kuvaus ja sen RF-tekniset suoritusarvot.

6. Radiojärjestelmän tukiasemat

Tukiasemalaitteiden maksimi RF-teho antenniliittimestä mitaten tulee olla vähintään 20W. Tehon tulee olla ohjelmallisesti säädettävissä.

Tukiasemalaitteiden tulee olla varustettavissa varakäyntiä varten varakäyntiakustoilla.

Tukiasemalaitteiden vähimmäisvarakäyntiaika 20/20/60% (TX/RX/Idle) tulee olla 8 tuntia tilanteessa, jossa sähkönjakelu on keskeytynyt tukiasemapisteesiin.

Kaikki tukiasemalaitteet tulee suojata ylijännitteitä vastaan (sekä sähköverkon, että antennijärjestelmän puolelta). Antennijärjestelmien ylijännitesuojia ei ole sijoitettu periaatepiirroksiin, mutta ne tulee lisätä jokaiseen antennilähtöön hyvän asennustavan mukaisesti. Erityisesti tulee huomioida Hinkkismäen sijoituskohteessa toimintataajuusaluevaatimukset kahden eri radiojärjestelmän välillä.

Antennipiirin ylijännitesuojien tulee olla 1/4 aalto- tyypisiä ja kestää vähintään 5kA purkausvirta.

7. Radiojärjestelmän passiivikomponentit

7.1 Antennit

Radiojärjestelmässä käytetään suunta- ja ympärisäteileviä antenniä vaaditun peittoalueen saavuttamiseksi.

Antennisuunnat ovat nolla asetetta pohjoiseen ja siitä myötäpäivään kiertäen.

Suunta-antennit: Aerial AV 4129 tai vastaavilla ominaisuuksilla varustettu antenni (-3dB H-tason keilanleveys vähintään 145 astetta, antennivahvistus vähintään 10dBi).

Radioverkkosuunnitelma

Ympärisäteilevät antennit: Aerial AV 1314-H tai vastaavilla ominaisuuksilla varustettu antenni.

Antennien impedanssi 50 Ω , heijastusvaimennus $S_{11} > 10\text{dB}$.

Antennien, liitoksien ja kaapeleiden asennustavan tulee täyttää ympäristön sille asettamat vaatimukset ja ne tulee suojata säältä hyvän asennustavan mukaisesti.

Antennien vaatimien kiinnitysrakenteiden hankkiminen ja niiden asennukset kuuluvat Toimittajalle.

7.2 Kaapelit

Kaapeloinneissa käytetään Draka RFA 1/2" 50m pituuteen asti ja yli 50m kaapelointipituudet tulee tehdä Draka RFA 7/8" -kaapeleilla tai vastaavilla ominaisuuksilla varustetulla kaapeleilla. Kaikki suunnitelmassa esitetyt kaapelointipituudet ovat suunniteltuja mitoituspituuksia, eivät urakkalaskentapituuksia.

Kaapelit: RF-kaapelia, impedanssi 50 $\pm 1 \Omega$, $S_{11} > 20\text{dB}$, vaimennus 1/2": $< 4.5 \text{ dB}/100\text{m}$, 7/8" $< 2.4 \text{ dB}/100\text{m}$, 1-5/8" $< 1.4 \text{ dB}/100\text{m}$ 400MHz taajuudella mitattuna. (Sisätila-asennuksissa tulee käyttää halogeenivapaata, vähän savua muodostavaa ja itsestään sammuvaa kaapelia.)

Kytkentäkaapelit: Paloturvallinen RF-kaapeli, impedanssi 50 Ω , $S_{11} > 20\text{dB}$ 400MHz taajuudella mitattuna.

7.3 Liittimet

Liittimet ovat tyyppiä IEC 7/16 tai N

7.4 Tehonjakajat

Teoreettinen kytkentävaimennus $< 0.2\text{dB}$, $S_{11} > 15\text{dB}$. Epäsymmetriset tehojakajat: teoreettinen kytkentävaimennus pääsuuntaan $< 0.5\text{dB}$, $S_{11} > 10\text{dB}$.

Tehojakajien muut vaatimukset: tiiviysluokitus (IEC 60529) 65 tai parempi.

7.5 Suotimet

Radioverkkosuunnitelma

Radiojärjestelmän kytkemiseen antenniin tai antennijärjestelmään käytetään suodinta. Isolaatiovaatimus RX/TX-porttien välillä tulee olla vähintään 70dB. Suodinten tulee olla kaistanpäästösuodattimia.

+/- 5MHz päästökaistan ulkopuolella suodinten tulee vaimentaa vähintään 40dB taajuusvälillä 380-470MHz ja 100 - 1000MHz taajuusvälillä pääsääntönä vähintään 40dB.

Suotimien läpäisyvaimennus päästökaistalla tulee olla alle 1,5dB toimintataajuusalueella. $S_{11} > 10$ dB

8. Toteutuksen mittaus ja dokumentointi

Kaikista antennijärjestelmistä tulee olla toteutuksen jälkeen mitattuna S_{11} -parametri etäisyyden funktiona (DTF) ja normaali S_{11} -parametri mitattuna (return loss) radiojärjestelmän toimintataajuusalueella sisältäen +/- 5MHz radiojärjestelmän toimintataajuuksien ylä- ja alapuolelle.

Jakelujärjestelmän heijastusvaimennus (S_{11}) tulee olla suurempi kuin 10 dB radiojärjestelmältä antennijärjestelmään päin mitattuna.

Kaikista suotimista tulee esittää isolaatiovaatimuksen ja läpäisyvaimennusarvojen täyttyminen.

Mittaukset dokumentoidaan ja liitetään järjestelmän loppudokumentaatioon.

9. Tukiasemapaikat

Järjestelmän tukiasemat sijoitetaan neljään kuvauksien mukaiseen paikkaan. Kaikki annetut sijoituskorkeudet ja mitat kaapeloinneista ovat suunniteltuja mitoituspituuksia, eivät sitovia urakkalaskentapituuksia. Kaikki suunnitelmassa esitetyt antennisuunnat tulee tarkastaa vaaditun peittoalueen saavuttamiseksi ennen lopullista asennusta.

9.1 Hinkkismäki, Päätukiasema

Paikkakuvaus: korkea voimalaitoksen savupiippu (70m).

Käytetään jo olemassa olevia erotinohjausjärjestelmän antennia (3kpl). Kytkeä kaistanpäästösuodattimin siten, että tukiasema ja erotinohjausjärjestelmä käyttävät yhteisiä antennia. Kts. Järjestelmäkaavio, kuva "hinkkismäki".

Radioverkkosuunnitelma

Isolaatiovaatimus vähintään 65dB radio- ja erotinohjausjärjestelmien välillä.

Tehonjako 1:3 symmetrinen.

Olemassa olevan antennijärjestelmän suunnat ovat summittain 0, 150 ja 270 astetta.

9.2 Vuolenkoski

Paikkakuvaus: harustettu masto, antennien sijoituskorkeus n. 35-40 metriä tai niin ylös kuin mahdollista. Kaapelointipituus n. 50 metriä.

Kaksi antennia. Antenni AV4129 ja dipoli.

Suunta-antennisuunta 135 astetta. Dipolin rintamasuunta 0 astetta.

Symmetrinen tehonjako 1:2.

9.3 Pyöränmäki

Paikkakuvaus: harustettu masto, antennien sijoituskorkeus n. 50-60 metriä tai niin ylös kuin mahdollista. Kaapelointipituus n. 70 metriä.

Kolme antennia: Antennit AV4129.

Antennisuunnat 0, 110 ja 240 astetta.

Tehonjako symmetrinen 1:3.

9.4 Torninmäki

Paikkakuvaus: Puolustushallinnon alainen sijoituspaikka. Vesitorni. Antennien sijoituskorkeus n. 20 metriä. Kaapelointipituus alle 50 metriä.

Antennisuunnat 230, 125 ja 0 astetta.

Tehonjako symmetrinen 1:3.

Antennit: Yhteensä kolme antennia joista kaksi AV4129 suuntiin 230 ja 125 astetta.

Dipoliantenni suuntaan 0 astetta.

Erityisvaatimukset

Torninmäellä järjestelmän rakennustyöt tulee suorittaa yhdessä Puolustushallinnon rakennuslaitoksen kanssa sovittuina aikoina ja henkilöiden kanssa.

Radioverkkosuunnitelma

Laitteiston varakäyntiakusto tulee sijoittaa alas vesitornin kellaritiloihin, huomioiden tilojen kosteus ja siihen liittyvät seikat. Varakäynnin akuston kaapeloinneissa tulee huomioida pitkähkö vetopituus (yli 20m).

10. Tukiasemapaikkojen koordinaatit (WGS84):

	N	I
Hinkkismäki	60.87286839	26.66660343
Vuolenkoski	61.07801551	26.1892635
Pyöränmäki	60.99471334	26.9651353
Tornimäki	61.10645379	26.97536395

11. Muutokset

Kaikki työnaikaiset tai muut muutokset suunnitelmiin tulee esittää, ehdottaa ja perustella Tilaajalle ennen niiden toteuttamista. Muutokset dokumentoidaan ja esitetään ns. punakynäversioina ehdotettujen muutoksien pätevyyden arvioimista varten.

12. Merkinnät

Kaikki tukiasemalaitteet ja antennijärjestelmän osat tulee merkitä selvästi ja pätevästi sijoituskohteissaan siten, että ne on helposti tunnistettavissa ja niissä pitää olla näkyvissä myöhemmin erikseen määriteltävät tunnistetiedot.

13. Radiojärjestelmän lupa-asiat

Hankinnan kohteen mukaisen radiojärjestelmän lupa-asioiden valmistelu kuuluu Toimittajalle. Toimittaja valmistelee Viestintävirastolle RVS:n ja lupahakemuksen päätelaitteille hankinta-asiakirjoissa esitettyjen tietojen perusteella ja tarvittaessa toimii asiamiehenä mm. mahdollisien luvan muutoksien tekemisessä. Kaikki Viestintävirastolle lähetettävät asiakirjat tulee hyväksyttää ennen lähettämistä Tilaajalla.

14. Dokumentointi

Kaikista toteutuksista tehdään toteutuskuvat ja ne liitetään loppudokumentaatioon. Toteutuskuvan tulee pitää sisällään vähintään järjestelmäkaaviotasoinen toteutuskuva jokaisesta tukiasemapaikasta ja sen tulee sisältää toteutuksessa käytettyjen komponenttien tarkat tyypit ja sijoituskohteet, taajuudet, ip-numerot ja muut mm. radiojärjestelmän laitteiston tunnistettavuutta ja ylläpitoa edesauttavat tiedot (esim. laitteiston ohjelmistoversiot, ja laitteiden sarjanumerot) .