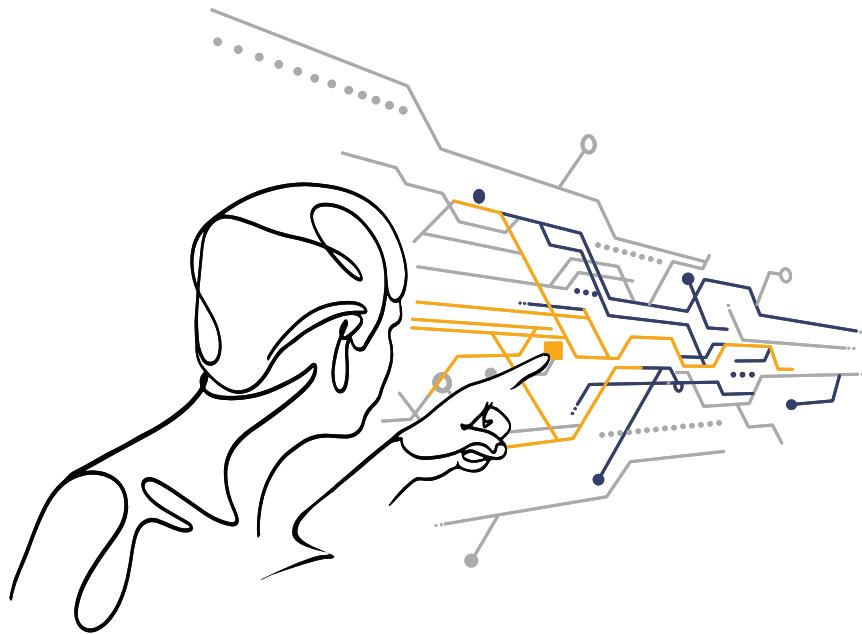




TRAFICOM

Liikenne- ja viestintävirasto

omnitele

We design mobile networks

600 MHz:n taajuusalueen käytettävyys
matkaviestinverkoissa Suomessa

Selvitysraportti 9.1.2026

Dnro TRAFICOM/788689/02.03.03/2025/2025

contents

1. Johdanto ja yhteenveto
2. Selvityksen tulokset
3. Analyysi ja taustaa



Johdanto

Selvitys 600 MHz:n taajuusalueen käytettävyydestä matkaviestinverkoissa Suomessa

Omnitele on toteuttanut selvityksen Traficomın toimeksiannosta.

Tässä selvityksessä arvioidaan teknisiä valmiuksia 600 MHz:n käyttöönottoon Suomessa. Selvitys arvioi matkaviestinverkkokäytön hyötyjä, sekä tunnistaa mahdollisia haasteita käyttöönottoon liittyen. Selvityksessä arvioidaan myös mahdollisia EU-tason harmonisointiaikatauluun vaikuttavia tekijöitä, sekä mahdolliseen aikaiseen kansalliseen käyttöönottoon liittyviä riskejä.

Taustaa

Selvityksen tarkoitus on tuoda lisätietoa päätöksenteon tueksi liittyen 600 MHz:n taajuusalueen mahdolliselle käyttöönotolle matkaviestinverkoille.

Tavoitteena selvittää seuraavia aiheita

1. Matkaviestinkäyttö 600 MHz taajuusalueella Suomessa
2. 600 MHz tekninen käytettävyys matkaviestinverkoissa ja hyödyt
3. Taajuuksien tehokas käyttö ja mahdolliset haasteet
4. Mahdollinen 600 MHz operatiivisen käytön aikataulu
5. Aikaisen käyttöönoton riskit

Selvitys on ensisijaisesti tekninen toteutettavuusselvitys 600 MHz:n käytöstä matkaviestinverkoissa (mobiiliverkoissa) Suomessa. Selvityksessä sivutaan myös EU-harmonisointia, sekä TV-käytön tilaa naapurivaltioissa.



Yhteenveto

- ✓ 600 MHz:n taajuus matkaviestinverkkokäytössä mahdollistaisi etenkin haja-asutusalueilla käytössä olevan taajuuskapasiteetin merkittävän kasvattamisen.
- ✓ Taajuusalue soveltuisi hyvin 6G-käyttöön, mahdollistaen maanlaajuisen peiton rakentamisen 6G-teknologialla ilman tarvetta tinkiä käytössä olevien 4G- ja 5G-tekniikoiden peittotaajuuksista.
- ✓ Laite-ekosysteemi 600 MHz:n taajuusalueelle on kehittynyt vuoden 2018 määrittelyyn lisäämisen seurauksena 4G- ja 5G-tekniikoille.
 - Verkkolaitteet ovat kehitetty ja olleet käytössä jo pitkään. Laitteiden kaupallinen käyttö Suomessa edellyttää radiolaitedirektiivin 2014/53/EU mukaisen markkinoille saattamisen.
 - Päätelaitetuki on jo laajalti mahdollinen, ja osin jo joissain Euroopan ja Suomen markkinoilla olevissa puhelinmalleissa. Päätelaitetuen yleistymistä kuitenkin hidastaa EU-tason taajuusharmonisoinnin puute.
 - Kansainvälinen kehitys enteilee taajuusalueen käytettävyyttä myös 6G-tekniikalle jo aikaisessa vaiheessa.
- ✗ Etenkin itänaapurin mahdollisesti pitkään jatkuva TV-käyttö samalla taajuusalueella saattaa vaikuttaa käyttöön ennen kansainvälistä harmonisointia ja mahdollisesti vielä pitkään sen jälkeenkin.
- Keskeinen mahdolliseen toteutusaikatauluun vaikuttava tekijä on EU:n taajuusharmonisoinnin sekä laitteiden harmonisoitujen standardien aikataulu. Ennen harmonisoituja standardeja, ei verkkolaitteiden saatavuus tai riittävä päätelaitetuki taajuusalueelle ja siten kaupallinen käyttö liene mahdollista.



Yhteenvedo: Keskeiset löydökset

Selvitysaihe	Omnitelen keskeiset löydökset
1 600 MHz:n käyttö	600 MHz:n taajuusalue Suomessa ☐ 600 MHz:n taajuusalue: todennäköisesti otetaan matkaviestinverkkokäyttöön tulevaisuudessa. ☐ 6G-merkitys: uusi 600 MHz:n taajuusalue olisi ihanteellinen uuden 6G-verkkoteknologian peittotaajuudeksi. Tarvittaessa maanlaajuinen 6G-peitto voidaan toteuttaa myös esimerkiksi 900 MHz:n taajuudella, mutta sillä voi olla vaikutusta saavutettavaan 6G-peittoon ja -palvelutasoon. ☐ Vaihtoehtoiset ratkaisut: matkaviestinkäytölle vaihtoehtoiset ratkaisut eivät ole kovin todennäköisiä, eikä kansallinen hyötyvaikutus kovin suuri.
2 Käytettävyyys ja hyödyt	600 MHz tekninen käytettävyyys matkaviestinverkoissa ☐ Haja-asutusalueet: rajallinen peittovaikutus verrattuna jo käytössä olevaan 700 MHz:n taajuuteen, mutta mahdollisesti merkittävä lisäkapasiteetti. ☐ Sisäpeitto: rajallinen peittovaikutus, taajaan asutuilla alueilla tarve matalan taajuuden lisäkapasiteettiin jäänee vähäiseksi. ☐ Kapasiteettivaikutus: merkittävä haja-asutusalueilla, joilla korkeampien taajuuksien hyödynnettävyys on rajallinen. ☐ Tukiasemaratkaisut: verkkolaitteet 4G- ja 5G-tekniikoille kehitetty: ei teknistä estettä toteutukselle, jos laitteet saatetaan radiolaitedirektiivin mukaisesti markkinoille. Taajuuden laajamittainen käyttöönotto kaupallisissa matkaviestinverkoissa vaatii kuitenkin merkittävän, kymmenien miljoonien eurojen laiteinvestointia kultakin operaattorilta. 6G-standardin valmistuttua myös 6G-laitteet taajuusalueelle kehitetään nopealla aikataululla. ☐ Päätelaitetuki: uusien päätelaitteiden tekniikka tukee taajuutta jo merkittävässä määrin. EU-harmonisoinnin puutteen takia tukea ei ole välttämättä aktivoitu EU-markkinoiden puhelimissa, vaikka tekninen kyvykyys laitteissa olisikin. 6G ja 600 MHz yhdistelmän tuki kehittyyne kysynnän mukaan.
3 Tehokas käyttö ja haasteet	Taajuuksien tehokas käyttö ☐ Rajoitukset ja koordinointi: erityisesti naapurimaiden TV-käyttö voi rajoittaa tehokasta käyttöä. ☐ TV-käytön tila: länsinaapureissa TV-käyttö vähentynyt, itänaapurin TV-käyttö voi jatkua pitkään. ☐ Mahdolliset haasteet: tehokkaan käytön haasteita lähinnä siirtymäaikana, joka voi olla pitkä naapurivaltioissa.
4 Aikataulu	Mahdollinen 600 MHz operatiivisen käytön aikataulu ☐ Aikataulu: aikainen käyttö on mahdollinen, jos laitteet saatetaan markkinoille radiolaitedirektiivin mukaisesti. ☐ Vaiheet: markkinoille saattamisen keskeinen edellytys on harmonisoidun standardin noudattaminen, tai sen puuttuessa, käyttäen ilmoitettua tarkastuslaitosta (Notified Body) ☐ Keskeiset tahot: kehityksen ja harmonisoinnin aikataulun kannalta keskeisiä tahoja tunnistettu ja niiden vaikutusta pohdittu. Harmonisointia EU-tasolla ajamaan tarvittaneen suuria EU-markkinoita.
5 Aikatauluriskit	Aikaisen käyttöönoton riskit ☐ Aikaisen käyttöönoton riskit: riskejä tunnistettu, mutta merkittävien riskien todennäköisyys on pieni. TV- ja mobiilikäytön koordinoitua tarvitaan. ☐ Merkittävä riski: EU-harmonisoinnin viivästyminen. 600 MHz ei ole 6G-peittoa rakennettaessa käytettävissä. ☐ Todennäköinen tulevaisuus: 600 MHz:n käyttöönotto matkaviestinverkoissa lienee vain ajan kysymys, mutta tarve eri markkinoilla voi kehittyä hyvin eriaikaisesti. TV-käyttö taajuusalueella naapurivaltioissa voi jatkua pitkäänkin.



contents

1. Johdanto ja yhteenveto
2. **Selvityksen tulokset**
 - 600 MHz:n taajuusalue
 - 6G-merkitys
 - Tekninen toteutettavuus
 - TV-käytön tila
 - Hyödyt
 - Haasteet
 - Riskit
 - Toteutusaikataulu
3. Analyysi ja taustamateriaali



Tässä selvityksessä Omnitele arvioi 600 MHz:n taajuusalueen toteutuskelpoisuutta matkaviestinverkoissa Suomessa

600 MHz:n taajuusalue

600 MHz:n taajuusalueella tarkoitetaan tässä selvityksessä taajuusaluetta 617–652 ja 663–698 MHz, joka on määritelty 3GPP:n teknisessä määrittelyssä taajuuskaistana nro 71. Taajuusalue on Euroopassa osa ensisijaisesti TV-käyttöön osoitettua taajuusaluetta 470–694 MHz, ja taajuusalueella on myös merkittävässä määrin tapahtumatuotantolaitteikäyttöä. Suomessa TV-toimilupakausi päättyy 10. tammikuuta 2027.

Taajuusalueen vapauttaminen TV-käytöstä ja osoittaminen matkaviestinverkojen käyttöön

Aiemmin TV-käytöstä on vapautettu jo 800 ja 700 MHz:n nk. *digital dividend* (DD) taajuusalueet. 600 MHz:n taajuusalue on seuraava mahdollinen DD-taajuusalue, joka voidaan vapauttaa TV-käytöstä ja osoittaa käyttöön mobiiliverkoissa. 600 MHz:n taajuusalue on ollut mukana kansainvälisen mobiiliteknologian standardointiorganisaation 3GPP:n teknisissä määrittelyissä vuodesta 2017. Aiemmin TV-käytöstä vapautetut ja mobiiliverkkokäyttöön osoitetut taajuusalueet 800 MHz ja 700 MHz ovat laajalti käytössä Suomessa, kaikkien kolmen kansallisen mobiiliverkko-operaattorin verkoissa. Käyttöä on jouduttu koordinoimaan maiden välillä sekä TV- että mobiilikäytön takia.

Valtioneuvoston asetusluonnoksessa¹ radiotaajuuksien käytöstä ja taajuussuunnitelmasta on kyseinen 600 MHz:n taajuusalue poistettu televisiotoimintaan käytettävästä taajuusalueesta 11. tammikuuta 2027 alkaen, eli seuraavalle toimilupakaudelle. Tämä mahdollistaisi taajuuden käytön esimerkiksi matkaviestinverkoissa.



6G-merkitys

Matalien, alle gigahertsin taajuusalueiden rooli

6G-tekniologiallekin tarvittaneen kattavaa peittoa, joka on mahdollista vain matalilla taajuuksilla

6G-kehityksessä on keskitytty paljolti mahdollisiin leveän taajuuskaistan (> 100 MHz) uusiin taajuusalueisiin. Leveitä taajuuskaistoja on pääsääntöisesti mahdollista osoittaa mobiilikäyttöön vain korkeammilta taajuusalueilta. 6G:n kohdalla 6–7 GHz:n alueesta (6,425–7,125 GHz) on kaavailtu leveän kaistan mahdollistavaa pioneeritaajuutta. Korkeammilla taajuuksilla ei voida kustannustehokkaasti rakentaa maanlaajuisia teknologiapeittoa ja 6G-tekniologialle tarvittaneen kattavaa peittoa, samoin kuin muillekin teknologioille aiemmin. Maanlaajuisen peiton rakentamiseksi tarvitaan matalia, alle gigahertsin taajuuksia.

Taajuus:	< 1 GHz Matala	> 1 GHz Korkea
Peitto:	☒ Laaja	☐ Suppea
Kaista:	☐ Kapea	☒ Leveä

Vaihtoehdot kattavan peiton rakentamiselle muilla matalilla (< 1 GHz) taajuuksilla

Jos 600 MHz ei ole käytettävissä operaattoreille silloin kun tarve kattavan maanlaajuisen peiton rakentamiselle on ajankohtainen, on peiton rakentamiseen käytettävä muita taajuuksia. Koska muut taajuudet ovat laajalti aiempien teknologioiden käytössä, joutuvat operaattorit tekemään myönnytyksiä asiakkailleen tarjottavan peiton, kapasiteetin ja käyttäjäkokemuksen välillä. Muut taajuudet (900 / 800 / 700 MHz) ovat ensisijaisesti muussa käytössä; 800 MHz 4G:ssä, 700 MHz 5G:ssä, ja 900 MHz tarjoaa lisäkapasiteettia näille haja-asutusalueilla, sen vapauduttua 3G-käytöstä Suomessa 3G-tekniologian alasajon myötä.

Matalien taajuuksien käyttö ja tekninen soveltuvuus 6G:lle

		Peitto (suhteellinen)
900 MHz	Osin vielä 2G-käytössä, 3G-käytön loputtua tarjoaa operaattoreille mahdollisuuden lisäkapasiteetin tarjoamiseksi 4G- ja/tai 5G-verkoissa. Korkein alle gigahertsin (< 1 GHz) taajuusalue, huomattavasti 600 MHz:a suppeampi peitto.	 80 %
800 MHz	4G-pioneeritaajuus. Kriittinen 4G-peittotaajuus, jota tarvittaneen 4G-tekniologian peiton ylläpitämiseksi vielä pitkään.	 85 %
700 MHz	5G-pioneeritaajuus. Kriittinen 5G-peittotaajuus, mahdollistaen 5G-verkoille maanlaajuisen peiton ja hyvän sisätilakuuluvuuden ja siten 5G-toiminnallisuuden tarjoamisen laajalti.	 95 %
600 MHz	Mahdollinen 6G-pioneeritaajuus. Käyttö 6G-peiton rakentamiseen ei vaadi kompromisseja muilla tekniikoilla ja taajuus tarjoaisi alimpana taajuusalueena parhaan mahdollisen peiton.	 100 %



6G-merkitys

600 MHz on todennäköinen pioneeritaajuus kattavan 6G-peiton rakentamiselle

✓ 600 MHz soveltuu uutena taajuusalueena hyvin uuden 6G-tekniikan pioneeritaajuudeksi

Uuden tekniikan alkuvaiheessa on tyypillistä, että päätelaitekannasta vain pieni osa tukee uutta teknologiaa. Samoin uusilla mobiilikäyttöön osoitetuilla taajuuksilla ei tuki ole käyttäjien päätelaitteissa yhtä kattava kuin aiemmin käytössä olleille taajuuksille. Samaan aikaan, edellisten teknologiasukupolvien ja pitkään käytössä olleiden taajuuksien tuki käyttäjien päätelaitteissa on usein jo lähes täysin kattava. Siksi uusi matala taajuusalue (600 MHz) on ihanteellinen ratkaisu kattavan peiton rakentamiselle uudella tekniikalla (6G). Päätelaitekannan uusiutuessa, sekä uuden tekniikan, että taajuusalueen tuki kehittyvät ja uusi tekniikka uudella taajuudella tulee suuremman käyttäjämäärän käytettäväksi. Samaan aikaan muut taajuudet voidaan säilyttää kattavan tuen teknologioiden käytössä, jossa valtaosa käyttäjistä pystyy niitä hyödyntämään.

✓ 600 MHz on kompromissiton taajuusvalinta 6G-peiton rakentamiselle

Jos 600 MHz ei ole 6G-rakentamisen aikaan käytettävissä, operaattorit joutuvat käyttämään muita taajuuksia kattavan peiton rakentamiseksi. Jos 6G-verkon kattavan peiton rakentamiseen käytetään jotain muuta taajuutta, vaikuttaa se todennäköisesti negatiivisesti taajuuden tehokkaaseen hyödyntämiseen, koska kaikki käyttäjät jotka pystyisivät hyödyntämään taajuutta esimerkiksi 5G-tekniikalla, eivät pysty sitä 6G-tekniikalla hyödyntämään 6G-kehityksen alkuvaiheessa. Kustannustehokas peiton rakentaminen vaatii mahdollisimman matalan taajuuden käyttöä ja 600 MHz tarjoaa alimman taajuusalueena mahdollisuuden rakentaa seuraavan sukupolven tekniikalle parhaan mahdollisen peiton.

✓ 600 MHz:n todennäköinen tulevaisuus on 6G-taajuutena Euroopassa

Todennäköisesti 600 MHz otettaneen mobiiliverkkokäyttöön koko Euroopassa. Kuten edellistenkin TV-käytöstä vapautettujen taajuuksien kohdalla, voi aikataulu käyttöönotolle vaihdella maittain suurestikin. Esimerkiksi 700 MHz:n taajuusalueen kohdalla, ensimmäiset EU-maat jakoivat taajuuden operaattoreille 2010-luvun puolivälissä heti kansainvälisen harmonisoinnin jälkeen ja viimeiset vasta 2020-luvulla; ensimmäisen ja viimeisen EU-maan välillä ero oli 10 vuotta. Myös uusien teknologioiden käyttöönoton aikataulut ovat vaihdelleet maittain merkittävästi. Joissain Euroopan maissa vasta aloitetaan laajamittaista 5G-rakentamista, kun esimerkiksi Suomessa maanlaajuisen 5G-peiton rakentaminen on saatettu päätökseen.

Mahdollisen 600 MHz:n harmonisoinnin ja 6G-kehityksen aikataulut osuvat yksiin 2030-luvun vaihteeseen.



600 MHz:n käytettävyys matkaviestinverkoissa

Laiteteknisesti ei 600 MHz:n käyttönotolle ole esteitä

✓ Standardoinnin tila: 600 MHz on ollut määritelmässä jo pitkään Yhdysvaltain ajamana

Tekniset määrittelyt 600 MHz:n taajuusalueelle olivat ensimmäisen kerran mukana jo vuonna 2017/2018, kun taajuuskaista tuli mukaan LTE-standardiin ja ensimmäiseen 5G-standardiin (3GPP Rel 15). Taajuuden sisällyttäminen ensimmäiseen 6G-standardiin on lähes varmaa.

600 MHz:n taajuusalue on Yhdysvalloissa osoitettu mobiiliverkkokäyttöön jo vuonna 2017, kun kaksivaiheisessa huutokaupassa taajuutta ensin vapautettiin TV-käytöstä ja sitten huutokaupattiin mobiiliverkkokäyttöön. Taajuusaluetta tukeva laite-ekosysteemi on rakentunut suurelta osin jo hyvinkin kattavaksi tämän Yhdysvaltain kehityksen seurauksena.

✓ Verkkolaitteet tukiasemissa: laitteet kehitetty 4G- ja 5G-tekniikoille ja saatavilla kysynnän seurauksena

Verkkolaitteet taajuusalueelle ovat olleet saatavilla Yhdysvaltain markkinoille jo pitkään. Koska taajuusalue ei ole vielä Euroopassa mobiilikäytössä, ei laitteille ole vielä harmonisoitua standardia, joka edesauttaisi markkinoille saattamista ja kaupallista käyttöä EU-maissa. 6G-laitteiden saatavuus 600 MHz:n taajuusalueelle on todennäköistä jo ensimmäisten kaupallisten laitteiden toteutusten aikaan, jos taajuusalueelle on kysyntää.

✓ Käyttäjien päätelaitteet: kattava kyvykkyys jo olemassa, EU-harmonisoinnin puute rajoittanut tuen aktivointia

Päätelaitteissa taajuuden tuki on jo laajalti mahdollinen. Yhdysvaltain markkinoille suunnatuissa puhelimissa tuki taajuudelle on laitevalmistajasta riippuen ollut jo vuodesta 2020 lähtien. Euroopassa on myös taajuutta tukevia laitteita, mutta pääosin ei tukea ole ainakaan aktivoitu Euroopan markkinoille julkaistuissa laitteissa. Osa laitevalmistajista on vähentänyt markkinakohtaisten versioiden määrää, mikä johtanee siihen, että myös 600 MHz:n taajuustuki yleistyy Euroopan laitekannassa, jopa EU-harmonisoinnista riippumatta.

Verkkolaitteet tukiasemissa

4G- ja 5G-verkkolaitteet kehitetty ja saatavilla verkkoalitevalmistajilta, kaupallinen käyttö edellyttää radiolaitedirektiivin mukaisen markkinoille saattamisen.

✓ Laitteet saatavilla EU-harmonisoinnin jälkeen

Käyttäjien päätelaitteet

Taajuustukea jonkin verran Suomessa, yleistymisen riippuu taajuuden tulevaisuuden näkymistä Euroopassa sekä laitteiden radiolaitedirektiivin mukaisesta markkinoille saattamisesta.

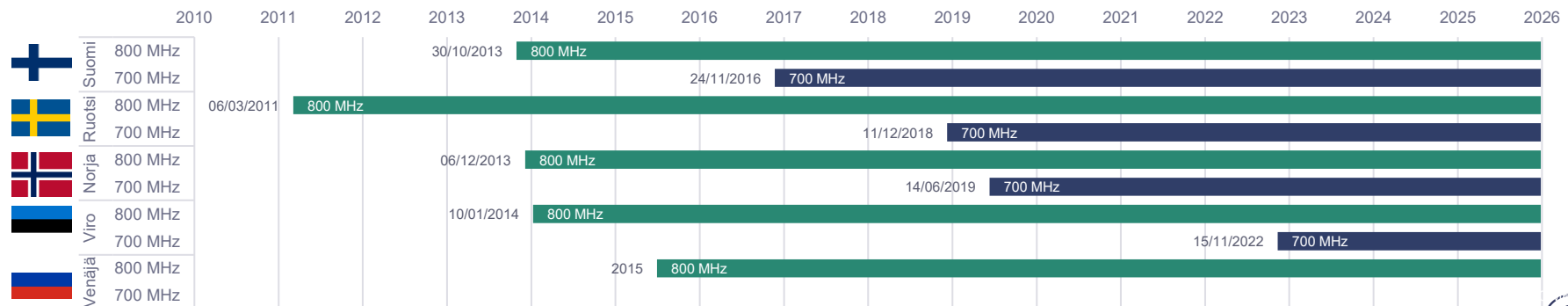
✓ Päätelaitetuen kehitys nopeaa EU-harmonisoinnin jälkeen



Maanpäällisen TV-käytön tila naapurimaissa: länsinaapurit mahdollisesti aikaisessa rintamassa 600 MHz:n taajuusalueen vapauttamisessa

Maa	Maanpäällisen TV-käytön tila	TV-kanavat		Taajuuskäytön näkymä
		Vapaasti katsottavat	Maksu-TV	
Suomi	Maanpäälliset TV-lähetykset vähentyneet merkittävästi, erityisesti maksu-TV-lähetysten loputtua	21	-	600 MHz:n taajuusalueen vapautus TV-käytöstä 2027 edennyt jo lausuntokierrokselle asetusalunnokesta.
Ruotsi	Maanpäälliset TV-lähetykset vähentyneet merkittävästi, ohjelmistolupien haku päällä. Maksu-TV-jakelu lopetettu.	7	-	Aikainen 600 MHz:n vapautus TV-käytöstä mahdollinen. Ruotsi jakoi 800 MHz taajuuden mobiilille 2. Euroopassa
Norja	Vapaasti katsottavia ja maksu-TV-kanavia runsaasti maanpäällisessä jakelussa.	10	37	NKOM on julkisesti pohtinut 600 MHz:n käyttöä vuoden 2030 jälkeen, ja sen osoitus mobiilille todennäköinen.
Viro	Vapaasti katsottavia ja maksu-TV-kanavia runsaasti maanpäällisessä jakelussa. DVB-T/T2 rinnakkaisjakelu.	12	27	700 MHz vapautus ja osoitus mobiilille hitaampaa kuin länsinaapureilla. Voi toistua myös 600 MHz:n alueella.
Venäjä	Edelleen taajuudet 470–790 MHz TV-käytössä Julkisen tiedon luotettavuus kyseenalainen.	40	-	700 MHz (DD2) vapautus pian ajankohtainen. 600 MHz säilynee vielä TV-käytössä.

Edellisten "digital dividend" -taajuuksien jako mobiilikäyttöön



600 MHz:n hyödyt mobiilikäytössä

6G-tekniikalle oma matala taajuus

600 MHz on kompromissiton taajuusvalinta 6G-peiton rakentamiselle ja se soveltuu uutena taajuusalueena hyvin uuden 6G-teknologian pioneeritaajuuksi. Aikainen 600 MHz:n osoitus matkaviestinverkoille tarjoaisi mahdollisuuden rakentaa kattavaa peittoa heti 6G-verkkojen rakentamisen alkuvaiheista lähtien. Mahdollistaa yhdessä korkeiden 6G-taajuuksien kanssa monipuoliset 6G:n hyödyntämismahdollisuudet.

Lisäkapasiteetti matalille taajuuksille on merkittävä

Kapasiteettihyöty taajuudesta olisi merkittävä etenkin kokonaispeiton reunoilla, joissa vain matalimmat taajuudet tarjoavat riittävän signaalinvoimakkuuden verkon käytölle. Koska matalia, mobiiliverkoille soveltuvia taajuuksia on rajoitetusti, kasvattaisi 600 MHz:n osoitus mobiilikäyttöön matalien taajuuksien määrää kolmanneksella nykyisestä.

Peitto-ominaisuudet ovat matalalla taajuudella erinomaiset

600 MHz:n taajuus mahdollistaa teoriassa yli 10 % paremman (downlink-)peiton kuin 700 MHz, tai jopa yli 30 % paremman kuin 900 MHz.

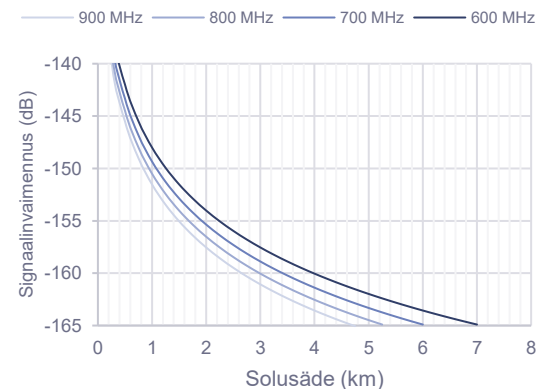
Haja-asutusalueet hyötyisivät taajuudesta eniten

Taajuus auttaisi parantamaan palvelua eniten haja-asutusalueilla, joissa hyödynnettävä taajuuskapasiteetti on rajallinen. Haja-asutusalueilla sekä hyvä 6G-peitto, että **+33 %** kokonaistaajuuskapasiteetin lisäys olisivat erittäin merkittäviä.

Taajuus mahdollistaa hyvän sisäpeiton uudelle 6G-tekniikalle

Sisäpeittohyödyt verrattuna 700 ja 800 MHz:n taajuuksiin jäisivät etenkin kaupungeissa suhteellisen pieniksi, mutta mahdollisuus tarjota uudelle 6G-tekniikalle erinomainen sisäpeitto ilman kompromisseja muilla tekniikoilla on merkittävä etu 600 MHz:n taajuusalueen osoittamisessa matkaviestinverkkokäyttöön.

Teoreettisen peittoalueen vertailu



Mahdolliset haasteet aikaisessa toteutuksessa

TV-käyttö: häiriöt ja rajoitukset taajuusalueen matkaviestinverkkokäytössä

Naapurimaiden TV-käyttö asettanee rajoituksia mahdollisiin käyttöalueisiin eli käytön laajuuteen, ja voi aiheuttaa mahdollisesti merkittäviäkin häiriöitä matkaviestinverkkokäytölle.

Mahdolliset häiriöt matkaviestinverkkokäytöstä kansalliseen TV-käyttöön saattavat vaatia toimenpiteitä vaikutusten torjumiseksi.

Tapahtumatuotannossa käytettävät laitteet

Tapahtumatuotannon langattomien laitteiden käyttö voi pahimmassa tapauksessa estyä laajamittaisen matkaviestinverkkokäytön takia, ja vaatia näiden laitteiden uusimista, jos ne toimivat juuri kaistan 71 tukiaseman lähetystaajuudella. Samalla taajuusalueella toimivien laitteiden käyttö voi aiheuttaa satunnaisia paikallisia haasteita myös matkaviestinverkkojen toimintaan.

Aikainen toteutus

Taajuuden aikainen käyttö olisi mahdollista jo ennen 6G-tekniikkaa, jos 4G- ja 5G-verkkolaitteet taajuusalueelle saatetaan markkinoille radiolaitedirektiivin mukaisesti. Operaattorit tuskin ovat valmiita investoimaan taajuusalueen käyttöönottoon suuressa määrin ennen kuin 6G-tekniikan mahdollistavat verkkolaitteet taajuusalueelle ovat saatavilla.

Aikaisen 6G-toteutuksen mahdollistaminen taajuusalueella vaatinee EU-taajuusharmonisoinnin tapahtumisen mahdollisimman nopealla aikataululla. WRC-aikataulun mukainen kansainvälinen taajuusharmonisointi voi tapahtua liian hitaasti 6G-kehityksen näkökulmasta, jos 6G-verkkoja aletaan rakentaa jo 2020-luvun lopussa. Alkuvaiheessa 6G-verkkoja rakennettaneen kuitenkin lähinnä tiheään asutuilla alueilla ja ensisijaisesti korkeammilla taajuuksilla.

Taajuusharmonisoinnin hitaus voi pahimmillaan estää 600 MHz:n käyttöönoton osana laajamittaista 6G-verkkojen rakentamista, jos laitteet eivät ole oikea-aikaisesti saatavilla Suomessa. Tällöin 600 MHz:n maanlaajuinen käyttöönotto voi viivästyä.

Tekniset haasteet

Peittoparannusten saavuttamiseksi käytännön toteutuksissa voidaan tarvita entistä kookkaampia antennoja, joiden käyttöä voivat rajoittaa esimerkiksi tukiasemarakenteet. Vaihtoehtoisesti nykyisen kokoisilla antenneilla voi matalamman taajuuden peittoetu jäädä saavuttamatta.

Käytettävien taajuuskaistojen määrän kasvaessa myös mahdolliset yhteistoiminnan tekniset haasteet lisääntyvät. Näistä yksi esimerkki on taajuuskaistojen yhdistelmien aiheuttamat intermodulaatiohäiriöt, jotka voivat aiheuttaa vaikeasti havaittavia paikallisia palvelutason häiriöitä.



Riskit aikaiselle toteutukselle Suomessa

Riskit aikaiselle toteutukselle	Vaikutus	Merkitys	Todennäköisyys
Sääntely- ja yhteentoimivuusriskit			
EU-harmonisointi viivästyy	laitteet & kaupallinen käyttö viivästyy	merkittävä	mahdollinen
EU-harmonisointi poikkeaa odotetusta	investointiriski operaattoreille	merkittävä	pieni
Standardit voivat muuttua	investointiriski operaattoreille	suuri	pieni
Tekninen yhteensopivuus ja häiriöriskit			
Häiriöt TV-toiminnalle (naapurivaltiot)	Koordinoitutarve ja käyttörajoitukset	huomattava	todennäköinen
Häiriöt TV-toiminnasta (naapurivaltiot)	Sopeutumistarve	huomattava	todennäköinen
Häiriöt TV-toiminnalle (kansallinen)	Kansallinen koordinointi	vähäinen	mahdollinen
Häiriöt TV-vastaanotossa (kansallinen)	Taajuustalkoot ja toimenpiteet kotitalouksissa	merkittävä	todennäköinen
Häiriöt tapahtumatoiminnalle	Merkittävät laiteinvestoinnit	merkittävä	todennäköinen
Päätelaitteiden puute (direktiivin mukaiset laitteet)	Taajuuden hyödyntäminen vähäistä	merkittävä	mahdollinen
Investointiriskit operaattoreille aikaisen toteutuksen tapauksessa			
Uudelleenjärjestelyt verkkoinvestoinneissa, jos myöhemmin tehtävä harmonisointi poikkeaa valituista ratkaisuista tai taajuusalueelle muodostuu toisenlaisen standardin mukaista käyttöä Euroopassa.			
Poliittiset riskit			
Aikainen käyttöönotto voi vaikeuttaa EU:n yhteistä taajuuspolitiikkaa etenkin jos EU-harmonisoinnin suunta poikkeaa odotetusta.			



Muun käytön mahdollisuus ja poikkeaminen odotetusta matkaviestinkäytöstä

TV-käytön vaihtoehdot 600 MHz:n taajuusalueella

Omnitele on pohtinut myös vaihtoehtoisia käyttöjä TV-käytöstä poistettavalle taajuusalueelle. Ensisijainen tarkasteltava FDD-kaistajako matkaviestinverkkokäyttöön näyttäisi muodostuvan johtavaksi käyttötavaksi tulevaisuudessa, verkko- ja päätelaite-ekosysteemin ollessa jo kehittynyt.

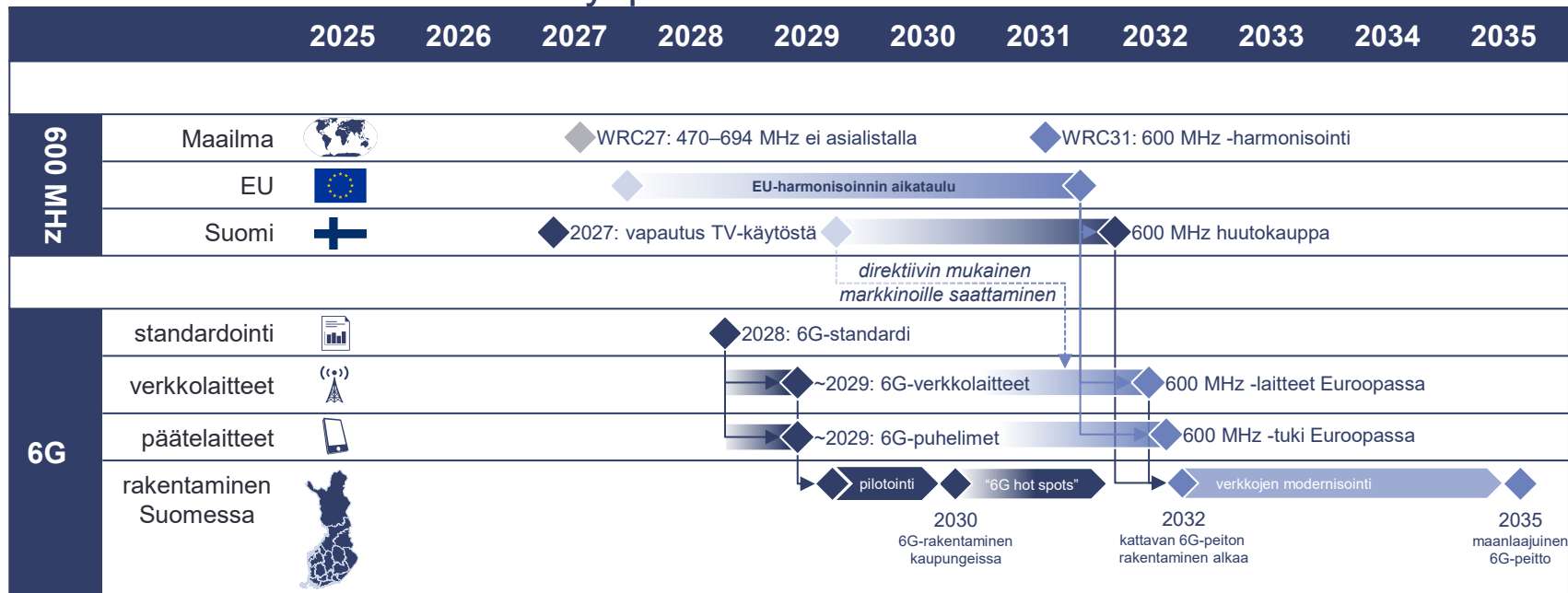
Muiden käyttövaihtoehtojen tarvetta ja hyötyjä on arvioitu alla. Esimerkiksi erillisiin viranomais- tai esimerkiksi puolustuskäyttöön tarkoitettuihin ratkaisuihin voisi hyvin soveltua myös merkittävästi kapeampi taajuusalue. 2x5 MHz:n FDD-kaista voitaisiin Suomessa tarvittaessa varata erityiskäyttöön 600 MHz:n alueelta, jossa taajuutta on kokonaisuudessaan 2x35 MHz kaistalla 71, josta operaattoreille voitaisiin jakaa yhteensä 2x30 MHz. Aiemmat varaukset esimerkiksi 700 MHz:n taajuusalueelta eivät ole tulleet laajamittaisesti käyttöön; esimerkiksi Liettuassa on osoittamassa ensi vuonna aiemmin PPDR-käyttöön varatun 2x10 MHz kaistan kaupallisille operaattoreille.

Vaihtoehtoinen käyttö	600 MHz:n käyttö	Pohdintaa toteutettavuudesta Suomessa
Kaupallinen käyttö matkaviestinverkkotekniikalla		
Kansalliset operaattorit	Jako kolmelle: esim. 2x10 MHz per operaattori	Kolmen operaattorin verkossa taajuus saataneen tehokkaasti kaikkien suomalaisten käyttöön, kun taajuus voidaan ottaa käyttöön olemassa olevaa verkkoinfrastruktuuria hyödyntäen.
Laajakaista-operaattori	Laajempi taajuusosoitus erillisoperaattoria varten	Erillisen verkon rakentamisen liiketoimintapotentialiaali on kyseenalainen, suurien rakentamiskustannusten ja rajallisen kysynnän takia. Hyöty vain haja-asutusalueilla, tuskin kaupungeissa kilpailukykyinen kuidulle.
Paikallisverkot	Varaus paikalliskäyttöön (esim. 2x5 MHz)	Tarve matalille, laajan peiton mahdollistaville taajuuksille paikallisessa käytössä kyseenalainen. Hyötykin vain paikallinen.
5G Broadcast -verkko (TV)	Broadcast käyttö, tarve vain DL-suuntaan	Tarve vain satunnaista suurissa katsojatapahtumissa. Hyöty nykyisen TV-käytön lisäksi kyseenalainen. Kotien TV-laitteet vaatisivat uusimista, mutta verkon rakentaminen voisi hyödyntää nykyistä TV-verkkoinfrastruktuuria. Koko taajuusalueelle ei ole 5G-broadcast-käyttöön soveltuvaa teknistä määrittelyä eikä siten verkkolaitteita.
Erityiskäyttö		
Viranomaiskäyttö	Matkaviestinverkko viranomaiskäyttöön	Tarve rajallinen, viranomaisverkko jo kaupallisessa verkossa. Erilliset verkot ovat kallis ratkaisu, etenkin ilman nykyistä laajaa infrastruktuuria.
Puolustus	Esim. kriittinen viestintä puolustusyhteistyössä	Tarve laajalle taajuusosoitukselle kyseenalainen, mutta FDD-kaistajako mahdollistaisi esimerkiksi puolustuskäytön kaistan tyhjiällä osilla. Vaihtoehtoisia taajuusalueita lienee mahdollista harkita.
Muu erityiskäyttö	Erillinen matkaviestinverkko muuhun käyttöön	Tarve rajallinen. Suunta Suomessa pikemminkin päinvastainen, erillistoimijoiden mieluummin valitessa kaupallisen verkon oman infrastruktuurin rakentamisen sijaan.



Mahdollinen toteutusaikataulu

Tunnistettu mahdollinen kehityspolku matkalla toteutukseen Suomessa



Keskeinen 600 MHz:n käyttöönottoaikatauluun vaikuttava tekijä on EU-tason taajuusharmonisointi

Jos EU-harmonisointi tapahtuu WRC31:n jälkeen, voi 600 MHz:n verkko- ja päätelaitteiden saatavuus 6G-toteutuksiin viivästyä. Ennen EU-tason harmonisointia, ei kaupallinen tai muu laajamittainen toteutus liene todennäköistä. Laitteiden kaupallinen käyttö Suomessa on kuitenkin mahdollista, mutta se edellyttää radiolaitedirektiivin 2014/53/EU mukaisen markkinoille saattamisen. Yhdysvaltain (ITU-alue 2) toteutus ja esimerkiksi Saudi-Arabian (ITU-alue 1) suunnitelmat ohjannevat ratkaisua myös EU:ssa samaan suuntaan. Harmonisointia ajamaan EU-tasolla tarvittaneen suurien markkinoita, kuten Saksa, Ranska, Italia ja Espanja. GSMA on kehottanut toimeksiantoon CEPT:lle työn aloittamisesta.



Mahdollinen toteutusaikataulu

Eri tahojen näkemys 600 MHz:n osoituksesta matkaviestinverkkokäyttöön

Keskeisillä tahoilla yhtenäinen näkemys siitä, että 600 MHz:n kaistan käytön uudelleenjärjestely tapahtuu eriaikaisesti eri Euroopan maissa, mutta myös että lisää taajuuksia osoitettaneen TV-käytöstä matkaviestinverkkokäyttöön tulevaisuudessa.

RSPG (Radio Spectrum Policy Group)

- Harmonisointi 2030-luvulla (ehkä WRC31)
- Todennäköisesti eri maat siirtävät kaistaa IMT-käyttöön eri aikataululla harmonisoinninkin jälkeen, samoin kuin aiempien digital dividend -taajuuksien kohdalla.

EBU (European Broadcasting Union)

- TV-käyttö voi jatkua vielä 2040-luvullakin, mikä ei ole yllättävä kanta alun perin yleisradiotoiminnan etuja ajavalta organisaatiolta
- Yhtyy RSPG:n näkemykseen siitä, että todennäköisesti eri maat siirtävät kaistaa IMT-käyttöön eri aikataululla harmonisoinninkin jälkeen

WRC (World Radiocommunication Conferences)

- 600 MHz:n käyttö uudelleenkäsittelyyn WRC-31:ssä. Ei indikaatiota siitä, että käsiteltäisiin aiemmin esim. WRC-27:ssä

GSMA (GSM Association)

- Ehdottaa käynnistämään 600 MHz yhdenmukaistamistyöt ja antamalla tästä CEPT:lle toimeksianto vuoteen 2026 mennessä.
- Kehottaa harkitsemaan 600 MHz:n mobiilikäytön käytännönläheistä käyttöönottoa varhaisena askeleena, jos se on mahdollista.



contents

1. Johdanto ja yhteenveto
2. Selvityksen tulokset
3. Analyysi ja taustamateriaali
 - 1 **Matkaviestinkäyttö**
 - 2 Käytettävyys ja hyödyt
 - 3 Tehokas käyttö ja haasteet
 - 4 Aikataulu
 - 5 Riskit
 - 6 Eri tahojen näkemyksiä



Matkaviestinkäyttö

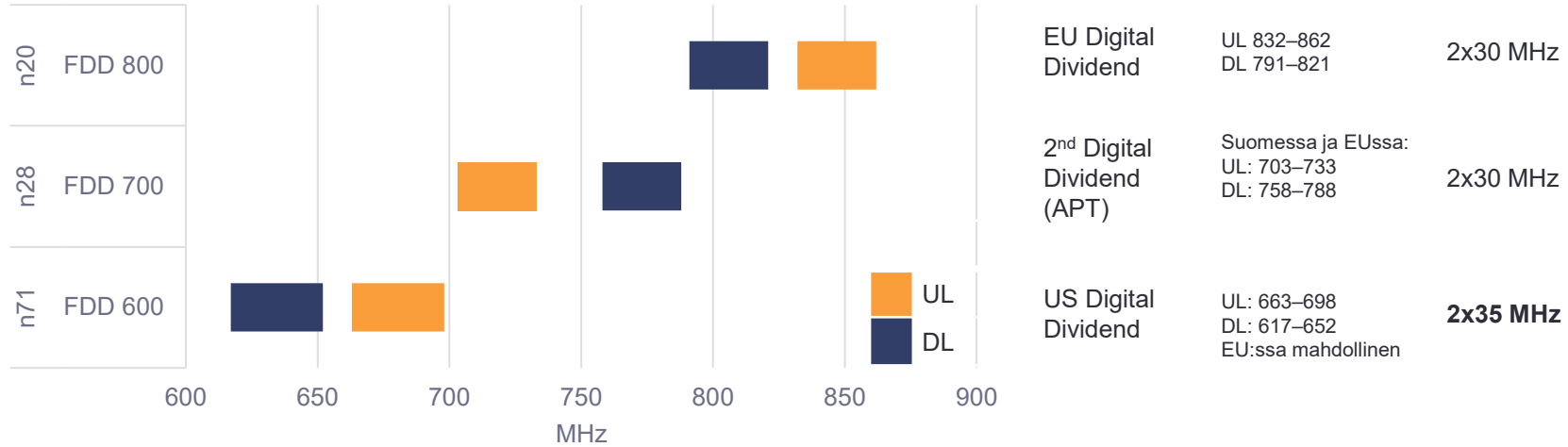
Matkaviestinkäyttö 600 MHz taajuusalueella Suomessa

- ✓ **600 MHz:** Taajuusalue on ollut matkaviestinverkkojen käytössä Pohjois-Amerikassa jo pitkään, minkä takia taajuusalueelle on jo kehittynyt laite-ekosysteemi matkaviestinkäytössä. Taajuusalue on edelleen Euroopassa ensisijaisesti TV-käytössä ja EU-tason harmonisointiratkaisuja vaadittaneen matkaviestinverkkokäytön mahdollistamiseksi.
 - ✓ Taajuuden vapauttaminen TV-käytöstä on mahdollista, koska maanpäällisessä jakelussa olevien TV-kanavien määrä on vähentynyt ja niitä pystytään lähettämään uusien tekniikoiden myötä (ainakin teoriassa) pienemmällä kokonaistaajuuskaistalla.
- ✓ **6G-merkitys:** 600 MHz soveltuu uutena taajuusalueena hyvin uuden 6G-teknologian pioneeritaajuudeksi
 - ✓ 600 MHz:n taajuusalue ei ole ollut erityisen kriittisessä roolissa 6G-suunnitelmissa ja käytännössä 6G-peittotaajuudeksi soveltuisivat myös muut matalat taajuudet (700, 800, 900 MHz). Muiden taajuuksien käyttö 6G:lle teknologian alkuvaiheessa kuitenkin vaatisi operaattoreita tekemään myönnytyksiä asiakkaille tarjottavan peiton, kapasiteetin ja palvelutason osalta.
 - ✗ Kansainvälinen taajuusharmonisointi voi tapahtua liian hitaasti 6G-kehityksen näkökulmasta, jos 6G-verkkoja aletaan rakentaa jo 2020-luvun lopussa. Kansallisen peiton rakentaminen ei kuitenkaan liene prioriteetti ensimmäisissä toteutuksissa.
- ✓ **Vaihtoehtoiset ratkaisut:** Mobiilikäyttö tarjoaa suurimman hyödyn suurimmalle käyttäjäjoukolle
 - ✓ Mobiiliverkkokäyttö vaikuttaa todennäköisimmältä kansainväliseltä suunnalta, suurelta osin jo vakiintuneen matkaviestinverkkokäytön seurauksena.
 - Vaihtoehtoisille käyttöratkaisuille ei ole tunnistettavissa joko riittävää kysyntää ja tarvetta, tai yhtä laajalle ulottuvia hyötyjä kuin kansallisessa mobiiliverkkokäytössä, jossa taajuus saataisiin hyödynnettyä lähes kaikkien suomalaisten käyttöön.
 - FDD-mobiilijako näyttäisi muodostuvan johtavaksi käytettäväksi tulevaisuudessa
 - DTT:n kanssa lomittainen SDL: esimerkiksi 700 MHz alueen SDL-taajuudelle ei ole puhelinmarkkinoilla päätelaitetukea. Myös tarve DTT:lle vähentynyt teknisen kehityksen myötä
 - Varaus 5G broadcast -käyttöön: noussut aiemmin usein esiin TV-taajuuskeskustelussa, mutta tehokkaan käytön kannalta haastava verrattuna FDD-mobiilikäyttöön, jos tavoitellaan 5G-puhelimen lisäksi perinteistä TV-laitetekantaa.
 - Mahdollisuus osoittaa 2x5 MHz:n FDD-kaista erityiskäyttöön, jos operaattoreille jaetaan samansuuruisen 2x10 MHz:n kaistat



Matkaviestintäyttö: 600 MHz:n käyttö matkaviestinverkoissa

Taajuusalue on standardoitu ja käytössä esimerkiksi Yhdysvalloissa.



Mahdollinen matkaviestinverkkokäyttöön osoitettava kokonaistaajuuskaista 600 MHz:n taajuusalueella on 2x35 MHz, mikä mahdollistaa 2x10 MHz jakamisen kullekin kansalliselle matkaviestinverko-operaattorille

- ✓ 2x10 MHz olisi hyvä lisä kunkin operaattorin taajuusportfolioon ja ihanteellinen 6G-verkon maanlaajuisen peiton rakentamiseen.
- ✓ Laite-ekosysteemi olemassa: verkkolaitteet saatavilla verkkolaittevalmistajilta, päätelaitekannan tuen kehitys seurannee EU-harmonisointia
- ✗ Kaupallinen käyttö vaatii harmonisoidun standardin tai asianmukaisen markkinoille saattamisen ilmoitettua tarkastuslaitosta käyttäen.
- ✓ Kokonaistaajuuskaista mahdollistaa jopa 2x5 MHz varauksen muuhun käyttöön



Matkaviestintäkäyttö: 6G-merkitys

600 MHz mahdollinen 6G:n pioneeritaajuudeksi

On hyvin mahdollista ja jopa todennäköistä, että 600 MHz:n taajuusalueesta muodostuu 6G-verkkojen pioneeritaajuus eli että 600 MHz:n taajuutta käytetään 6G-verkkojen maanlaajuisen peiton rakentamiseen ja sekä päätelaitteet että tukiasemalaitteet tukevat kyseistä taajuuden käyttöä jo varhaisessa vaiheessa.

- ❑ Ensimmäinen virallinen 6G-standardi (3GPP Release 21) on suunniteltu valmistuvaksi vuoden 2028 lopulla.
- ❑ Ensivaiheen 6G-toteutukset alkavat todennäköisesti kaupungeista ja korkeammilla taajuuksilla. Maanlaajuisen peiton rakentaminen tapahtuu myöhemmin, samoin kuin aiemminkin 3G, 4G ja 5G -verkkojen kohdalla.

600 MHz:n valikoituminen pioneeritaajuudeksi 6G:lle on kuitenkin vielä avoinna, koska virallisia päätöksiä tästä ei ole tehty ja koska tällä taajuusalueella on vielä laajasti muuta käyttöä

600 MHz:n alue on nykyisin pääosin varattu muihin käyttötarkoituksiin (esim. TV ja tapahtumatuotannon langattomat laitteet) ja näiden siirtäminen pois 600 MHz:n taajuusalueelta vie aikaa ja vaatii sääntelyä. 600 MHz:n harmonisointi maailman- ja Euroopan laajuisesti voi vielä viedä useita vuosia. Nykyisillä tiedoilla kansainvälisestä harmonisoinnista oltaisiin päättämässä vasta WRC-31-kokouksessa¹. 600 MHz yhtenäinen harmonisointi mobiilikäyttöön Euroopassa ja muualla maailmalla voi olla haasteellista. Jotkut maat saattavat suosia taajuuskaistan pitämisen esim. TV-käytössä vielä pitkälti 2030-luvulla.

6G-verkkojen standardointi on vielä kesken. Ensimmäinen versio standardista on odotettavissa vuonna 2028, joka oletettavasti jollain tasolla ottaa kantaa 600 MHz:n käyttöön 6G-verkoissa. Tämä saattaa tarkoittaa sitä, että harmonisoitua ratkaisua ei saada vielä voimaan 6G-verkkojen rakentamisen alkuvaiheessa. Näin ollen ensimmäiset käyttöönotettavat 6G-taajuuksat saattavat olla korkeampia taajuuksia 600 MHz taajuuskaistan sijaan. Todennäköisin taajuus lienee yli 6 GHz:n alue (6,425–7,125 GHz), joka tunnistettiin matkaviestinverkkojen (IMT) taajuusalueeksi WRC-23-kokouksessa.

Uusille matkaviestinverkkotekniikoille (kuten 6G) on nykyään tyypillistä etsiä kaistoja eri taajuusalueilta, jotta tekniikkaa voidaan käyttää maanlaajuisesti (matalilla taajuuksilla) ja että kapasiteettivaatimukset täyttyvät (korkeammilla taajuuksilla)². Tässä valossa matalan taajuusalueen allokointi 6G:n käyttöön tulee olemaan tärkeää. Sekä 4G-, että 5G-käyttöön otot eri maissa osoittivat, että matalaksi peittotaajuudeksi voi valikoitua eri taajuusalue eri maissa, eli 6G peittotaajuudeksi soveltuu niin 700, 800 ja 900 kuin 600 MHz:n taajuusalue. Mahdollisimman aikainen yhteiseurooppalainen linja mahdollistaisi myös taajuuden mahdollisimman aikaisen hyödyntämisen.



Matkaviestinkäyttö: vaihtoehtoiset ratkaisut

Taustaa vaihtoehtoisista ratkaisuksista 600 MHz:n taajuusalueella

RSPG:n (Radio Spectrum Policy Group) tunnistamat tärkeimmät tekniset vaihtoehdot 600 MHz:n kaistalle ovat seuraavat¹:

SDL (Supplementary Downlink):

kaistan käyttö pelkästään matkaviestinverkon downlink-suuntaan lomittain broadcast-käytön kanssa. Tässä vaihtoehdossa raja-alueiden ongelmat ovat vähäisiä, mutta etenkin viereisen kanavan häiriöitä saattaa ilmetä.

5G Broadcast:

kaistan käyttö lähetystoimintaan mobiililähetysteknologialla (3GPP Release 16). Soveltuu tehokkaaseen sisältöjakeluun, mutta kuluttajalaitteiden saatavuus on rajallista ja yhteensopivuusongelmia voi esiintyä.

Täysi mobiili FDD -kaistajako (ns. "600 MHz band plan" uplink + downlink):

Vähentää merkittävästi TV-käytössä olevaa taajuusaluetta. Vaatii laajamittaista uudelleensuunnittelua ja mahdollisesti vaikeaa rajakoordinaatiota.

Dynaaminen spektrinkäyttö / white spaces:

käyttämättömien taajuusvälien hyödyntäminen pienitehoisesti tai tilapäisesti (esim. kiinteään langattomaan laajakaistaan).

Muut

- Viranomais/yhteiskunnan kriittiset yhteydet (PPDR Broadband) (Public Protection and Disaster Relief)
- Sotilaallinen/erityiskäyttö
- Massiivinen IoT / maatalous / infraverkot (mMTC/NB-IoT 6G)
- Kiinteä langaton laajakaista (FWA)



Matkaviestintäkäyttö: vaihtoehtoiset ratkaisut

600 MHz:n vaihtoehtoiset käyttöratkaisut v. 2030 jälkeen

- RSPG:n raportti¹ kuvaa kolme kansallista skenaariota siitä, miten jäsenvaltiot voisivat käyttää taajuusaluetta 470–694 MHz vuoden 2030 jälkeen, huomioiden, että yksi skenaario ei sovi kaikille, koska TV-käyttö ja tapahtumatuotantokäyttö (PMSE, Programme-Making and Special Events) vaihtelee maittain.
 - **Skenaario 1–Kaistan TV-käyttö jatkuu voimakkaana.**
 - DTT-käyttö pysyy lineaarisen audiovisuaalisen sisällön pääasiallisena jakelumuotona kaistalla. BroadbandIP ja hybridialustat täydentävät mutta eivät korvaa DTT:tä. PMSE jatkuu. Skenaario sopii maille, joissa DTT-käyttö on edelleen merkittävää.
 - **Skenaario 2–TV-käyttö (DTT + 5G Broadcast) ja rajallinen mobiilin SDL-käyttö:**
 - DTT säilyy tärkeänä, mutta kaistan osissa voidaan käyttää mobiilin downlink-suuntaa (SDL) ja/tai 5G Broadcastia. Tekniikoiden yhteiskäyttö on mahdollista. TV-käyttöön kohdistuu vähäisempi vaikutus.
 - **Skenaario 3–TV-käytön määrä vähenee ja mobiilikäyttö korostuu (täysi FDD-kaistajako):**
 - TV-käytön tarpeet ovat vähäiset ja kaista otetaan mobiililaajakaistakäyttöön. PMSE-käyttö voi rajoittua. Edellyttää suuria muutoksia ja tiukkaa koordinaatiota.
- Raportissa korostetaan, että kansalliset valinnat riippuvat tekijöistä kuten:
 - TV-toiminnan infrastruktuuri-investoinnit
 - Vaihtoehtoisten sisältöalustojen kehittyminen
 - DTT:n (TV-käytön) kysyntä
 - PMSE-spektritarpeet
 - Rajakoordinaation toteutus.



Matkaviestintäyttö: vaihtoehtoiset ratkaisut

Taajuusjaon ja -käytön vaihtoehdot Suomessa

- Jos 600 MHz:n taajuusalue vapautetaan matkaviestinverkkojen käyttöön, niin on todennäköistä, että kaikki Suomen matkaviestinverkko-operaattorit (DNA, Elisa, Telia) ovat kiinnostuneita hakemaan kaistaa tältä taajuusalueelta.
- Näillä näkymin ei ole odotettavissa, että uusia matkapuhelinoperaattoreita (jotka rakentaisivat oman fyysisen matkaviestinverkon) olisi tulossa Suomeen lähitulevaisuudessa, joten DNA, Elisa ja Telia olisivat todennäköiset kaistasta kiinnostuneet toimijat.
- On myös mahdollista, joskin ei kovin todennäköistä, että 600 MHz:n taajuutta ei aleta käyttää laajasti 6G-verkossa. Tämä varmaankin selkiytyy lähivuosina, kun mm. 6G-standardointi valmistuu
- Vaikka 600 MHz:n taajuusaluetta ei otettaisi käyttöön jostain syystä 6G-verkossa, niin nykyiset matkaviestinverkko-operaattorit ovat todennäköisesti kiinnostuneita käyttämään ko. taajuusaluetta muille teknologioille (4G ja 5G).
- 6G:n standardoinnissa ja tätä tekniikkaa koskevissa artikkeleissa keskustellaan pääasiassa korkeiden taajuuksien käytöstä 6G-verkossa. 600 MHz:n yleisemmästä käytöstä 6G-verkoissa ei ole virallisia päätöksiä, mutta todennäköisesti 6G-verkko pyritään toteuttamaan hyödyntämällä sekä matalia taajuuksia, keskitaajuuksia ja ylätaajuuksia.



contents

1. Johdanto ja yhteenveto
2. Selvityksen tulokset
3. Analyysi ja taustamateriaali
 - 1 Matkaviestinkäyttö
 - 2 Käytettävyys ja hyödyt**
 - 3 Tehokas käyttö ja haasteet
 - 4 Aikataulu
 - 5 Riskit
 - 6 Eri tahojen näkemyksiä



Käytettävyys ja hyödyt

600 MHz tekninen käytettävyys matkaviestinverkoissa

- ✓ **Haja-asutusalueet:** Rajallinen peittovaikutus, mahdollisesti merkittävä lisäkapasiteettina
 - ✓ Haja-asutusalueilla on perusteltu tarve lisätaajuuksille alle gigahertzin alueella, riippumatta teknologiasta tai edes Carrier Aggregation -mahdollisuudesta
- ✓ **Sisäpeitto:** Rajallinen peittovaikutus, taajaan asutuilla alueilla tarve kapasiteettiin jäänee vähäiseksi
 - ✓ Suurin hyöty saavutettaneen lisäkapasiteetin muodossa haja-asutusalueilla sisällä
- ✓ **Tukiasemaratkaisut:** verkkolaitteet 4G- ja 5G-tekniikoille markkinoilla, ei teknistä estettä
 - ✗ Laitteet tukiasemissa joudutaan kuitenkin päivittämään, mikä tarkoittaa merkittävää investointia
 - ✗ **Antennit:** tyypillisesti antennit hankittu olemassa olevien taajuuksien mukaan, eli ei tukea 600 MHz taajuusalueelle
 - ✗ **Radioyksiköt:** uuden taajuusalueen käyttöönotto vaatii uusien radioyksiköiden asentamisen ja kytkemisen. Aikainen käyttöönotto ennen 6G-tekniikan valmistumista voisi johtaa siihen, etteivät radiot ole päivitettävissä 6G-tekniikalle.
 - ✓ Operaattorit todennäköisesti pyrkivät ajoittamaan suuret verkon modernisointityöt teknologiakehityksen mukaan
- ✓ **Päätelaitetuki:** uusimmat päätelaitteet tukevat taajuutta jo merkittävässä määrin, mutta taajuustukea ei välttämättä aktivoida markkinoille, joilla taajuus ei ole käytössä.
 - ✓ n71-taajuudelle (5G) on tuki päätelaitteiden modeemeissa jo melko hyvin olemassa.
 - ✗ Markkinakohtaisia eroja kuitenkin on eri valmistajien laitteiden aktivoidussa tuessa eri taajuusalueille.
 - ✓ Esimerkiksi osa Applen Euroopan markkinoille julkaistuihin puhelimista tukee n71-taajuutta jo vuoden 2021 iPhone 13:sta alkaen
 - ✗ Samsungin Galaxy S –sarjan puhelinten Euroopan markkinan versioissa ei tukea taajuudelle ole ainakaan aktivoitu, mutta P-Amerikan versioissa se on vuoden 2022 Galaxy S22:sta alkaen
 - ✗ EU:n taajuusharmonisointi vaadittaneen taajuustuen aktivoimiseksi laajemmin, mikä voi muodostua esteeksi aikaiselle toteutukselle.
 - ✓ Myös EU:n ulkopuolinen, ITU-alue 1:n kehitys esimerkiksi Saudi-Arabian ajamana voi luontaisesti johtaa päätelaitetuen parantumiseen taajuudelle Euroopassa myös EU-harmonisoinnista riippumatta.
- ✓ **Kapasiteettivaikutus:** merkittävä haja-asutusalueilla, joilla keskitaajuuksien käytettävyys rajallinen
 - ✓ CA-käytöstä riippumatta, tarjoaa lisätaajuus yli kolmanneksen lisäyksen kapasiteettiin matalilla taajuuksilla, mikä voi olla erittäin tarpeellinen harvaan asutuilla alueilla, joissa keskitaajuuksilla ei välttämättä pystytty saavuttamaan riittävää peittoaluetta.



Hyödyt taajuuden käyttöönotosta matkaviestinverkoissa 600 MHz:n merkitys **haja-asutusalueille**

- 600 MHz:n taajuusalue toteutuessaan olisi matalin matkapuhelinverkoille (Elisa, Telia, DNA) allokoitu taajuusalue ja sillä pystytään saavuttamaan paras peitto haja-asutusalueilla.
- 600 MHz:n signaalin kantama ei ole merkittävästi suurempi kuin 700 ja 800 MHz:n taajuuksilla, mutta Suomen kaltaisessa harvaanasutussa maassa se kuitenkin parantaisi jonkin verran peittoa koko maan osalta. Erityisesti, jos 600 MHz saadaan 6G-teknologian maanlaajuisen peiton rakentamisen käyttöön, mahdollistaisi se seuraavan sukupolven 6G-verkoille vähintään yhtä hyvän peiton kuin nykyverkkotekniikoille.
- Yleisesti ottaen Suomessa on varsin hyvä maantieteellinen peitto ja väestöpeitto on lähellä 100 %. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että yhteyksille asetetut laatuvaatimukset täyttyvät kaikilla alueilla mm. yhteysnopeuksien osalta. Tässä mielessä 600 MHz:n kaistalla pystytään parantamaan entisestään signaalin voimakkuutta sekä lisäämään kapasiteettia haja-asutusalueilla.



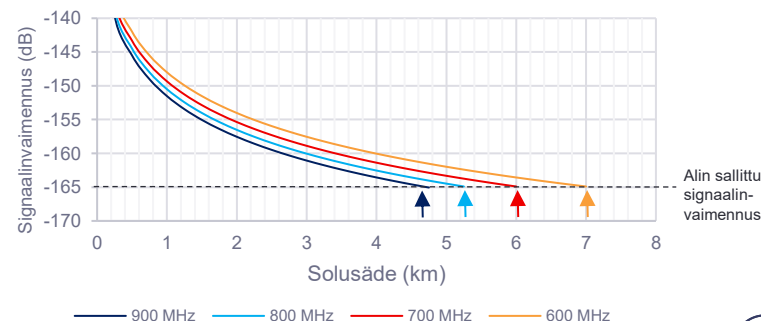
Hyödyt taajuuden käyttöönotosta matkaviestinverkoissa

600 MHz:n merkitys **haja-asutusalueille**: Ulkopeitto

- 600 MHz:n taajuusalueella pystytään saamaan laajempi yleispeitto kuin mitä nykyiset matkaviestinverkoissa (DNA, Telia, Elisa) käytettävät taajuudet pystyvät tarjoamaan. Tämä johtuu siitä, että 600 MHz on alempi taajuus kuin käytössä olevat taajuudet ja näin ollen lähtökohtaisesti sen signaalinvaimennus on vähäisempi kuin korkeammilla taajuuksilla.
- Vapaan tilan vaimennuksen kaavaa käyttäen 600 MHz:n peitto verrattuna muihin alataajuuksiin on esitetty alla olevassa taulukossa.
- Taulukossa on myös esitetty Log-etäisyysmallin (Log-distance path loss model) kaavalla saadut prosenttiluvut, jotka kuvaavat, kuinka paljon pitemmälle 600 MHz:n taajuus ulottuu muihin alle 1 GHz:n taajuuksiin verrattuna.

600 MHz vs alle 1 GHz:n taajuudet	700 MHz	800 MHz	900 MHz
600 MHz:n antama signaalinvoimakkuuden lisäys	1.3 dB	2.5 dB	3.5 dB
600 MHz:n antama solusäteiden lisäys	8–16 %	15–33 %	22–50 %

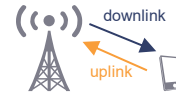
Teoreettiset solusäteet eri taajuusalueilla haja-asutusalueella



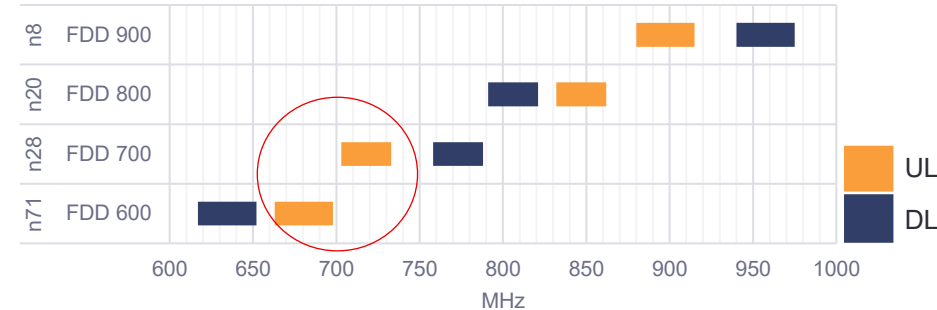
Hyödyt taajuuden käyttöönnotosta matkaviestinverkoissa

600 MHz:n merkitys **haja-asutusalueille**: Ulkopeitto uplink-suunnassa

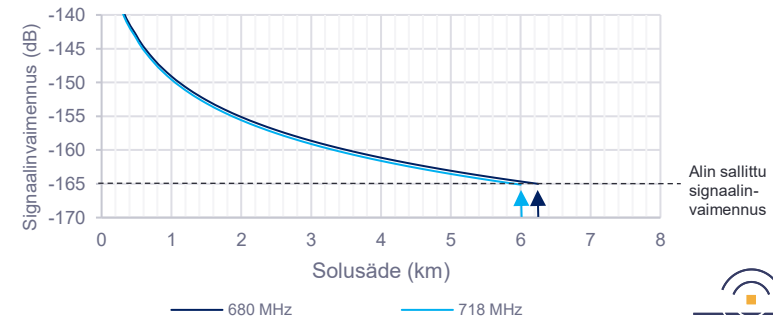
- 600 MHz:n suunnitellulla taajuusalueella uplink-lähetysuunta on sijoitettu ylemmälle taajuudelle kuin downlink-suunta, kun taas 700 MHz:n taajuusalueella uplink on downlink-suuntaa alemmalla taajuudella.
- Matkaviestinverkoissa uplink on yleensä rajoittava suunta etenkin solun säteen kannalta. 600 MHz:n ja 700 MHz:n uplink-taajuusalueet ovat hyvin lähellä toisiaan ja näin ollen 600 MHz:n uplink-signaalin etenemisvaimennus on vain hieman vähäisempi kuin 700 MHz:n taajuusalueen eteneminen eli käytännössä näiltä taajuusalueilta saatava peitto on uplink:n kannalta hyvin lähellä toisiaan.
- Esimerkilaskelma
 - 600 MHz:n uplink-keskitaajuus: 680.5 MHz
 - 700 MHz:n uplink-keskitaajuus: 718 MHz
 - 600 ja 700 MHz uplink-taajuuksien keskimääräinen peittoero on vain noin **0.5 dB**
 - $(= 20 \cdot \log_{10}(718 \text{ MHz} / 680,5 \text{ MHz}))$



Matkaviestinverkkojen matalat taajuusalueet



Uplink-solusäteet haja-asutusalueella



Hyödyt taajuuden käyttöönotosta matkaviestinverkoissa 600 MHz:n merkitys **sisäpeittoon**

- 600 MHz:n taajuuden antama lisähyöty sisäpeitossa (verrattuna muihin alempiin taajuuksiin) on samankaltainen kuin ulkopeittohyöty. 600 MHz:lla saavutetaan siis jonkin verran parempi sisäpeitto kuin muilla alemmilla taajuuksilla.
- 700–900 MHz:n taajuuksiin verrattuna 600 MHz:n tarjoama sisäpeitto on arviolta noin 1–5 dB parempi seinärakenteista ja muista olosuhteista riippuen.
- Kuten ulkopeittotarkastelussa niin uplink-suuntaa tarkasteltaessa 600 ja 700 MHz:n taajuuksien antama peitto on hyvin lähellä toisiaan, sillä näiden taajuuskaistojen uplink-taajuuudet ovat hyvin lähellä toisiaan.
- Sisäpeiton koettuun laatuun vaikuttaa olennaisesti myös taajuusalueella käytettävä tekniikka (esim. 6G) ja sen tarjoamat ominaisuudet (herkkyysrajat yms.)



Hyödyt taajuuden käyttöönotosta matkaviestinverkoissa

600 MHz:n kapasiteettivaikutus

600 MHz tarjoaa mahdollisuuden kasvattaa haja-asutusalueiden kapasiteettia jopa yli kolmanneksella

600 MHz:n taajuuden käyttöönotolla saataisiin alueesta riippuen vaihtelevasti lisää kapasiteettia nykyiseen kapasiteettiin verrattuna. 600 MHz:n tarjoamaan kapasiteettiin vaikuttaa se, mitä tekniikkaa kyseisellä kaistalla käytetään, ja kapasiteetin hyödyntäminen siitä, kuinka laajasti päätelaitteet tukevat tätä tekniikkaa.

Hyöty kaupungeissa ja muilla tiheän asutuksen alueilla on rajallinen

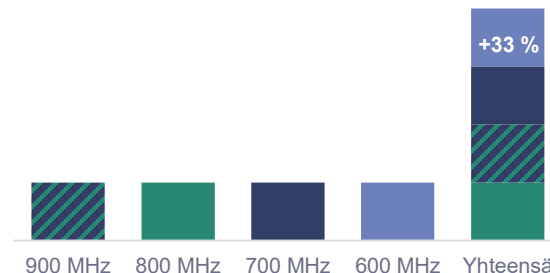
Näillä alueilla 600 MHz:n merkitys on kapasiteettimielessä vähäisempi, koska yleisesti peittoa ja kapasiteettia pystyvät tarjoamaan korkeammat ja leveäkaistaisemmat taajuudet matalien taajuuksien lisäksi. Tällöin 600 MHz:n lisääminen kapasiteettimielessä ei ole kovin merkittävä.

Haja-asutusalueet hyötyisivät eniten

Näillä alueilla 600 MHz:n tuoma kapasiteetin lisäys voi olla merkittävä, koska usein syrjäisillä seuduilla ainoastaan alimmat taajuudet pystyvät tarjoamaan riittävää signaalinvoimakkuutta. Jos esim. alueella kuuluu tällä hetkellä ainoastaan 700 MHz:n taajuusalue, voidaan 600 MHz:n lisäämisellä alueen kokonaiskapasiteettia lisätä huomattavasti.

600 MHz ei välttämättä lisää yksittäisen käyttäjän kokemaa huippunopeutta, mutta sen sijaan se kasvattaa kokonaiskapasiteettia ja siten mahdollistaa paremmat yhteydet kaikille alueen käyttäjille. Käyttäjän maksiminopeuksien parantuminen 600 MHz:n myötä riippuu myös siitä, mitä tekniikoita eri taajuuksilla käytetään ja miten eri taajuusalueita ja tekniikoita voidaan yhdistää.

Taajuuskapasiteetti <1 GHz:n taajuuksilla



600 MHz:n käytettävyys matkaviestinverkoissa

Standardoinnin tila ja vaikutus tekniikan saatavuuteen ja toteutettavuuteen

3GPP:n teknologiastandardointi ohjaa laitteiden kehitystä ja varmistaa yhteensopivuuden verkko- ja päätelaitteiden välillä, valmistajasta ja toteutusmaasta riippumatta.

3GPP:n standardointia taas ohjaavat suuret markkinat (kuten Yhdysvallat), suuret operaattoriryhmät, sekä myös laitevalmistajat.

Teknologiastandardit 600 MHz:n taajuudelle ovat olleet olemassa jo pitkään Yhdysvaltain ajamana, ja taajuudelle on sen seurauksena kehittynyt toimiva verkko- ja päätelaite-ekosysteemi.

600 MHz		
Mukana standardissa vuodesta 2018 lähtien	→ Verkkolaitteet ja -tekniikka olemassa → Päätelaitetuki mahdollinen	✓ ✓
6G		
Ensimmäinen 6G-standardi odotettavissa 2028	→ Ensimmäiset verkko- ja päätelaitteet 2020-luvun lopulla → Laaja 6G-verkkojen rakentaminen 2030-luvulla	→ →
Matalien taajuuksien yhdistäminen		
Mukana vuodesta 2018 lähtien	→ Verkkolaitetuki olemassa → Käytännössä päätelaitetuki vielä vähäinen	✓ →



600 MHz:n käytettävyys matkaviestinverkoissa Suomessa

Verkkolaitteisiin investoitava taajuuden käyttöönottamiseksi

Verkkolaitteet 600 MHz:n taajuusalueelle kehitetty ja saatavilla laitevalmistajilta kysynnän seurauksena

6G-verkkojen rakentaminen Euroopassa pääsee vauhtiin 2030-luvun alussa. Verkkojen rakentamisessa käytettäneen useita taajuusalueita, joista varteenotettavimmat ovat 600 MHz:n ja yli 6 GHz:n taajuudet.

- ☒ Verkkolaitteet taajuusalueelle ovat olleet saatavilla Yhdysvaltain markkinoille jo pitkään. 6G-laitteiden saatavuus 600 MHz:n taajuusalueelle on todennäköistä jo ensimmäisten kaupallisten laitteiden toteutusten aikaan.
- ☐ Koska taajuusalue ei ole vielä Euroopassa mobiilikäytössä, ei laitteille ole vielä harmonisoitua standardia, mikä vaikuttaa kaupalliseen käyttöön EU-maissa.

Suomessa käytössä olevat operaattoreiden tukiasemalaitteistot eivät pääsääntöisesti tue 600 MHz:n taajuutta.

Uusien tekniikoiden ja taajuusalueiden käyttöönotto merkitsee usein tukiasemilla olevien laitteiden päivittämistä tai uusimista. Jos tässä yhteydessä vaihdetaan myös laitteiden toimittajaa tarvitaan usein koko tukiaseman laitteiston uusimista. Nykyiset operaattorien käyttämät antennit eivät yleensä tue 600 MHz:n taajuusaluetta, joten 600 MHz käyttöönoton yhteydessä nykyiset antennit pitää yleensä vaihtaa tai lisätä antennoja, jotka tukevat 600 MHz:n taajuusaluetta. Myös mahdollisesti käyttöönotettavan 6 GHz:n taajuuskaista vaatii antennien uusimista tai uusia antennoja. Esimerkiksi 5G-verkon 3,5 GHz:n taajuusaluetta varten käytettävät antennit ovat pääsääntöisesti erillisiä aktiiviantenneja.

- ☐ Sekä antennit, että radioyksiköt 600 MHz:n taajuudelle vaativat tukiasemalaitteiston uusimista.
- ☐ Tapauskohtaisesti voidaan tarvita lisäkapasiteettia tai muun laitteiston uusimista 600 MHz:n taajuusalueen käyttöönottamiseksi.

Ennen maanlaajuisen rakentamisen aloitusta on taajuuden ja laitteiston oltava saatavilla kaupalliseen käyttöön

Laitteiden saatavuuteen ja toteutusaikatauluun vaikuttavat EU-tason harmonisointipäätökset. Vaikka teknisesti laitteet ovat olemassa, ei kaupallisia toteutuksia voitane rakentaa ennen taajuusharmonisointipäätöstä ja direktiivin mukaisesti markkinoille saatettuja laitteita.

Operaattoreiden uuden taajuuden / tekniikan toteutusaikatauluun vaikuttavat useat tekijät, kuten laitesaatavuus, peittoaluevaatimukset, kysyntä, sekä laiteinvestointien suuruus. Taajuuksien jaon jälkeen operaattorit vielä kilpailuttavat laitehankinnat ja neuvottelevat laitetoimittajien kanssa hankinnan ehdoista ennen laitteiden hankintaa ja rakentamisen aloitusta.



600 MHz:n käytettävyys matkaviestinverkoissa Suomessa

Antennien uusiminen 600 MHz:n käyttöönottoa varten

Tyypillisesti mitä matalampi taajuus, sitä suurempi antenni vaaditaan

- 600 MHz:n taajuusalue saattaa asettaa vaatimuksia antennien minimikoolle riittävän peiton tarjoamiseksi.
- Kaupunkikohteet: Antennien suuri koko saattaa aiheuttaa asennus- sekä luparajoitteita
- Mastokohteet: antennien paino ja suurempi tuulikuorma saattavat aiheuttaa asennusongelmia ja -rajoituksia.

Antenneja on kehitetty markkinoiden tarpeisiin

Suurilta antennivalmistajilta (Huawei, Andrew, Ericsson, PROSE) löytyy portfolioistaan 600 MHz:n aluetta tukevia antenneja. Pääosin laitteet ovat olleet tarkoitettu Amerikan markkinoille (ITU-alue 2), tukien 600, 700 ja 850 MHz:n taajuuksia. Myös ITU-alueelle 1 soveltuvia antenneja 600 MHz:n tuella löytyy.

Taulukoihin on kerätty vertailtavaksi kahden suuren antennivalmistajan antennipareja (sama sarja tai samankaltainen), joista ensimmäisen taajuusalue alkaa 700 MHz:stä ja toisen 600 MHz:stä. Yli 1 GHz:n taajuuksien vahvistusarvot on jätetty pois tarkastelusta, vaikka kyseisten antennien taajuusalue ulottuu myös keskitaajuuksille. Antennivahvistus 600 MHz:n alueella on 0,6–0,7 dB heikompi kuin vahvistus saman antennin 700 MHz:n alueella. 600 MHz:n antennivahvistus on pääasiassa myös heikompi kuin vertailuparin toisen antennin 700 MHz:n alueen vahvistus. Vanhempaan malliin (vain Ericsson) verrattaessa havaitaan kuitenkin, että samankokoisten antennien vahvistus on myös voinut kehittyä.

Laajempi taajuusalue vaikuttaa antennivahvistukseen, mutta tekniikka myös kehittyä jatkuvasti

Tyypillisesti antennivahvistus heikkenee siirryttäessä alemmille taajuusalueille: antennivahvistus 600 MHz:n alueella on noin 0,6 dB heikompi kuin vahvistus saman antennin 700 MHz:n alueella

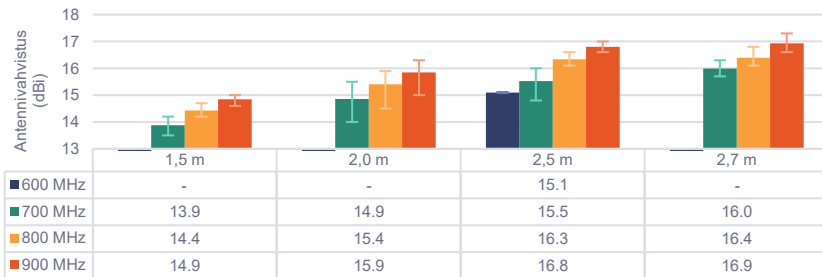
- samankokoisia antenneja käytettäessä käytännössä menetetään matalamman taajuuden peittoetu (+0.5 dB) heikommalla antennivahvistuksella (-0.6 dB) myötä
- antennivahvistusta voidaan kuitenkin parantaa siirtymällä käyttämään suurempia antenneja, mutta paikkakohtaisesti tämä ei välttämättä ole aina mahdollista.

Ericsson		antennivahvistus (dBi)		
Antennityyppi	korkeus (m)	600 MHz 617-698	700 MHz 698-806	850 MHz 824-894
4001 2L 2M*	2.4		14.8	15.9
4002 2L 2M	2.4		15.7	16.4
4003 2L 2M	2.4	15.1	15.8	16
4200 2L 4M*	2.4		14.8	15.9
4800 2L 4M	2.4	15.1	15.7	15.8

*vanhempi antennimalli

Huawei		antennivahvistus (dBi)				
Antennityyppi	korkeus (m)	600 MHz 617-698	700 MHz 690-803	800 MHz 790-862	850 MHz 824-894	900 MHz 880-960
ATR4518R6v06	2.0		15.6	15.9	16	16.1
ATR4518R28v06	2.1	15.2	15.8	16.2		
AOC4518R8v06	2.1		14.8	15.1	15.3	15.6
AOC4518R11v06	2.1	14.3	14.9	15.4		
ASI4518R39v07	2.0		15	15.2	15.4	15.5
ASI4516R0v07	2.1	14.3	14.9	15.4		

Antennin koon vaikutus antennivahvistukseen
(esimerkki yhden antennivalmistajan portfolioista)



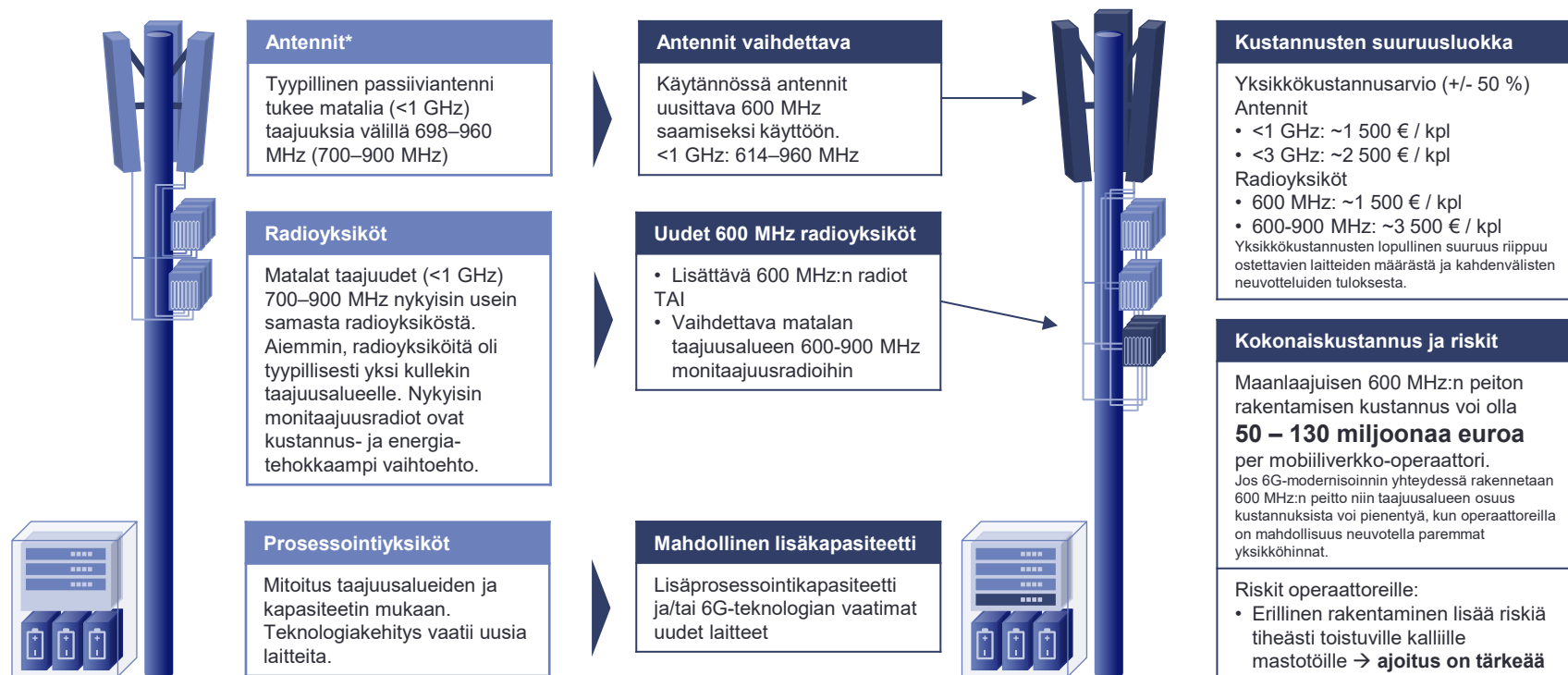
600 MHz:n käytettävyys matkaviestinverkoissa Suomessa

Tukiasemaratkaisut 600 MHz:n taajuusalueen käyttöönottamiseksi

Mobiiliverkkojen nykytila

600 MHz:n taajuusalueen käyttöönotto

Kustannus & aikataulu



* Tyypillisesti mastoissa on nykyisin passiivantennit, jotka kattavat sekä matalat, että keskitaajuuudet (1–3 GHz). Harvaan asutuilla alueilla ei välttämättä ole kuin <1 GHz:n antenni. Koko antenni on uusittava 600 MHz:n käyttöönottamiseksi. Antennit uusittiin viimeksi 700 MHz käyttöönoton yhteydessä. Kiinteistötukiasemissa ja joissain mastoissa voi vielä olla jonkin verran erillisiä antennia matalille ja keskitaajuuksille.



600 MHz:n käytettävyys matkaviestinverkoissa Suomessa

Mahdollinen verkon rakentamisen toteutusaikataulu

Operaattoreiden uuden taajuuden / tekniikan toteutusaikatauluun vaikuttavat useat tekijät, kuten laitesaatavuus, peittoaluevaatimukset, kysyntä, sekä laiteinvestointien suuruus. Taajuuksien jaon jälkeen operaattorit vielä kilpailuttavat laitehankinnat ja neuvottelevat laitetoimittajien kanssa hankinnan ehdoista ennen laitteiden hankintaa ja rakentamisen aloitusta.



5G-testikäyttö

Taajuuden vapautuessa TV-käytöstä, voi taajuudelle olla kysyntää esimerkiksi 5G- ja 6G-testikäyttöön. Tämä mahdollistaisi sen, että operaattorit voisivat yhdessä laitevalmistajien kanssa selvittää taajuuden käytettävyyttä ja yhteistoimintaa muiden taajuuksien kanssa, sekä testata mm. 6G-kehitykseen liittyvää toiminnallisuutta.

Ennen harmonisointipäätöksiä taajuus voitaneen osoittaa testikäyttöön

6G-laitteet

6G-laitteiston saatavuus 600 MHz:n taajuudelle seurannee pian 6G-standardin valmistumisen jälkeen. 600 MHz:n laitteiston saatavuuden aikatauluun vaikuttavat mm. harmonisointityö ja -päätökset, näkymät taajuuden saatavuudelle Euroopassa ja muualla maailmalla.

Taajuuden jako kaupalliseen käyttöön EU-harmonisointipäätösten jälkeen

Laajamittainen rakentaminen

Laajamittainen 600 MHz:n laitteiston asentaminen verkkoon odottanee taajuuden osoittamista kaupalliseen käyttöön.

- Tyypillisesti laajat verkon modernisointityöt pyritään ajoittamaan siten, että niiden yhteydessä tehdään merkittävät mastotyöt seuraavaksi 5-10 vuodeksi.
- Operaattorit pyrkivät välttämään mastotöitä vaativien uusien investointien tekemistä tiheään.

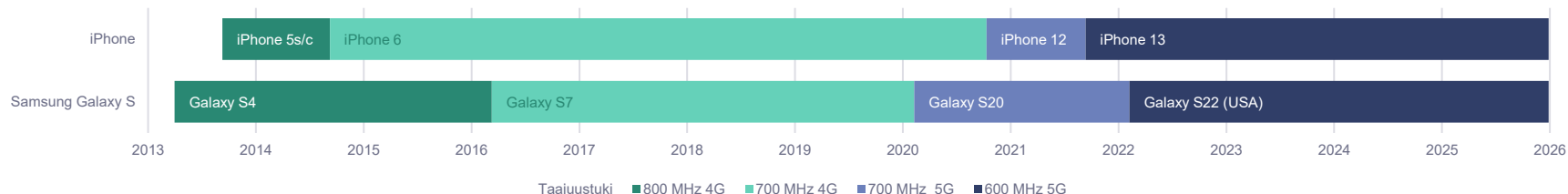
Maanlaajuisen 600 MHz -peiton rakentaminen vienee vähintään 2-3 vuotta aloituksesta.



600 MHz:n tuki päätelaitteissa

Päätelaitteiden tuki 600 MHz:lle on usein markkina-aluekohtainen

- Merkittävien 600 MHz:n päätelaitetukea rajoittava tekijä on kysyntä, taajuusharmonisointi ja asianmukainen markkinoille saattaminen
 - Laitteiden komponentit saattavat tukea taajuutta, mutta tukea ei aktivoida markkina-alueille, joissa taajuus ei ole osoitettu mobiilikäyttöön. 600 MHz:n tuki on nykyään laajasti sisäänrakennettu uusimpiin modeemiipiireihin, mutta sitä ei ole aktivoitu suuressa osassa Euroopassa myytävistä päätelaitteista.
- Kaikilta suurilta päätelaitevalmistajilta löytyy taajuutta tukevia puhelimia¹
 - Amerikan markkinoille (ITU-alue 2) tarkoitetuissa puhelimissa on yleisesti tuki 600 MHz:n taajuudelle, koska kyseistä taajuutta käyttävät ainakin useat pohjois-amerikkalaiset matkapuhelinoperaattorit.
 - Euroopan markkinoille (ITU-alue 1) tarkoitettujen päätelaitteiden ei yleensä vielä tue 600 MHz:n taajuutta. Saudi-Arabian (ITU-alue 1) kysyntä voi vauhdittaa tuen kehittämistä myös Euroopassa.
 - Voidaan kuitenkin olettaa, että 600 MHz:n taajuus päätelaitteissa on laajasti saatavilla siinä vaiheessa, kun Euroopassa mahdollisesti aletaan laajemmin käyttää 600 MHz:n taajuusalueita matkaviestinverkoissa (2030-luku) **EU:n taajuusharmonisoinnin jälkeen**.
- Esimerkiksi kahden markkinajohtajan, Applen ja Samsungin, laitteista on tyypillisesti erilliset versiot eri markkina-alueille, mutta jotkut päätelaitevalmistajat eivät erottele puhelimiaan eri markkinoille:
 - Apple: osassa Euroopan markkinoille tarkoitetuissa malleissa on ollut tuki 600 MHz:n kaistalle, iPhone 13:sta alkaen. Pääsääntöisesti kuitenkin tuki taajuudelle on ollut Pohjois-Amerikan versioissa.
 - Samsung: tuki 600 MHz:n taajuudelle laajasti saatavilla vuodesta 2022, mutta ensisijaisesti vain Yhdysvaltain markkinoille julkaistuissa laitteissa.
 - Muut: Google Pixel, 2020 alkaen tuki 600 MHz:lle ja OnePlus, 2022 alkaen Euroopan malleissa



Päätelaitteiden tuki matalien taajuuksien yhdistämiselle

Alle gigahertsin taajuuksien CA (carrier aggregation)

- Yleisimmin päätelaitteissa käytetään nykyään CA-yhdistelmänä yhtä alle 1 GHz:n taajuutta yhdessä ylempien keskitaajuuksien kanssa
 - 600 MHz:n taajuusalue yhdessä yli 1 GHz:n keskitaajuuksien kanssa on määritelty mahdolliseksi kombinaatioksi
 - CA-yhdistelmiä, joissa 600 MHz:n taajuus on yhtenä komponenttina, on toteutettu mm. Amerikan markkinoilla. CA on tällöin toteutettu ainakin neljän taajuuden yhdistelmänä.
- Useiden alle 1 GHz:n taajuuksien käyttäminen CA-yhdistelmänä on hankalampaa
 - Matalat taajuuskaistat ovat lähellä toisiaan (600–900 MHz), ja niiden antenni- ja RF-suotimet vuotavat helposti toistensa kaistoille.
 - RF-etupään (antenni, suodatus, PA/LNA) monikaistainen toteutus matalilla taajuuksilla on kallista eikä usein kovinkaan tehokasta.
- Tällä hetkellä monet markkinoilla olevat päätelaitteet tukevat kuitenkin jo kahden alataajuuden yhdistämistä. Tyypillisesti tuettu yhdistelmä on 700 + 800 MHz.
 - Tämän yhdistelmän tuki on todennäköisesti seurausta siitä, että 4G ja 5G ovat ensimmäiset yhteistoimintaan suunnitellut tekniikat ja nk. pioneeripeittotaajuuksien yhdistämiselle on ollut kysyntää, että 5G 700 MHz saadaan käyttöön myös muualla kuin vain keskitaajuuksien peittoalueilla.
- 600 MHz:n CA-yhdistelmiä muiden alle 1 GHz:n taajuuksien kanssa ei ole määriteltynä ETSI:n julkaisussa¹ vuodelta 2024.
 - CA-yhdistelmien kehitys on kuitenkin nopeaa ja todennäköisesti 600 MHz + muu alle 1 GHz:n taajuus -yhdistelmiä saadaan toteutettua lähivuosina, etenkin jos taajuutta kaavallaan 6G-taajuudeksi ja ensivaiheen 6G-verkkoja toimimaan 5G-verkkojen kanssa yhdessä.



Päätelaitteiden tuki matalien taajuuksien yhdistämiselle

Tuki 700 ja 800 MHz:n taajuuksien yhdistämiselle on jo monessa puhelimessa

- Tuetuista taajuuksien yhdistelmistä ei tyypillisesti ole tietoa laitevalmistajien teknisissä kuvauksissa. Useista tyypillisistä puhelimista tietoa on saatavilla kuitenkin vaihtoehtoisissa lähteissä¹, joita kerätään käyttäjien avulla.
- Esimerkiksi Applen iPhone-malleissa ei tiettävästi ole tuettuna <1 GHz:n taajuuksien yhdistelmiä.
- Monen muun puhelinvalmistajan malleissa, ml. Google Pixel, Huawei Mate, OnePlus, Samsung Galaxy S-sarja, sekä Xiaomi, on tuki matalien taajuuksien yhdistelmille ollut mukana jo useamman vuoden.

Esimerkkejä	Modeemi	<1 GHz CA-tuki	4G CA	4G+5G EN-DC	5G SA
Apple iPhone 15 Pro (2023)	Snapdragon X70	Ei tukea			
Google Pixel 7 Pro (2022)	Shannon 5300	700 + 800 MHz 800 + 900 MHz	B28+B20 B20+B8+B...	B20+B/n...+n28 B20+B8+B/n...	
Huawei Mate 40 Pro (2020)	Kirin 9000	700 + 800 MHz	-	B20+n28	
OnePlus 10 Pro (2022) OnePlus 11 (2023)	Snapdragon X65 Snapdragon X70	700 + 800 MHz	B28+B20	B20+B...+n28	n28+n20 n28+n20
Samsung Galaxy S22 (2022) Samsung Galaxy S23 (2023)	Shannon 5133 Snapdragon X70	700 + 800 MHz	-	B20+n28	
Xiaomi 12 (2022)	Snapdragon X65	700 + 800 MHz	B28+B20	B20+n28	n28+n20



Taustaa tekniikoiden yhteistoiminnasta

Peiton rakentamiseen voidaan käyttää monia taajuuksia, mutta 600 MHz olisi ihanteellinen 6G:lle

Jos 6G-tekniikka toimii jo alkuvaiheessa itsenäisenä tekniikkana, on 6G:lle tarkoitetun peittotaajuuden merkitys sitä tärkeämpi.

5G on toiminut alusta asti 4G:n kanssa yhdessä (non-standalone, NSA). NSA-verkoissa 5G tarjoaakin vain lisäkapasiteettitaajuuksia 4G-taajuuksien lisäksi. 5G standalone (SA) verkoille onkin tärkeää, että on mahdollisuus käyttää tekniikalle omistettua (peitto-)taajuutta, niin 5G:n ominaisuudet saadaan laajalti käyttöön.

Taajuuksien dynaaminen yhteiskäyttö (dynamic spectrum sharing, DSS) on mahdollistanut myös taajuuksien jakamisen 4G- ja 5G-tekniikoiden välillä, mutta tämä ei ole teknisesti tehokas ratkaisu, koska kahden tekniikan yhteiskäyttö vähentää hyödynnettävissä olevaa kokonaiskapasiteettia.

6G:n myötä dynaaminen taajuusjakokin kehittyy, mutta omistettu taajuus mahdollistaa silti teknisesti tehokkaamman taajuuskäytön.

5G NSA	5G SA	DSS	6G
4G peitto + 5G kapasiteetti	Itsenäinen 5G-verkko, joka toimii ilman 4G- verkkoa	5G tekniikka 4G- taajuuksilla	Toteutus avoin
Mahdollistanut 5G-kapasiteetin hyödyntämisen ilman kattavaa peittoa	Mahdollistaa 5G-ominaisuuksien täyden hyödyntämisen	Sallii taajuuden jakamisen 4G:n ja 5G:n välillä, mutta taajuuskäytön tekninen tehokkuus vain noin 80 %	Mahdollisesti tehokkaampi yhteistoiminta 5G:n kanssa tai dynaaminen taajuusjako
Tehokkaampi tekniikan hyödyntäminen 5G-tekniikan vielä kehittyessä	Kattava 5G-peitto vaatii matalan taajuuden: 700 MHz:n rakentaminen mahdollistaa itsenäisen 5G-verkon	Käytännössä toimiva ratkaisu vain tilanteissa, jossa operaattoreilla on puutetta taajuuksista ja 5G- pääteleitekanta on pieni	Itsenäinen kattava 6G-verkko vaatinee matalan taajuuden
Peitto: 4G 800 MHz	Peitto: 5G 700 MHz	Peitto: 5G 900/800 MHz	Peitto: 6G 600 MHz



contents

1. Johdanto ja yhteenveto
2. Selvityksen tulokset
3. Analyysi ja taustamateriaali
 - 1 Matkaviestintäkäyttö
 - 2 Käytettävyys ja hyödyt
 - 3 Tehokas käyttö ja haasteet**
 - 4 Aikataulu
 - 5 Riskit
 - 6 Eri tahojen näkemyksiä



Tehokas käyttö ja haasteet

Haasteet taajuuden tehokkaalle käytölle

- ❌ **Mahdolliset haasteet TV-käytöstä:** tehokkaan käytön haasteita valtioiden raja-alueiden läheisyydessä siirtymäaikana, joka voi olla pitkä.
 - ❌ Mobiilikäyttö voi häiritä TV-vastaanottoa samoilla taajuuksilla. Tällä hetkellä TV-käyttö on korkeammalla prioriteetilla häiriösuojauksissa.
 - ❌ TV-lähetykset voivat häiritä mobiilikäyttöä.
 - ❌ Valtioiden raja-alueiden koordinointi voi rajoittaa taajuuden käytettävyyttä
 - ❌ Venäjän raja-alueet todennäköisesti rajoitteena pidempään kuin muiden naapureiden
- ✅ **TV-käytön tila:** Länsinaapurissa TV-käyttö vähentynyt, itänaapurin tila on avoin.
 - ✅ **Ruotsi:** TV-kanavien määrä vähentynyt, aikainen 600 MHz:n alueen vapautus mahdollinen.
 - ✅ **Norja:** NKOM on julkisesti todennut pohtivansa taajuusalueen tulevaisuuden käyttöä mobiilille.
 - ❑ **Viro:** Ei indikaatioita 600 MHz:n taajuusalueen muutossuunnitelmista. 700 MHz:n jako mobiilille Euroopan viimeisten joukossa. Aikatauluun vaikuttanee Venäjän kehitys.
 - ❌ **Venäjä:** 700 MHz:n taajuuskin vielä TV-käytössä, todennäköisesti 600 MHz:n vapautus vielä kaukana.



Valtioiden raja-alueiden koordinointi

Mahdolliset koordinoituneuvottelut TV- ja mobiilikäytön mahdollistamiseksi

- Valtioiden raja-alueiden taajuuskoordinointi tulee ainakin osin olemaan haastavaa 600 MHz:n taajuuksista sovittaessa. Vaikka tämän taajuusalueen harmonisoinnissa saataisiin päätös aikaan, niin eri valtioiden siirtymäaikatauluissa saattaa olla merkittäviä eroja. Jotkut valtiot saattavat vapauttaa kaistan matkaviestinverkkojen käyttöön nopealla aikataululla, mutta toiset valtiot saattavat siirtää kaistan pois TV-käytöltä vasta myöhemmin.
- Koordinointineuvotteluja on tärkeätä käydä myös niiden valtioiden kanssa, jotka eivät ole poistamassa TV-käyttöä 600 MHz:n kaistalta nopealla aikataululla. Tällöin neuvottelujen keskiössä voisi olla TV-käytön vähentäminen ja mahdollisesti matalampien lähetystehojen käyttäminen valtioiden raja-alueilla.
- Erityisesti ongelmia saattaa aiheuttaa taajuuksien koordinointi Euroopan ulkopuolisten valtioiden kanssa. Geopoliittisen tilanteen vuoksi Euroopassa ongelmia voi erityisesti aiheuttaa raja-alueiden koordinointi Venäjän ja Valko-Venäjän kanssa.

Venäjän ja Valkovenäjän
rajanaapurivaltiot Euroopassa



Valtioiden raja-alueiden koordinointi

Mahdolliset käyttörajoitukset mobiili- ja TV-käytön suojaamiseksi

- Alla olevassa taulukossa on esitetty alustavia vähimmäisetäisyyksiä häiriöiden välttämiseksi 600 MHz:n taajuusalueella. Arvot kuvaavat DTT:n ja matkaviestinverkkojen lähettimien ja vastaanottimien vaatimia etäisyyksiä – ei siis vaadittuja etäisyyksiä raja-alueelta.
- Taulukosta huomataan, että varoetäisyydet saattavat muodostua varsin pitkiksi, jos yksi rajavaltio käyttää DTT:tä (TV-käyttö) ja vastaavasti toinen valtio on allokoिनut saman kaistan matkaviestinverkkojen (FDD 600) käyttöön.
- Käytännössä selvästi suurin koordinoitongelma on naapurimaan DTT-palvelun aiheuttama häiriö toisen maan matkaviestinjärjestelmän uplink-suunnalle. Tällöin on tärkeää yrittää koordinoida ainakin uplink-suunnan (esim. 617–652 MHz) käyttämän taajuuskaistan käytöstä rajan molemmin puolin.

- Häiriöetäisyydet¹:

		INTERFERING SERVICE		
		DTT	MOBILE UL	MOBILE DL
INTERFERED SERVICE	DTT	-	< 1 km	50-200 km
	MOBILE UL	200-400 km	-	-
	MOBILE DL	40-90 km	-	-



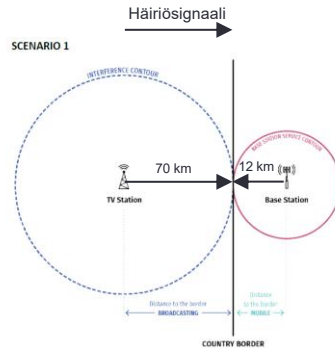
Valtioiden raja-alueiden koordinointi

600 MHz:n rajakoordinointi (kolmannen tahon selvitys)

- Sellaisia valtioiden välisiä rajakoordinointisopimuksia, joissa yksi rajavaltio käyttää 600 MHz:n taajuudella DTT-tekniikkaa ja toinen valtio matkaviestinverkkoja, ei ole juurikaan tehty maailmalla, koska taajuus on tähän saakka ollut pääsääntöisesti DTT-käytössä. Kolumbia tosin on varannut 600 MHz:n alueen matkaviestinverkkojen käyttöön ja käy koordinoitikeskustelua naapurivaltionsa kanssa, joilla on DTT-palvelu allokoituna kyseiselle taajuusalueelle. Neuvotteluiden ratkaisusta ei ole toistaiseksi julkista tietoa saatavilla.
- Konsulttiyhtiö TMG on julkaissut raportin¹, jossa käsitellään laajasti 600 MHz:n taajuusalueen koordinoitua valtioiden raja-alueilla. Raportissa on seuraavanlainen geneerinen laskelma varoetäisyyksistä, kun rajan yhdellä puolella käytetään DTT:tä ja toisella matkaviestinverkkoja.

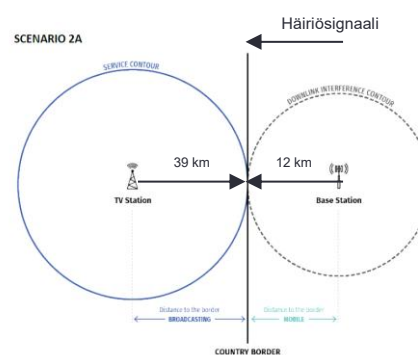
DTT -> MVV UL -häiriö

DTT:n häiriöalueen säde 70 km
MVV:n palvelualueen säde on 12 km.



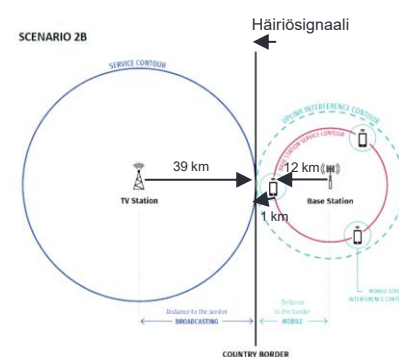
MVV DL -> DTT -häiriö

MVV DL:n häiriöalueen säde 9 km
DTT:n palvelualueen säde on 39 km.



MVV UL -> DTT -häiriö

MVV UL:n häiriöalueen säde 1 km (+12 km MVV DL)
DTT:n palvelualueen säde on 39 km.



Valtioiden raja-alueiden koordinointi

Venäjän rajan koordinointi

- Suomessa on aika ajoin koettu matkaviestinverkoissa häiriöitä, jotka ovat todennäköisesti tulleet Venäjällä sijaitsevista (TV-)lähettimistä
 - Omnitelen ymmärryksen mukaan 700 MHz:n taajuudella koetut häiriöt ovat vähentyneet sen jälkeen kun aiemmin 4G LTE -tekniikkaa käyttäneellä 700 MHz:n taajuusalueella on siirrytty käyttämään 5G-tekniikkaa.
- 5G-tekniikassa on myös käytössä edistyneempiä häiriönhallintatekniikoita, joilla voidaan mm. rajoittaa väliaikaisesti tietyn taajuuskaistan osan käyttöä, jos sillä on havaittu liiallista häiriötä.
- 6G saattaa tuoda mukanaan uusia ominaisuuksia, jolla häiriöitä esimerkiksi raja-alueilla pystytään paremmin hallitsemaan ja vähentämään. Tällaisista ominaisuuksista ei ole kuitenkaan vielä tarkempaa tietoa.
- Yleisesti 600 MHz:n käytön rajakoordinoinnissa voitaneen käyttää pitkälti samoja periaatteita, kun esim. 700 ja 800 MHz:n vastaavanlaisissa tapauksissa. Varoetäisyydet saattavat olla kuitenkin hieman pitempiä, koska 600 MHz:n alueella signaali kantaa pitemmälle kuin korkeammilla taajuuksilla.
- Keskiössä raja-alueiden koordinoinnissa on GE06-sopimus, joka määrittelee mm. television lähetystoimintaan käytettävät taajuudet ja tehot sekä kriteerit, jotka käynnistävät kansainvälisen koordinoinnin, ja tätä kautta luo pohjan häiriöiden hallinnalle valtioiden välillä.



Maanpäällisen television tekninen kehitys

TV-lähetysten historiaa

Historia: analoginen televisio 1950-luvulta lähtien

- Analogiaikana, jokainen kanava vaati oman lähettimensä ja kanavalle varatun leveän taajuuskaistan

2007 Digisiirtymä: tehokkaampi taajuuskäyttö. DVB-T-tekniikan käyttöönotto mahdollisti useamman kanavan lähettämisen yhdessä kanavanipussa samalla taajuuskaistalla, joka aiemmin tarvittiin yhdelle kanavalle.

- Siirtymäaikaana sekä analogi-, että digitaalitelevisiolle oli varattava oma taajuusalue.
- Digisiirtymä mahdollisti 800 MHz:n ja myöhemmin myös 700 MHz:n taajuusalueiden vapauttamisen TV-käytöstä mobiilikäyttöön.

2025 T2-siirtymä (myös “HD-siirtymä”): parempi kuvan ja äänen laatu ja tehokkaampi taajuuskäyttö. DVB-T2-tekniikan käyttöönotto mahdollisti HD-laatuiset lähetykset laajassa mittakaavassa.

- Tekniikka mahdollistaa myös tehokkaamman kanavapakkauksen, joka parantaa entisestään taajuuskäytön tehokkuutta TV-käytössä.
- Siirtymäaikaana (2020–2025) useaa TV-kanavaa lähetettiin sekä SD-laatuisena DVB-T-verkossa, että HD-laatuisena DVB-T2-verkossa. Siirtymän jälkeen DVB-T-kanavaniput suljettiin ja sen seurauksena absoluuttinen taajuustarve on aiempaa pienempi.

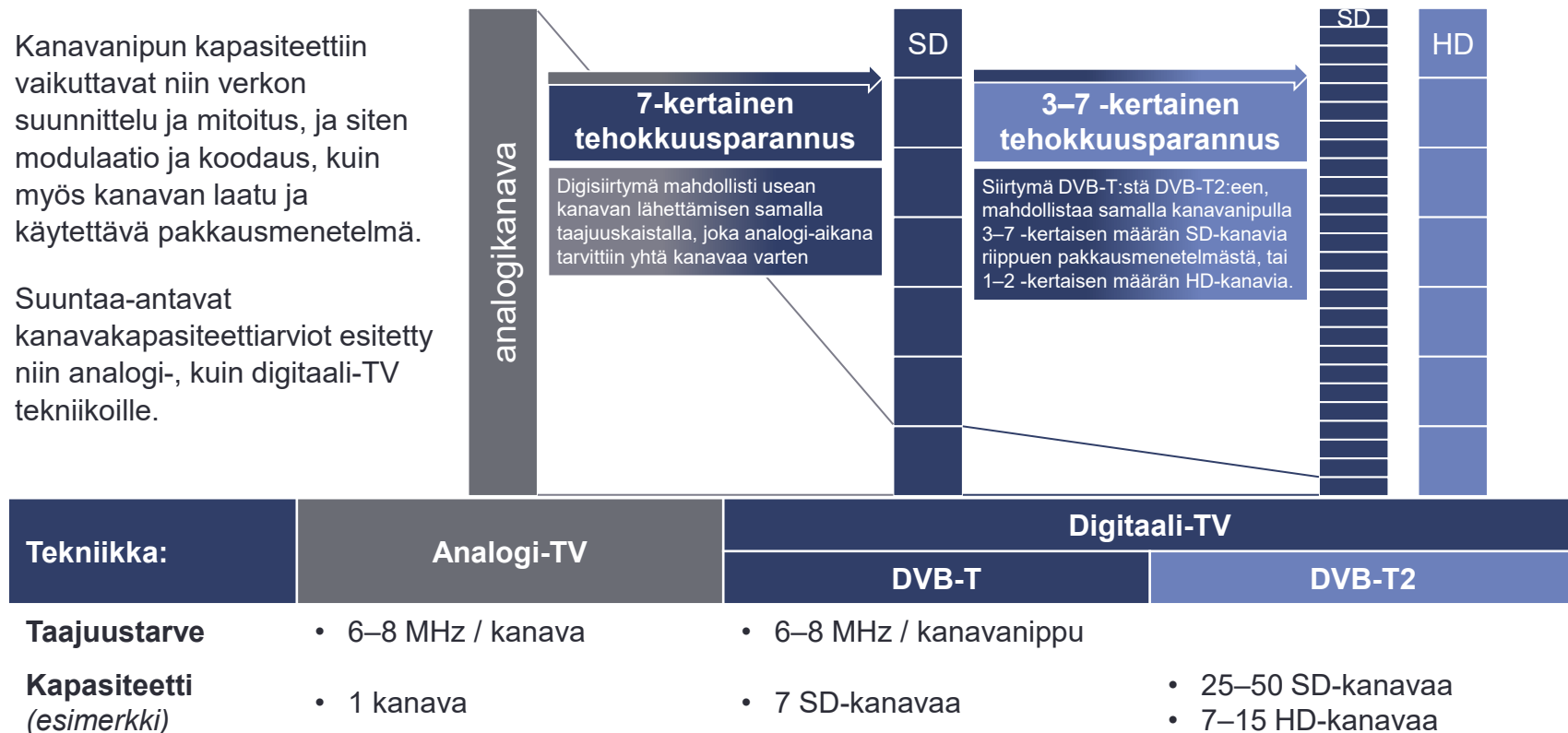


Maanpäällisen television tekninen kehitys

TV-lähetystekniikan kehityksen vaikutus taajuustehokkuuteen

Kanavanipun kapasiteettiin vaikuttavat niin verkon suunnittelu ja mitoitus, ja siten modulaatio ja koodaus, kuin myös kanavan laatu ja käytettävä pakkausmenetelmä.

Suuntaa-antavat kanavakapasiteettiarviot esitetty niin analogi-, kuin digitaali-TV tekniikoille.



TV-käytön tila

Edellytykset 600 MHz:n vapauttamiselle TV-käytöstä

- Kysyntä tv-kanaville on laskusuunnassa on-demand-sisällön kasvattaessa suosiotaan:
 - TV-kanavien tarjonta on vähentynyt digitaalitelevision huippuajoista
- Tekniikan kehitys mahdollistaa kanavien taajuustehokkaamman jakelun:
 - Rinnakkaislähettykset (simulcast) tyypillisiä siirtymäaikana, jolloin taajuuksia tarvitaan molemmille tekniikoille
 - T2-siirtymäaikana Suomessa lähetettiin useita kanavia sekä HD-laatusina, että SD-laatusina, suuren osan 2020-luvusta. Esimerkiksi kansallisen peiton (99.96 % väestöpeitto) A- ja B-kanavaniput lähettivät T2-siirtymäaikana YLE:n kolmea kanavaa, sekä MTV:n ja Sanoman pääkanavia rinnakkaislähettyksinä.
 - T2-siirtymän valmistuttua, on taajuuksien vähentäminen mahdollista.
 - Taajuustehokkuus.
 - Digisiirtymä mahdollisti kanavien pakkaamisen kapeammalle taajuuskaistalle.
 - Teknologiasiirtymä ensimmäisen sukupolven DVB-T:stä toisen sukupolven DVB-T2:een mahdollistaa taajuustehokkuuden parantamisen entisestään.
 - Lisäksi pakkausmenetelmien kehittyminen mahdollistaa useamman kanavan lähettämisen yhdessä kanavanipussa tai laajamittaisen kuvanlaadun parantamisen.





TV-käytön tila Suomessa

Taustaa TV-käytöstä Suomessa

- Vuonna 2024 Antenni-TV:n kanavanippuja oli käytössä kuusi (6), A-F¹
 - Maksu-TV-kanavien lähetykset loppui 31.5.2025², kanavaniput D ja F suljettiin.
 - DVB-T2 siirtymäajan päätyttyä, DVB-T rinnakkaislähettykset lopetettiin 30.6.2025³. kanavanippu A suljettiin ja kanavanippu C siirrettiin DVB-T2 tekniikkaan.
- Lokakuusta 2025⁴ lähtien Antenni-TV:n kanavanippuja on ollut käytössä kolme (3), B, C ja E, jotka kaikki lähettävät vapaasti katsottavia HD-kanavia
 - Valtioneuvoston asetusluonnoksessa⁵ TV-käyttöön varattua taajuuskaistaa on vähennetty 224 MHz:stä (470–694 MHz) 144 MHz:iin (470–614 MHz).

Kanavat	SD / DVB-T	HD / DVB-T2
Vapaasti katsottavat		
Maksu-TV-kanavat		

Kanavanippu	2024	2025	2026	2027
A (99.96 %)		käyttö päättynyt		
B (99.96 %)				
C (90 %)				
D (90 %)		käyttö päättynyt		
E (98 %)				
F (90 %)		käyttö päättynyt		

Kanavat 11/2025

21

vapaasti katsottavaa

0

maksu-TV-kanavaa



TV-käytön tila naapurimaissa

TV-käyttö UHF-alueella (470–694 MHz)

Kehitys:	Analoginen TV	Digisiirtymä	DVB-T	T2-siirtymä (tai “HD-siirtymä”)	DVB-T2
	Kullekin kanavalle oma leveä kaista	Samanaikaiset lähetykset sekä analogisena, että digitaalisena	Analogilähetyksen sulkemisen jälkeen tehokas taajuuskäyttö	Samanaikaiset lähetykset DVB-T ja DVB-T2 –tekniikoilla	DVB-T:n sulkemisen jälkeen jälleen tehokas taajuuskäyttö
Taajuustarve	6-8 MHz / kanava	Analogi- ja digitaali-lähetykset	6-8 MHz / MUX (~7 SD kanavaa)	taajuudet DVB-T + DVB-T2 erikseen	6-8 MHz / MUX (25 SD-kanavaa / 7 HD-kanavaa)
Teknologiatila ¹					
Suomi	-2007	2001-2007	2001-2025	2012-2025*	2012-
Ruotsi**	-2007	2005-2007	1999-	2010-	2010-
Norja	-2009	2007-2009	2007-	-	Ei käytössä
Viro	-2010	2006-2010	2006-	2019-	2019-
Venäjä***	-2019 (2025)	2010-2019	2010-	2015-	2015-

Huomiot

* Suomi: T2-siirtymä oli alun perin suunniteltu päättyväksi jo vuonna 2020.

** Ruotsi: DVB-T2 ei enää käytössä viimeisimmän tiedon mukaan

*** Venäjä: Tiedot julkisissa lähteissä osin ristiriitaisia



Ruotsi

Aikainen 600 MHz vapauttaminen TV-käytöstä mahdollinen



Nykytila

Ruotsin tilanteesta saataneen päivitys ennen vuoden 2025 loppua, koska nykyiset ohjelmistotoimiluvat (1.1.2020–31.12.2025) päättyvät vuoden lopussa ja uusien toimilupien (1.1.2026–31.12.2033) haku on käynnissä

- Tämän hetken tilanne on se, että vain yksi (1) toimija on hakenut toimilupaa¹
- SVT:llä, joka on todennäköinen toimiluvan hakija, on Antenni-TV-jakelussa tällä hetkellä viisi (5) kanavaa

TV4 julkisti elokuussa 2025 päätöksensä lopettaa vapaasti katsottavan antenni-TV-kanavan jakelun DTT-verkossa vuoden 2025 lopussa²

SVT:n ja TV4:n lisäksi Ruotsin antenni-TV-jakelussa on myös ollut Ylen TV Finland

Boxer lopetti maksu-TV-kanavien jakelun DTT verkossa jo vuoden 2025 alusta³

➡ TV-lähetykset maanpäällisessä verkossa kahdessa kanavanipussa: 1) viisi (5) SVT:n kanavaa, 2) kaksi (2) kanavaa, TV4 ja TV Finland.

Tekninen tila ja historia

Ruotsi otti DVB-T2-tekniikan ja HD-lähetykset käyttöön jo 2010, mutta vähentyneen kysynnän (kanavien) myötä jäljellä on mitä ilmeisimmin enää kaksi kanavanippua vanhemmalla DVB-T-tekniikalla. 2010 kanavia oli yhteensä lähetyksessä 47 ja kanavanippuja seitsemän (7).

600 MHz:n taajuusalue

Taajuusalue 470–694 MHz on varattu TV-käyttöön näillä näkymin 31.12.2029 asti, mutta PTS on mm. tehnyt varauksia samalla taajuusalueella toimivien langattomien mikrofoniin lupaehtojen muuttamiselle⁴

Tulevaisuuden näkymät

Kehitys viittaa siihen, että Ruotsissa on mahdollista myös vähentää TV-käyttöön osoitettua taajuuskaistaa.

- SVT:n viisi kanavaa pystyttänee jakamaan jatkossakin yhdessä kanavanipussa.

Kanavat 11/2025

7*

vapaasti katsottavaa

0

maksu-TV-kanavaa

Huomio: *Maksu-TV-kanavien lopettamisen jälkeen on lähetystekniikka jäljelle jääneille vapaasti katsottaville kanaville ilmeisesti DVB-T



Norja

Aikainen 600 MHz vapauttaminen TV-käytöstä mahdollinen

Nykytila

Norjassa 470–694 MHz:n taajuusalue on tällä hetkellä TV-käytössä¹. NTV (Norges Televisjon AS) operoi maanpäällistä TV-verkkoa. Norjan yleisradioyhtiön NRK:n (Norsk rikskringkasting) kanavat (8 kpl) ovat vapaasti katsottavissa maanpäällisessä TV-verkossa yhdessä kanavanipussa. RiksTV tarjoaa myös maksukanavia maanpäällisen TV-verkon välityksellä.

Tekninen tila ja historia

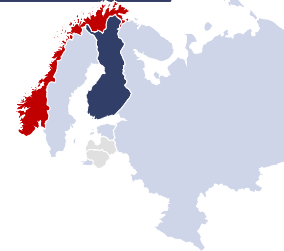
Norja aloitti digisiirtymän 2007, avaamalla DTT-verkon (DVB-T) ja analogilähetykset lopetettiin jo 2009.³ DVB-T2 ei julkisen tiedon mukaan ole käytössä kansallisella tasolla.

600 MHz:n taajuusalue

Nkom:n (Nasjonal kommunikasjonsmyndighet) julkaisemassa taajuuksien hallinnan tiekartassa vuoteen 2030 mennessä³, Nkom pitää olennaisimpana sitä, että osa taajuusalueesta 470–694 MHz, joka on nykyisin TV-, sekä ääni- ja kuvatuotantokäytössä, on käytettävissä mobiiliviestintään vuoden 2030 jälkeen.

Tulevaisuuden näkymät

Norja on suunnittelemassa 600 MHz:n taajuuskaistan siirtämistä matkaviestinverkkojen käyttöön vuoden 2030 jälkeen. Norja näyttäisi pyrkivän seuraamaan kansainvälisiä ja harmonisoituja sopimuksia ja vapauttavan kaistan mobiilikäyttöön 6G:n oletetun rakennusajankohdan mukaisesti. Siksi on välttämätöntä, että otetaan käyttöön kansainväliset määräykset, jotka luovat ekosysteemin näiden taajuusresurssien vaihtoehtoiselle käytölle.



Kanavat 11/2025

10

vapaasti katsottavaa

37

maksu-TV-kanavaa



Viro

Aikainen 600 MHz vapauttaminen TV-käytöstä ei todennäköinen

Nykytila

Virossa TV-käytössä oleva taajuusalue 470–694 MHz

Levira operoi maanpäällistä TV-verkkoa, joka vastaa vapaasti katsottavien kanavien lähetyksestä.

Viron yleisradioyhtiön ERR:n (Eesti Rahvusringhääling) kanavat ovat vapaasti katsottavissa maanpäällisessä TV-verkossa Elisa lähettää maksu-TV-kanavat maanpäällisen TV-verkon välityksellä.

Tekninen tila ja historia

DVB-T ja T2 käytössä, ETV:n kanavat rinnakkaislähetyksessä*. Lopullinen T2-siirtymä (DVB-T:n sulkeminen) lähivuosina¹

600 MHz:n taajuusalue

Samoin kuin Suomessa, on Viron koordinoitava itänaapurin TV-käytön kanssa. Virossa 600 MHz:n taajuuskaista näyttäisi pysyvän toistaiseksi TV-käytössä.²

700 MHz:n osoitus mobiilikäyttöön: 694–790 MHz taajuushuutokauppa käytiin Virossa vasta loppuvuodesta 2022.

Tulevaisuuden näkymät

600 MHz:n taajuusalueen aikainen osoittaminen TV-käytöstä mobiilikäyttöön ei todennäköinen.

Kanavat 11/2025

12 *

vapaasti katsottavaa

27

maksu-TV-kanavaa

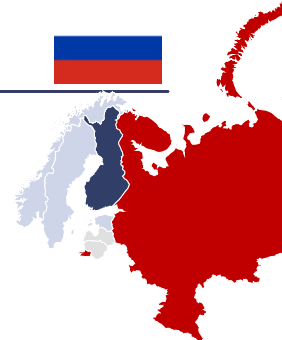
Huomio

* kolme (3) ETV:n kanavaa SD/HD-rinnakkaislähetyksessä, lähetettäviä kanavia 12 kpl, eri sisältöisiä kanavia 9 kpl.



Venäjä

600 MHz todennäköisesti TV-käytössä muita naapureita pidempään



Venäjän TV:n taajuuskäytöstä ja tulevaisuuden suunnitelmista on eri tietolähteissä vaihtelevaa tietoa.

Venäjällä maanpäälliset televisiolähetykset ovat edelleen 470–790 MHz taajuusalueella, eli myös 700 MHz:n alue on vielä TV-käytössä.

- Venäjä on edennyt muita naapurimaita hitaammin myös esimerkiksi TV:n digisiirtymässä, kun analogilähetykset lopetettiin (ainakin suurelta osin) vasta lokakuussa 2019¹, 12 vuotta myöhemmin kuin Suomessa. Osassa maata analogilähetykset ovat ilmeisesti jatkuneet vuoteen 2025 asti.
 - Suomessa digisiirtymä saatiin päätökseen jo vuonna 2007, kun analogiset lähetykset lopetettiin syyskuussa. Suomessa ensimmäiset DVB-T-koelähetykset aloitettiin jo 1997 ja laajamittainen käyttö alkoi 2001.
- Analogilähetysten lopettaminen mahdollistaa taajuuskäytön tehostamisen ja TV-käyttöön varatun kaistan vähentämisen. Aikataulu raahanee kuitenkin Euroopan perässä myös tulevaisuudessa.

Venäjä on paikallisen lähteen² mukaan harkitsemassa 700 MHz:n (694–790 MHz) taajuusalueen vapauttamista TV-käytöstä ja osoittamista mobiiliverkkokäyttöön.

- TV-lähetykset jatkuisivat 470–694 MHz alueella, eli myös 600 MHz:n taajuudella.

Tiedon luotettavuus vaihtelee, mutta maanpäällinen TV lienee edelleen tärkeässä roolissa Venäjällä.

- Venäjä seurannee suurella todennäköisyydellä melko lailla jäljessä Eurooppaa TV-taajuuksien osoittamisessa mobiiliverkkokäyttöön.

Kanavat 11/2025

40 *

vapaasti katsottavaa

0

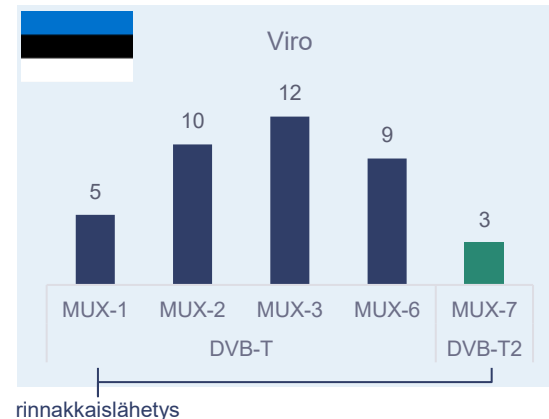
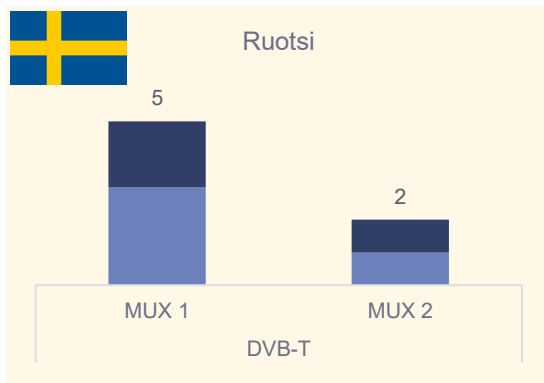
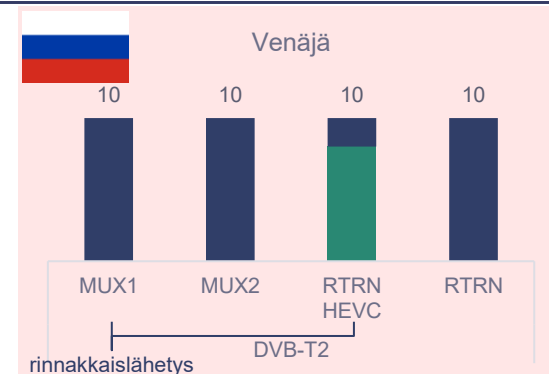
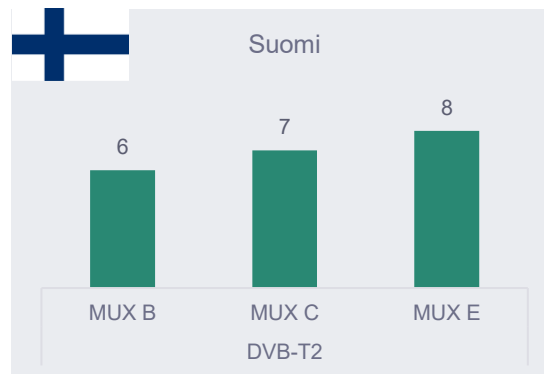
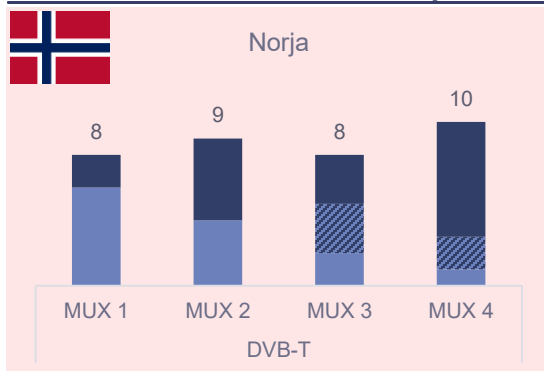
maksu-TV-kanavaa

* 10 kanavaa HD/SD-rinnakkaislähetysinä Moskovan alueella, toiset 10 myös vain Moskovan alueella aikajalla. 20 kanavaa kansallisessa jakelussa.



TV-käytön tila naapurimaissa

Tekniikka, kanavaniput, kanavat ja laatu



Huomio

Tilanne ja kanavamäärä eri kanavanipuissa marraskuussa 2025.



contents

1. Johdanto ja yhteenveto
2. Selvityksen tulokset
3. Analyysi ja taustamateriaali
 - 1 Matkaviestinkäyttö
 - 2 Käytettävyys ja hyödyt
 - 3 Tehokas käyttö ja haasteet
 - 4 Aikataulu**
 - 5 Riskit
 - 6 Eri tahojen näkemyksiä



Aikataulu

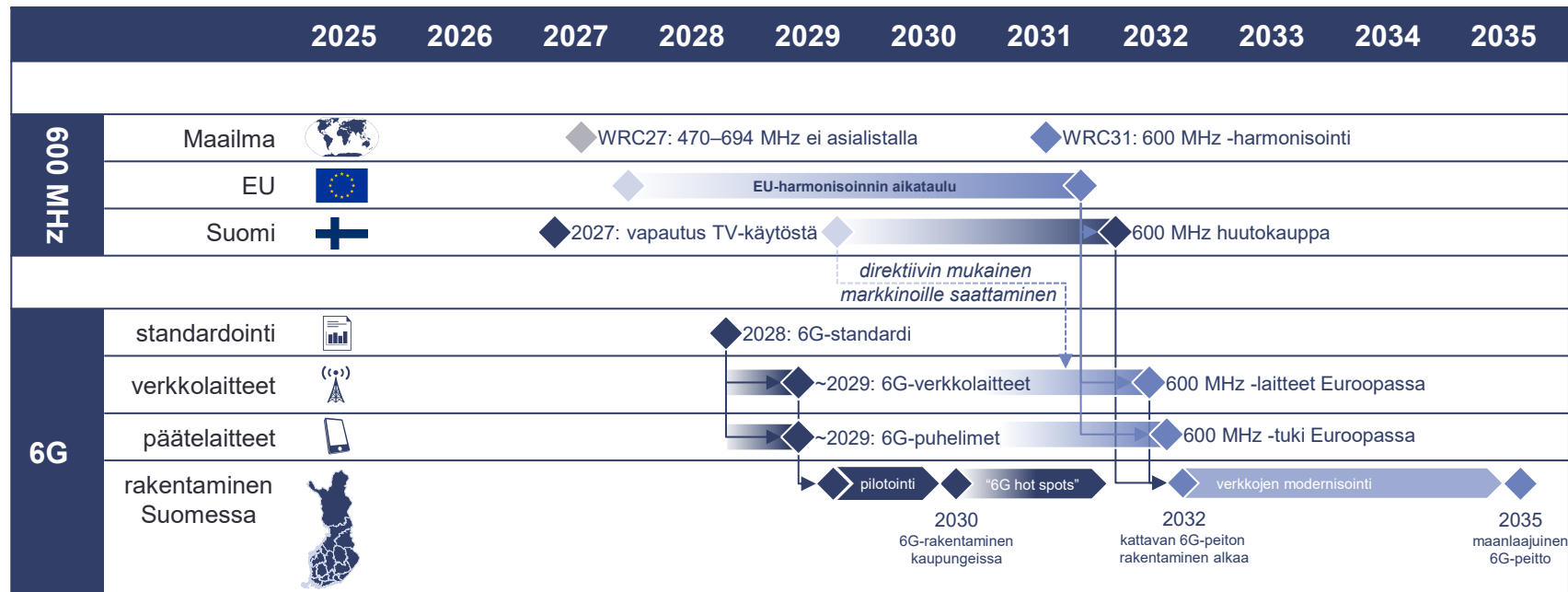
600 MHz operatiivisen käytön aikatauluun vaikuttavat tekijät

- ☒ **Aikataulu:** aikainen käyttö mahdollinen, mutta laitteiden saatavuus vaatii etenemistä taajuusharmonisoinnissa sekä harmonisoitujen standardien valmistelussa
 - ☒ 4G- ja 5G-tuki laitteissa teknisesti mahdollinen, niin verkon kuin päätelaitteiden puolella. Toteutukselle ei ole laiteteknistä estettä, jos laitteet saatetaan direktiivin mukaisesti markkinoille. 6G-standardin valmistuttua myös 6G-laitteet taajuusalueelle kehitettäneen nopealla aikataululla.
 - ☒ Päätelaitetuen alueelliset vaihtelut ja tuen puute Euroopassa seurausta taajuuden käytöstä TV:lle ja matkaviestinverkkokäytön mahdollistavan taajuusharmonisoinnin ja harmonisoitujen standardien puuttuminen
- ☐ **Vaiheet:**
 - ☐ Taajuusarmonisointi ja sen johdosta valmistuneet harmonisoidut standardit ovat edellytys laitteiden saatavuudelle Suomessa, sekä kaupalliselle käytölle.
 - ☐ Taajuusarmonisoinnin jälkeen eri EU-maat suorittavat vapautuksen ja uudelleenjaon todennäköisesti hyvin erilaisin aikatauluin, kuten myös aikaisempien digital dividend –taajuuksien kohdalla.
- ☐ **Keskeiset tahot:** kehityksen ja taajuusharmonisoinnin kannalta keskeisiä tahoja
 - ☐ WRC mahdollistaa kansainvälisen kehityksen
 - ☐ EU-harmonisointia ajamaan tarvitaan suuria Euroopan markkinoita (esim. Saksa ja Ranska)
 - ☐ naapurivaltioiden taajuusviranomaiset ja poliittiset päättäjät
 - ☐ TV-markkina ja kanavakysynnän kehitys vaikuttavat kansallisiin taajuuskäytön suunnitelmiin
 - ☐ Muiden markkinoiden ajama laitemarkkinakehitys, keskiössä USA (ITU-alue 2) ja esimerkiksi Saudi-Arabia (ITU-alue 1)
 - ☐ Merkittävät kansainväliset muut toimijat
 - ☐ Mobiilikäyttöä vastustavat tahot



Aikataulu

Mahdollinen toteutusaikataulu



Keskeinen 600 MHz:n käyttöönottoaikatauluun vaikuttava tekijä on EU-tason taajuusharmonisointi

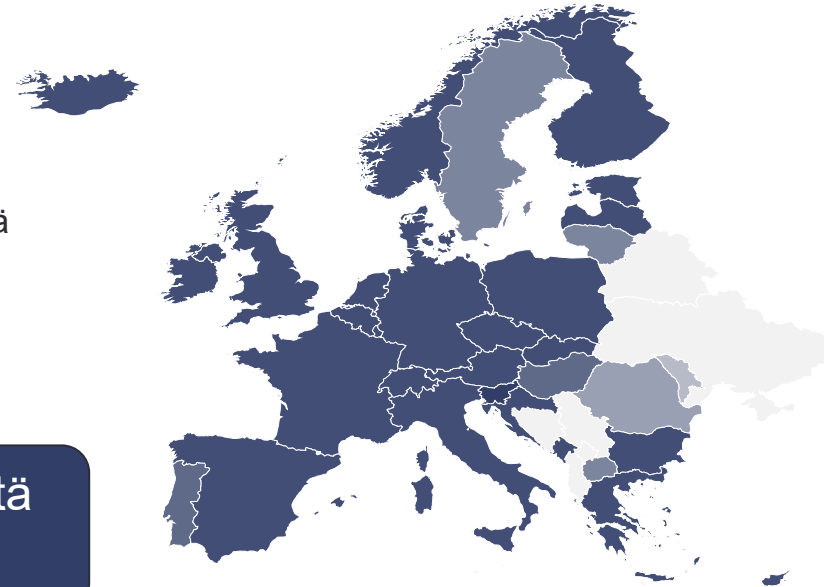
Jos EU-harmonisointi tapahtuu WRC31:n jälkeen, voi 600 MHz:n verkko- ja päätelaitteiden saatavuus 6G-toteutuksiin viivästyä. Ennen EU-tason harmonisointia, ei kaupallinen tai muu laajamittainen toteutus liene todennäköistä. Laitteiden kaupallinen käyttö Suomessa on kuitenkin mahdollista, mutta se edellyttää radiolaitedirektiivin 2014/53/EU mukaisen markkinoille saattamisen. Yhdysvaltain (ITU-alue 2) toteutus ja esimerkiksi Saudi-Arabian (ITU-alue 1) suunnitelmat ohjannevat ratkaisua myös EU:ssa samaan suuntaan. Harmonisointia ajamaan EU-tasolla tarvittaneen suurien markkinoita, kuten Saksa, Ranska, Italia ja Espanja. GSMA on kehottanut toimeksiantoon CEPT:lle työn aloittamisesta.



700 MHz (n28) on edellinen TV-käytöstä vapautettu taajuus

Taajuusalue on saatu osoitettua mobiilikäyttöön lähes koko Euroopassa

- Suomi huutokauppasi taajuuden matkaviestinverkkokäyttöön ensimmäisten joukossa jo vuonna 2016.
- Suuressa osassa Eurooppaa taajuudet huutokaupattiin vuoden 2020 tienoilla.
 - Alkuperäisen EU:n harmonisointiaikataulun mukaan takaraja mobiilikäyttöön vapauttamiselle oli 2020, poikkeuksin 2022.
- Viimeisin 700 MHz:n taajuushuutokauppa käytiin vielä tänä vuonna, kun Puola viimeisenä EU-maana huutokauppasi taajuuden vuoden 2025 alkupuoliskolla.
 - Vain muutama Balkanin valtio ei ole taajuutta osoittanut vielä matkaviestinoperaattoreille.

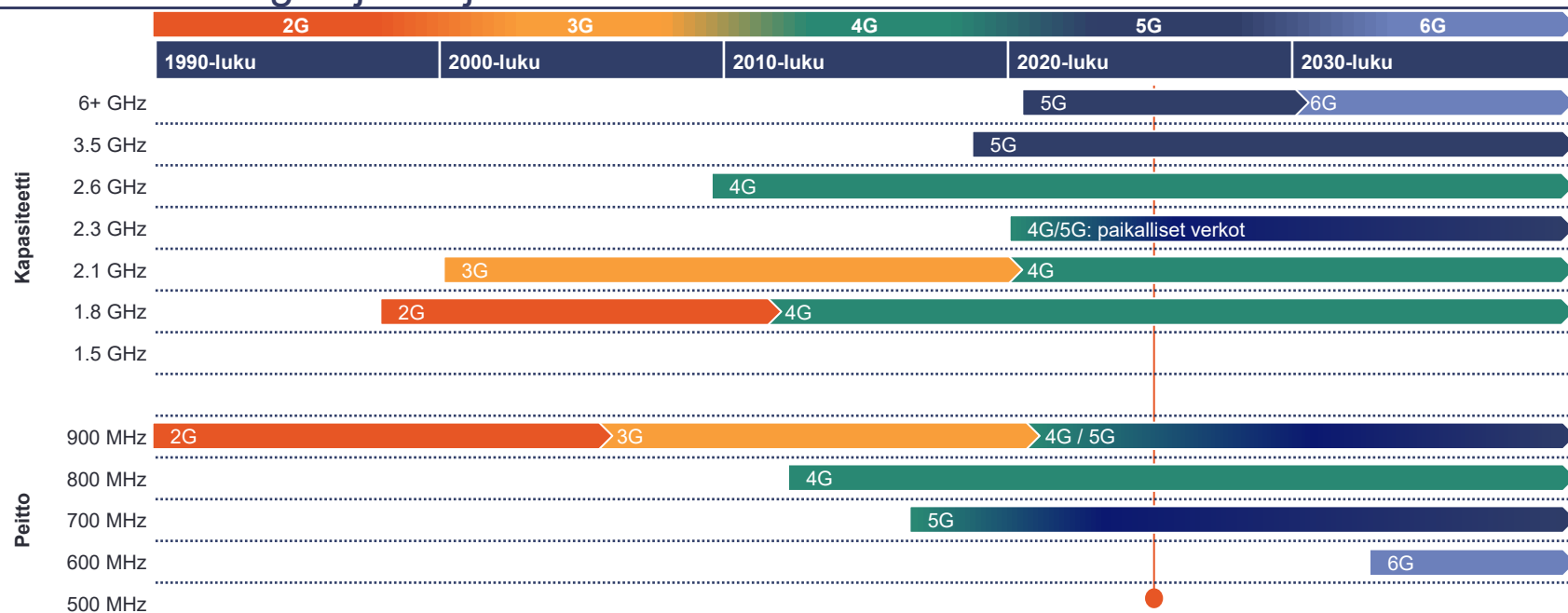


EU:n laajuinen 700 MHz vapautus TV-käytöstä ja jako mobiilikäyttöön kesti **10 vuotta**.



Taustaa taajuuksien ja teknologioiden käytöstä Suomessa

Mobiilitekniikat ja taajuudet

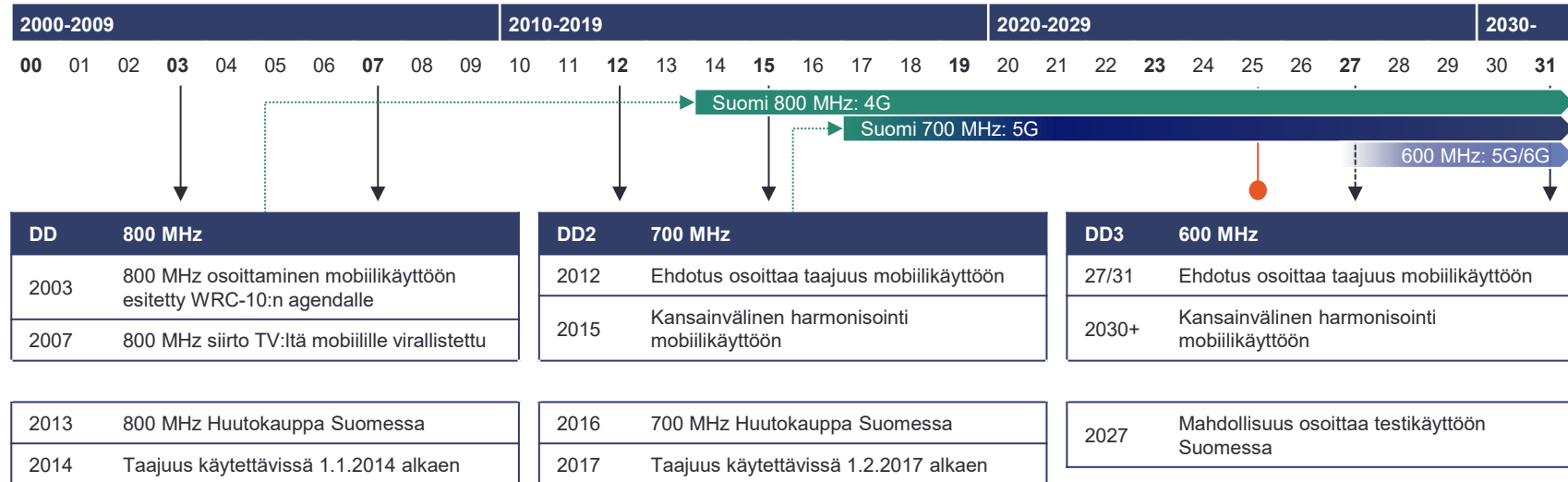


2G	900 MHz pioneiritaaajuutena, 1800 MHz kaupunkiin tarvittavaa lisäkapasiteettia varten. 900 MHz edelleen osin 2G-käytössä Suomessa.
3G	2100 MHz pioneiritaaajuutena, osa 900 MHz taajuudesta otettiin 3G-käyttöön kattavan maanlaajuisen peiton saavuttamiseksi. 3G suljettu Suomessa.
4G	2600 MHz pioneiritaaajuutena, merkittävä rakentaminen kuitenkin 1800 MHz, sekä 800 MHz taajuudella, jotka mahdollistivat kattavan maanlaajuisen peiton rakentamisen.
5G	3.5 GHz ja 700 MHz pioneiritaaajuudet. Hitaan taajuusjakoprosessin takia, monessa maassa päädyttiin rakentamaan 5G:tä muilla taajuuksilla, kun nämä taajuudet eivät olleet saatavilla
6G	Pioneiritaaajuudet vielä päättämättä. Peittoa voitaneen rakentaa millä tahansa alle GHz:n taajuudella. Ensimmäiset työryhmät keskittyneet korkeampien taajuuksien (6+ GHz) käytön pohdintaan.



TV-taajuuksien aikaisemmat osoitukset mobiilikäyttöön

WRC-aikataulu ja Digital Dividend (DD)-taajuudet



Huom: DD-taajuudet ITU Region 1 -alueella (Eurooppa, Afrikka, Lähi-itä ja Keski-Aasia)



6G standardi (3GPP)

6G-verkkojen standardointi ja käyttöönotto Euroopassa

- Ensimmäinen virallinen 6G-standardi (3GPP Release 21) on suunniteltu valmistuvaksi vuoden 2028 lopulla.
- Standardien julkaisemisen jälkeen on vuorossa 6G-testit sekä pilottiverkkojen rakentaminen.
- Ensimmäisten kaupallisten verkkojen rakentamisen arvellaan alkavan vuoden 2029 loppupuolella.
- Laajamittainen 6G-verkkojen rakentaminen tapahtuu todennäköisesti vuosina 2030–2035.
- Suomessa 6G:n käyttöönotto tapahtunee yllä olevan suunnitelman mukaisesti. Suomalaiset matkaviestinverkko-operaattorit ovat yleensä olleet eturintamassa uusien teknologioiden käyttöönotossa, joten todennäköisesti näin tapahtuu myös 6G-verkkojen kohdalla, jos soveltuvat taajuusalueet saadaan käyttöön.



Aikatauluun mahdollisesti vaikuttavat tahot

Taajuuskaistan siirtoa mahdollisesti vastustavat tahot

TV-alan edustajat (esim. EBU)

- Kaistan uudelleenjärjestely voi heikentää toimintaedellytyksiä ja lisätä kustannuksia TV-alalla. Myös peitossa voi tapahtua muutoksia

PMSE-alan toimijat

- Langattomien mikrofoniin yms. käyttö saattaa vaikeutua ja mahdollinen siirtyminen uudelle taajuusalueelle saattaa vaatia uusien laitteiden hankkimista

Laitevalmistajat ja ammattilaislaitteiden toimittajat

- Uusi taajuuskaista voi vaatia uusien laitteiden valmistamista ja tämän johdosta ala voi vaatia pitempiä siirtymäaikoja yms.

Radioastronomia

- Alalla käytettävät laitteet vaativat selkeitä suojavyöhykkeitä ja uudelleenjärjestely voi aiheuttaa ongelmia alan käytännöissä. EU:n lausunnoissa korostetaan tarvetta suojata tällaisten palvelujen toimintaa.

Operaattorit ja operaattoriryhmittymät

- Hintapoliittiset tai taajuuden tarpeisiin liittyvät syyt voivat aiheuttaa painetta taajuuksien jakamisen siirtämiseen.

Käytännössä taajuuskaistan siirron estäminen tai viivyttäminen voi tapahtua esimerkiksi seuraavin tavoin.

- Lailliset valitukset ja oikeusjutut
- Sääntelykuulemisiin kommentit ja lobbaukset
- Poliittinen paine
- Mediakampanjat
- Tekniset argumentit ja vaatimukset suojavyöhykkeistä
- Taloudelliset argumentit



contents

1. Johdanto ja yhteenveto
2. Selvityksen tulokset
3. Analyysi ja taustamateriaali
 - 1 Matkaviestinkäyttö
 - 2 Käytettävyys ja hyödyt
 - 3 Tehokas käyttö ja haasteet
 - 4 Aikataulu
 - 5 Riskit**
 - 6 Eri tahojen näkemyksiä



5 Riskit

Aikaisen käyttöönoton riskit

☐ **Aikaisen käyttöönoton riskit** (käsitellään lähemmin seuraavilla sivuilla)

- ☐ Sääntely- ja yhteentoimivuusriskit
- ☐ Tekninen yhteensopivuus ja häiriöriskit
- ☐ Taloudelliset ja investointiriskit
- ☐ Strategiset ja poliittiset riskit

☐ **Muut tunnistetut riskit**

- ☐ Itärajan rajoitteet ja koordinointi voivat vaikuttaa taajuuden tehokkaaseen käyttöön vielä pitkään, etenkin jos kansainvälisesti TV-käyttöä priorisoidaan matkaviestinkäytön yli myös tulevaisuudessa
- ☐ 6G/600 MHz -teknologiatuki verkkolaitteissa riippuu EU-tason ja kansainvälisen harmonisoinnin aikataulusta: 600 MHz:n mobiilikäytön viivästyminen mahdollista

☐ **Todennäköinen tulevaisuus:**

- ☐ Taajuuden käyttö Pohjois-Amerikassa, sekä suunnitelmat mm. Saudi-Arabiassa ohjannevat myös muita alueita samanlaiseen taajuuskäyttöön, mikä pienentää käytön riskejä



600 MHz:n taajuusalueen aikaisen käyttöönoton riskit

Säätely- ja yhteentoimivuusriskit

1. Säätely- ja yhteentoimivuusriskit

- **EU-harmonisointi puuttuu:** Ilman EU:n radiotaajuuspäätöstä (EU komission täytäntöönpanopäätös) 600 MHz:n taajuusalueen käyttöönottaja toimii kansallisesti, mikä voi myöhemmin olla ristiriidassa EU:n lopullisen harmonisointimallin kanssa (esim. kaistan rakenne, duplex-jaottelu, suojakaistat).
- **Standardit voivat muuttua:** Jos EU ja CEPT myöhemmin määrittelevät eri kaistarakenteen (esim. downlink/uplink-suhde tai duplex-välikaista), aikainen kansallinen toteutus voi jäädä epäyhteensopivaksi.

Riski on pieni. Lopullisen harmonisoinnin voi suurella todennäköisyydellä olettaa noudattavan mobiilistandardin mukaista taajuusjakoa. Riski esimerkiksi varaukselle johonkin muuhun kuin kaupalliseen mobiilikäyttöön on mahdollinen.



600 MHz:n taajuusalueen aikaisen käyttöönoton riskit

Tekninen yhteensopivuus ja häiriöriskit

2. Tekninen yhteensopivuus ja häiriöriskit

- **TV-toiminnan häiriöt:** Alueella 470–694 MHz toimii edelleen maanpäällinen televisio. Ilman EU-tason yhteisiä häiriösuojamäärityksiä (cross-border coordination, maskivaatimukset) riskinä on haitallinen interferenssi naapurimaihin tai kotimaiseen TV-verkkoon.
- **Naapurimaiden koordinointi:** Jos muut Pohjoismaat eivät ota 600 MHz-aluetta samassa aikataulussa käyttöön, rajat ylittävien häiriöiden hallinta (esim. Ruotsi–Suomi) on monimutkaista ja voi viivästyttää käyttöä.
 - Rajasopimuksen saaminen aikaan myös Venäjän kanssa olisi suotavaa, koska raja-alue on hyvin pitkä. Tämä muodostaakin merkittävän riskin siinä mielessä, että uusien rajasopimusten sopiminen voi viedä aikaa nykyisessä tilanteessa.
 - Tämä voi johtaa siihen, että Suomen ja Venäjän raja-alueella on jätettävä laaja suoja-alue, jossa 600 MHz:n taajuutta ei voida käyttää.
- **Laite-ekosysteemin puute:** Ilman harmonisoituja kaistamäärittelyjä päätelaitteet (puhelimet, modeemit) eivät todennäköisesti tue aluetta

Riski on todennäköinen. TV-käyttö voi rajoittaa taajuuden hyödyntämistä vielä pitkään.



600 MHz:n taajuusalueen aikaisen käyttöönoton riskit

Taloudelliset ja poliittiset riskit

3. Taloudelliset ja investointiriskit

- **Investointien lukkiutuminen:** Operaattorin aikaiset verkkoinvestoinnit voivat jäädä vajaakäyttöön tai vaatia myöhemmin kalliita uudelleenjärjestelyjä, jos harmonisointi poikkeaa odotetusta.
- **Laitetoimittajien tuki:** Valmistajat keskittävät kehityksen harmonisoiduille kaistoille. Ilman harmonisointia 600 MHz -alueen laitevalikoima on rajallinen ja yksikköhinnat korkeampia.
- **Taajuushuutokauppojen epävarmuus:** Jos EU-ratkaisut viivästyvät, kansallisen myöntämisen ehdot voivat muuttua (esim. taajuuskaistan leveys, lisenssiehdot), mikä heikentää investointivarmuutta.

Riski on pieni. Käyttö Pohjois-Amerikassa ja suunnitelmat ohjannevat yhtenevää harmonisointia.

4. Strategiset ja poliittiset riskit

- **EU-yhtenäisyyden rikkoutuminen:** Aikainen käyttöönotto voi vaikeuttaa EU:n yhteistä taajuuspolitiikkaa ja aiheuttaa jännitteitä rajanaapurien välillä.
- **WRC-päätösten huomiointi:** WRC-23 vahvisti alueelle 470–694 MHz edelleen ensisijaisesti TV-käyttöä Euroopassa; ennen WRC-27:n (tai WRC-31:n) mahdollisia muutoksia 600 MHz:n mobiilikäytön varhainen käynnistys olisi poliittisesti herkkä.

Riski on pieni. Käyttö Pohjois-Amerikassa ja suunnitelmat ohjannevat yhtenevää harmonisointia.



contents

1. Johdanto ja yhteenveto
2. Selvityksen tulokset
3. Analyysi ja taustamateriaali
 - 1 Matkaviestinkäyttö
 - 2 Käytettävyys ja hyödyt
 - 3 Tehokas käyttö ja haasteet
 - 4 Aikataulu
 - 5 Riskit
 - 6 Eri tahojen näkemyksiä**



600 MHz:n käyttö matkaviestinverkoissa

Kansainvälinen lisensointitilanne

- Oikealla olevassa kuvassa näkyy 600 MHz:n käyttö- ja lisensointitilanne elokuussa 2025¹.
- 600 MHz:n taajuuskaista on laajasti matkapuhelinverkkojen käytössä ainoastaan Pohjois- ja Keski-Amerikassa. Myös Etelä-Amerikassa on useita hankkeita 600 MHz:n varaamiseksi MVV-käyttöön.
- Aasian alueella Intialla on kapea 600 MHz:n taajuuskaista matkaviestinverkon käytössä ja Bangladeshissa ollaan tätä kaistaa varaamassa MVV-käyttöön.
- Myös mm. Afrikassa, Oseaniassa ja Arabian niemimaalla on käynnissä hankkeita 600 MHz:n taajuusalueen siirtämiseksi matkaviestinverkoille.

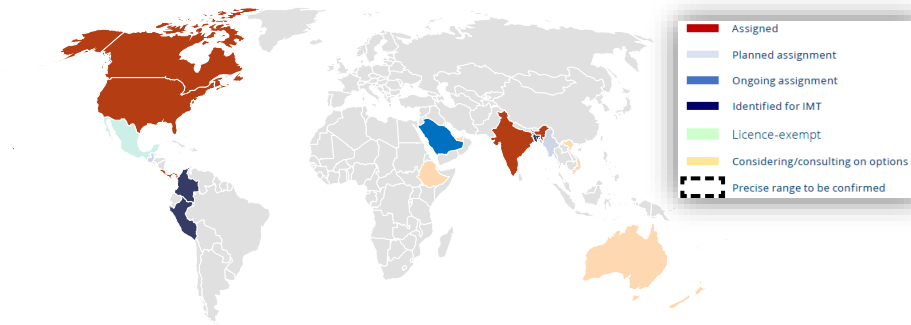
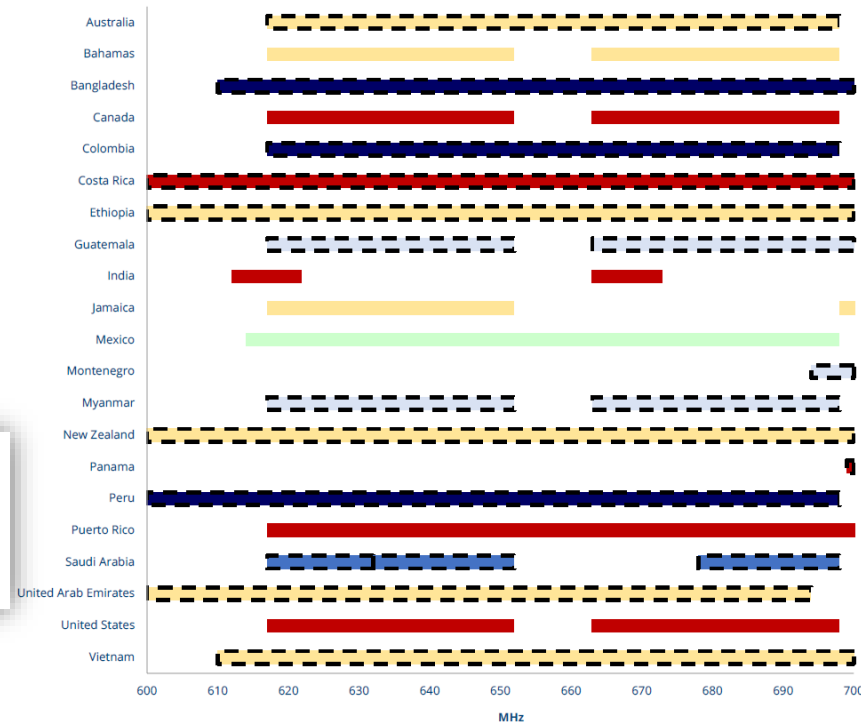
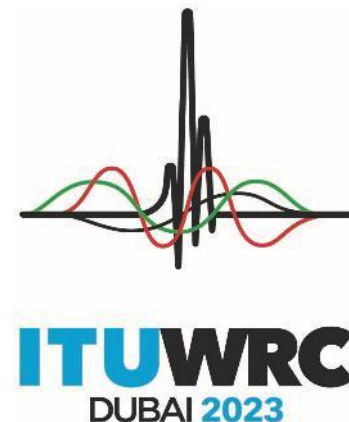


Figure 1. National spectrum licensing for mobile services in the 600 MHz range — Global status



WRC-23, päätöksiä <700 MHz sallittu mobiilikäyttöön maakohtaisesti

- WRC-23:ssä (World Radio Conference 2023) tehtiin 600 MHz:n taajuuskaistaan liittyen seuraavia päätöksiä
 - Kaistalle 470–694 MHz ei tehty eurooppalaisessa tai globaalissa mittakaavassa yhtenäistä pääasiallista (primary) allokatiota mobiilipalveluille (mobile/IMT).
 - Konferenssi päätti, että UHF-kaista 470–694 MHz säilyy pääasiallisesti (primary) TV-käytössä (broadcasting) ITU:n alueella 1 (Region 1 = Europa, Afrikka, Lähi-itä).
 - Muut palvelut, kuten esimerkiksi matkaviestinverkot, eivät saa häiritä TV-käyttöä muuta kuin normaalin sääntelyn mukaisesti.
 - Samalla otettiin käyttöön uutta sääntelyä: kaistalle 470–694 MHz lisättiin joissain maissa maakohtainen lisäys (country footnote), joka sallii mobiilipalveluiden käyttöönoton kaistalla toissijaisesti (secondary) kyseisten maiden olosuhteiden mukaan.
 - Secondary-palvelut (esim. IMT)
 - eivät saa aiheuttaa häiriötä TV-käytölle
 - ei ole oikeutta vaatia suojaa primary-palvelulta, jos häiriötä ilmenee.
 - tarvittaessa lopetettava tai muutettava toimintaansa, jos se häiritsee primary-palvelua.

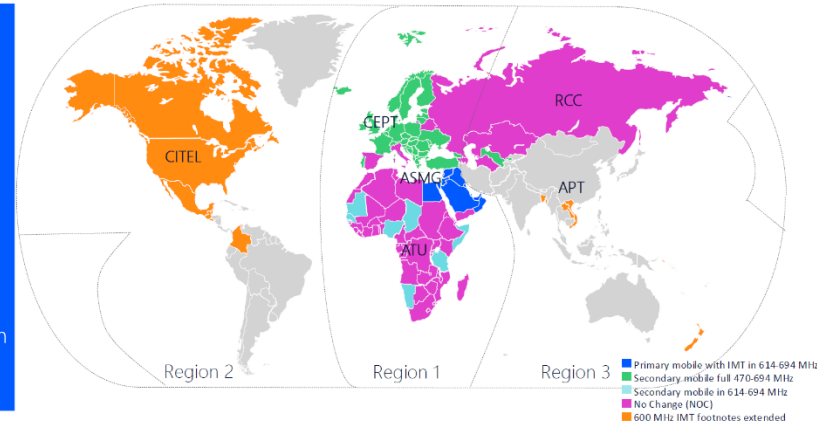


WRC-23, päätöksiä <700 MHz matkaviestintäkäyttö 2031 vuoden asialistalle

- Lisäksi konferenssi päätti ottaa asian uudelleen tarkasteltavaksi vuonna 2031 järjestettävässä WRC-konferenssissa (WRC-31).
 - Seuraava WRC-konferenssi järjestetään ilmeisesti vuonna 2027 (WRC-27), mutta silloin ei 470-694 MHz:n taajuuskaistan tulevaisuus pitäisi olla asialistalla
 - Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että yhteistä eurooppalaista tämän taajuusalueen harmonisoitua ratkaisua ei ole odotettavista ennen vuotta 2031, ellei Euroopassa ajeta asiaa aktiivisesti.
- Päätös että asia tarkastellaan taas WRC-31:ssä tarkoittaa, että kyseessä on tilapäisratkaisu (interim-ratkaisu). Nykyiset varaukset säilyvät, mutta tulevaisuuden muuttuvia tarpeita arvioidaan uudelleen.

WRC-23 momentum on the low UHF band (470-694 MHz) Sharing required for additional mobile use sub 700 MHz

- Primary (with conditions) in 600 MHz for Gulf countries (e.g., UAE, KSA, Qatar)
- Secondary for the full band for (most of) the European countries, with review in 2031
- Secondary for some African countries in the 600 MHz band
- Extended IMT footnotes in 600 MHz band in ITU Regions 2&3



2 © 2024 Nokia



Laitevalmistajat

600 MHz:n merkitys ja 6G:n aikataulu

- 600 MHz:n merkitys
 - Laitevalmistajien julkaisuissa on yleisesti hyvin vähän mainintoja 600 MHz:n merkityksestä 6G:lle tai muille radiotekniikoille. Laitevalmistajat pitävät kuitenkin matalia taajuuksia tärkeänä peruspeiton luomisessa ja olettavat 600 MHz:n siirtyvän matkaviestinverkkokäyttöön tulevaisuudessa.
 - 600 MHz:n käytön vähäinen kommentointi saattaa johtua siitä, että tämän taajuusalueen käytön harmonisoinnista tullaan päättämään vasta v. 2031 WRC-31-kokouksessa.
 - Laitevalmistajat korostanevat myös korkeampia taajuusalueita siitä syystä, että niiden mahdollistamalla laajemmalla taajuuskaistalla pystytään hyödyntämään paremmin 6G-tekniikan tuomia uusia ominaisuuksia ja käyttötapoja.
- 6G:n rakentamisaikataulu
 - Rakentamisaikatauluista on laitevalmistajilla varsin yhtenäiset käsitykset. 6G:n kaupallisten verkkojen rakentamisen oletetaan alkavan vuosina 2029–2030.
 - Rakentamista ohjaa voimakkaasti standardoinnin tila ja standardoinnin valmistuttua laitevalmistajat lienevät valmiina toimittamaan verkkoratkaisuja suurin piirtein samassa aikataulussa.



Laitevalmistajat: NOKIA

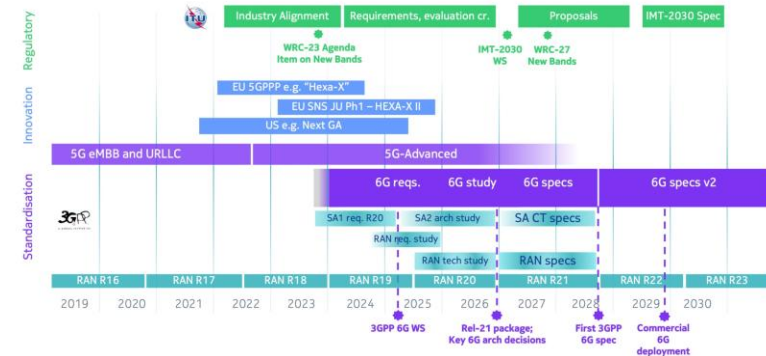
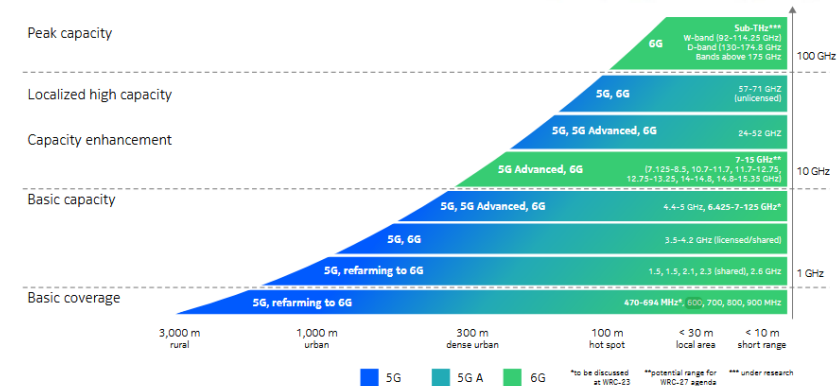
600 MHz:n merkitys ja 6G:n aikataulu

■ Nokia

- 600 MHz:n merkitys
 - Nokian julkaisuissa ei ole erityisesti painotettu 600 MHz:n merkitystä 6G-tekniikassa. Mainintoja on kuitenkin siitä, että 470–694 MHz:n alue olisi tulevaisuudessa matkaviestinverkkojen käytössä. Tämän kaistan käyttöä on suunniteltu aluksi 5G:n ja myöhemmin 6G:n käyttöön.
- 6G:n rakentamisaikataulu
 - Nokia arvelee, että 6G-verkkoja voitaisiin alkaa rakentaa vuoden 2029 loppupuolella eli varsin nopeasti standardisoinnin valmistuttua oletettavasti vuoden 2028 loppupuolella.

NOKIA

Figure 1. Spectrum wedding cake for 3GPP systems [2],



Laitevalmistajat: Ericsson

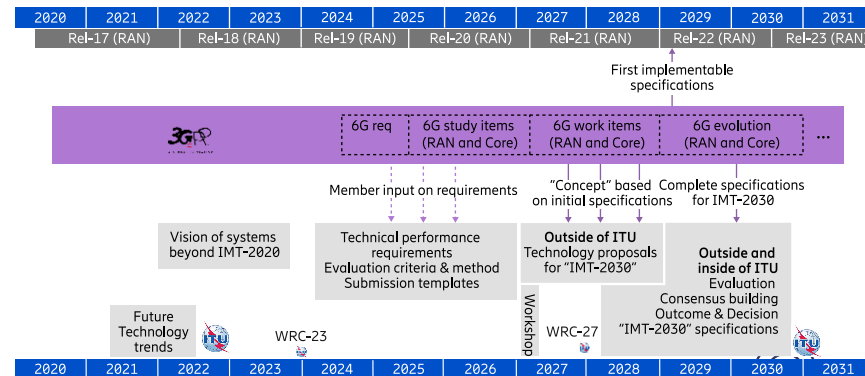
600 MHz:n merkitys ja 6G:n aikataulu

Ericsson

- 600 MHz:n merkitys
 - Ericssonin julkaisuissa on vain vähän mainintoja 600 MHz:n merkityksestä 6G:n evoluutiossa. Kuitenkin 600 MHz ja 700 MHz:n taajuusalueiden merkitystä korostetaan peruspeiton luojana, sillä vain näillä taajuuksilla saadaan peitto ulottumaan syrjäisimmille alueille.
 - Ericsson myös ehdottaa, että maanlaajuiset lisenssit tarvitaan 600 ja 700 MHz:n taajuusalueille, jotta peruspeitto saadaan varmistettua.
- 6G:n rakentamisaikataulu
 - Ericsson olettaa, että 6G:n alustavat spesifikaatiot olisivat valmiina vuoteen 2029 mennessä. 6G-verkkojen rakentaminen voisi tällöin alkaa jo ennen vuotta 2030.



Low-band spectrum or spectrum in the sub-1 GHz range, and in particular, spectrum in the 600 MHz and 700 MHz range provide the basic coverage layer for mobile networks. This is the only range that can reach remote and deep rural areas, helping to bridge the digital divide and bring equal opportunities to all parts of society. Digitalization of rural areas by smart agriculture to achieve net zero emission targets also requires sub-1GHz spectrum. Additionally, connectivity everywhere while on the move (for example, rural roads) can only be achieved with enough spectrum in this range. Sub-1 GHz is not only critical for rural areas but also for deep indoor coverage in dense areas (for example, in basements). Due to the large propagation characteristics of this range, nationwide mobile licenses represent the most suitable authorization regime.



Laitevalmistajat: Huawei

600 MHz:n merkitys ja 6G:n aikataulu

■ Huawei

- 600 MHz:n merkitys
 - Huaweiin julkaisuissa ei ole juurikaan mainintoja 600 MHz:n käytöstä 6G:ssä.
 - Kuitenkin 600 MHz:n merkittävyys peruspeiton saamiseksi tunnistetaan mm. Zain KSA:n ja Huaweiin julkaisuissa liittyen 600 MHz:n käyttöön 5G-verkossa Saudi-Arabiassa. Oikealla on Huaweiin arvioita 600 MHz:n ominaisuuksista 5G-käytössä.



600 MHz: A New 5G Golden Band with Better Coverage

■ Sub-1GHz expanding network coverage



■ 600MHz leads to additional capacity

- Increase download speeds on 5G network : 30-50%

Improvements in rural and deep-indoors download speeds

30 to 50%

- Quickly improve 5G coverage with fewer sites : 33%

Reduction in the cost of extending 5G to rural populations

33%

• 6G:n rakentamisaikataulu

- Huaweiin julkaisuissa oletetaan, että 6G:n rakentaminen alkaisi vuonna 2030. Tämä arvio on hieman myöhäisempi kuin Nokian ja Ericssonin arvio rakentamisen alkamisesta vuonna 2029.



Figure 19 Expected timeline for 6G standardization



GSM Association

GSMA:n näkemys 470–694 MHz:n kaistan käytön tulevaisuudesta

- GSMA:n (GSM Association) elokuussa 2025 julkaisemassa lausunnossa¹ painotetaan seuraavia asioita 470–694 MHz:n kaistan käytöstä tulevaisuudessa. 
- GSMA ja Connect Europe uskovat, että Euroopan tulisi valmistautua 470–694 MHz:n taajuusalueen tulevaan käyttöön kehittyvien tarpeiden tyydyttämiseksi seuraavilla tavoilla:
 - Käynnistämällä yhdenmukaistamistyöt ja antamalla tästä CEPT:lle toimeksianto vuoteen 2026 mennessä.
 - Ehdottamalla moninopeuksista lähestymistapaa DTT-käytön kansallisten erojen huomioon ottamiseksi.
 - Kannustamalla kahdenvälisiin ja monenvälisiin sopimuksiin rajat ylittävien kysymysten hallitsemiseksi.
 - Harkitsemalla 600 MHz:n mobiilikäytön käytännönläheistä käyttöönottoa varhaisena askeleena, jos se on mahdollista.
 - Asettamalla selkeät poliittiset virstanpylväät vuoden 2030 jälkeiselle ajalle, mukaan lukien 470–694 MHz:n taajuusalueen ensisijainen allokointi mobiililaitteille WRC-31:ssä ja yhdenmukaistetut tekniset ehdot.
 - Arvioimalla DTT-lisenssien uusimista ja harkitsemalla ratkaisuja vapaaehtoisen siirtymisen tukemiseksi ja tehokkuuden edistämiseksi.
 - Tukemalla kestäviä taajuusjakoja, jotka edistävät yhteyksiä, talouskasvua ja osallisuutta.
 - Määrittelemällä pitkän aikavälin taajuusalue ohjelmatuotantoa ja erikoistapahtumia (PMSE) varten.
 - Tutkimalla vaihtoehtoja sisällön jatkuvan kehittämisen ja saatavuuden mahdollistamiseksi. kuten uutisia ja kulttuurisisältöä sekä hätätietoja, jotka toimitetaan laajakaistaverkkojen kautta.

Lähde: ¹GSMA and Connect Europe_Response_RSPG_UHF_Consultation_Aug25.pdf, [Response to the RSPG Consultation on the Future Use of the UHF Band | Connect Europe](#)

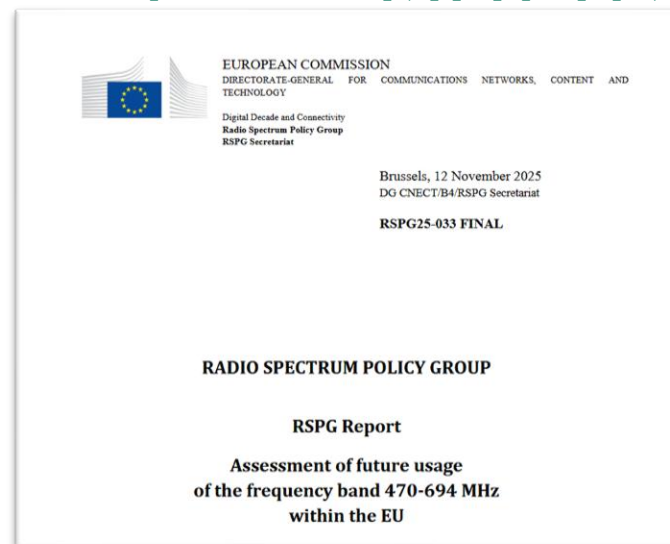


Radio Spectrum Policy Group

Kyselytutkimus 470–694 MHz:n käytöstä EU:ssa

- RSPG julkaisi 12.11.2025 raportin¹, jossa tarkastellaan 470–694 MHz:n kaistan käytön tulevaisuutta EU:n alueella.
- Raportin pohjana on kyselytutkimus, johon saatiin vastaus 192 organisaatiolta eri sektoreilta (viranomaiset, verkko-operaattorit, sisällöntuottajat, käyttäjät, muut)
- Tulokset osoittavat, että tilanne vaihtelee jäsenmaittain: joissakin maissa DTTB-palveluita tullaan jatkamaan 10–15 vuotta lisääjän lisensseillä, kun taas muutamassa maassa on suunnitteilla DTTB:n alasajo.
- Johtopäätöksenä raportti toteaa, että yhtenäinen ratkaisu koko EU:n alueelle ei näytä realistiselta: eri jäsenmaat voivat edetä eri polkuja riippuen paikallisesta mediankäyttötavoista, DTTB:n suosiosta ja laajakaistatarpeista. Raportti suosittelee joustavaa, monivaiheista sääntelykehystä, huomioiden sekä perinteiset broadcast- ja PMSE-palvelut että mahdolliset uudet mobiili- ja laajakaistaratkaisut.

https://radio-spectrum-policy-group.ec.europa.eu/document/download/1f058f8e-0228-455c-b04e-24519da81c67_en?filename=RSPG25-033final-RSPG_Report_on_future_use_470-694_MHz_band.pdf



Lähde: ¹ [RSPG25-033final-RSPG_Report_on_future_use_470-694_MHz_band.pdf](https://radio-spectrum-policy-group.ec.europa.eu/document/download/1f058f8e-0228-455c-b04e-24519da81c67_en?filename=RSPG25-033final-RSPG_Report_on_future_use_470-694_MHz_band.pdf)



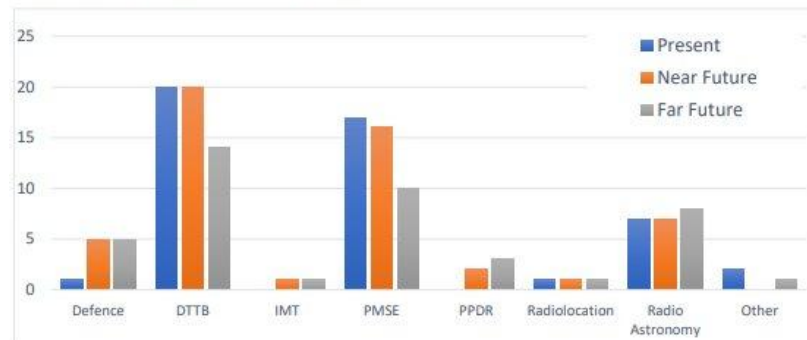
Radio Spectrum Policy Group

Kyselytutkimus 470–694 MHz:n käytöstä EU:ssa

- Raportissa on esitetty pylväsdigrammina 470–694 MHz:n arvioitu käyttö tulevaisuudessa. Valtaosassa vastauksista TV-käytön (DTTB) oletetaan jatkuvan kyseisellä kaistalla vielä pitkään tulevaisuudessa. Sen sijaan matkaviestinverkkokäyttöä (IMT) tällä kaistalla ennustaa vain yksi vastaajista.

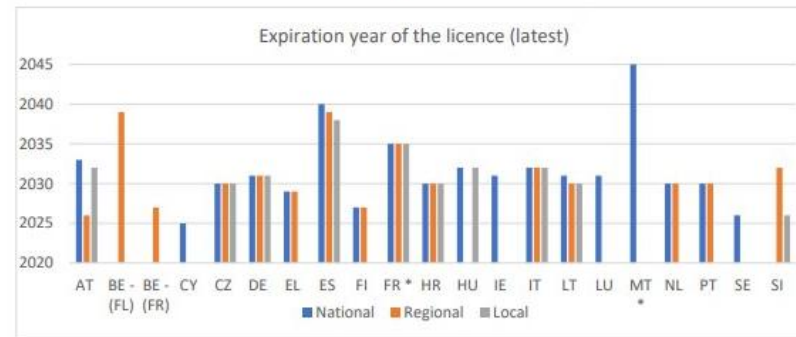
- Raportin DTT-lisenssejä koskevasta yhteenvedosta nähdään, että muutamalla maalla DTT:n lisenssit ovat todennäköisesti voimassa vielä pitkälti tulevaisuuteen ja näyttäisikin siltä, että TV-toiminta 470–694 MHz:n kaistalla jatkuu vielä laajasti 2030-luvulla.

Graph 3 Present and future usage of the 470-694 MHz band in EU



License regime of DTTB in the sub-700MHz in EU

Graph 4 Expiration year of the DTTB licenses in EU

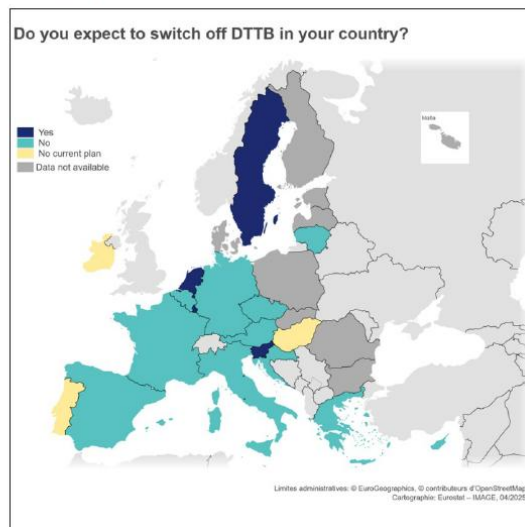


Radio Spectrum Policy Group

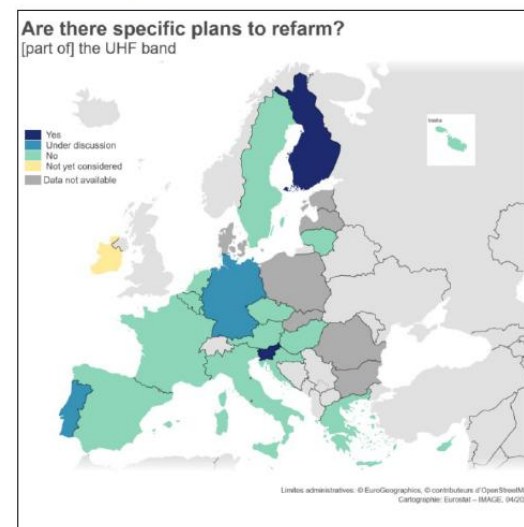
Kyselytutkimus 470–694 MHz:n käytöstä EU:ssa

- Alla olevalla kartalla nähdään arvio siitä, miten eri Euroopan maissa arvioidaan TV-käytön jatkumista 470–694 MHz:n taajuuskaistalla. Kartalla nähdään, että suurin osa Euroopan maista ei usko maanpäällisen digitaalisten televisiolähetysten loppumiseen. Kyselyn mukaan ainoastaan Ruotsilla, Hollannilla, Luxemburgilla ja Slovenialla on suunnitelmia DTTB-lähetysten lopettamiseen. tulevaisuudessa.
- Raportin kyselyssä selvitettiin myös, onko eri valtioilla suunnitelmia UHF-taajuuksien uudelleenjärjestelyistä. Ainoastaan Suomi ja Slovenia ilmoittivat suunnitelmista uudelleenjärjestelyyn. Suurimmalla osalla Euroopan valtioista ei ollut tarkempia suunnitelmia tähän asiaan liittyen.

Graph 15 DTTB switch-off expectations in EU countries



Graph 22 EU countries plans to reform the UHF band



European Broadcasting Union

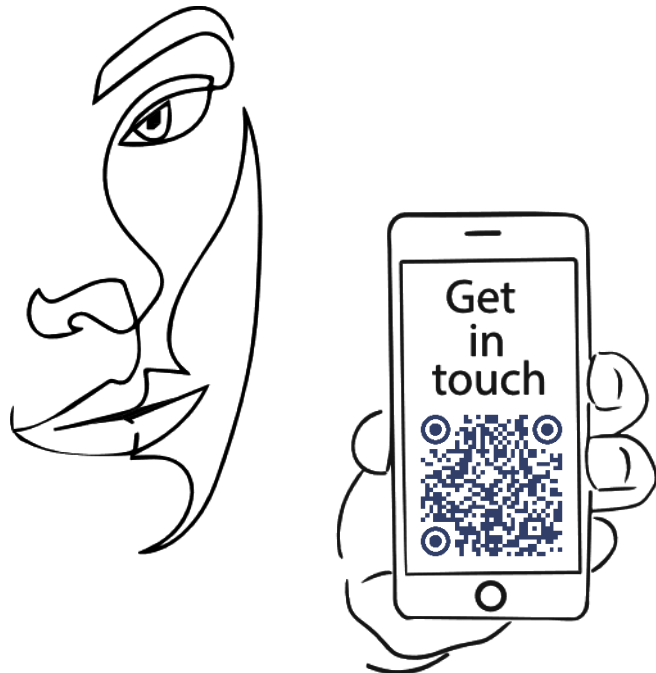
EBU:n vastaus RSPG:n positiopaperille (470–649 MHz)

- Alla on pääkohtia EBU:n vastineesta¹ RSPG:n julkaisemaan 470–694 MHz:n taajuuskaistan tulevaisuutta pohtivaan dokumenttiin².
- EBU:n päälinjaukset 470–694 MHz:n taajuuskaistan käytöstä tulevaisuudessa
 - EBU pitää kaistaa 470–694 MHz ”kriittisenä infrastruktuurina” julkisen palvelun mediatoimijoille (PSM). Kaista mahdollistaa sekä sisällön tuottamisen (PMSE) että sen jakelun (DTT).
 - EBU yhtyy RSPG:n näkemykseen siitä, että eri EU-maat voivat tarvita erilaisia ratkaisuja — yksi yhtenäinen skenaario ei sovi kaikille.
 - Kaikkia valtioita koskevia sääntelymuutoksia kaistan käytön suhteen ei nähdä tarpeelliseksi tässä vaiheessa; nykyinen sääntely tarjoaa riittävän joustavuuden
- EBU kommentoi RSPG:n esittämiä kolmea skenaariota seuraavasti:
 - **Skenaario 1–Kaistan TV-käyttö jatkuu voimakkaana.**
 - Suotavin ja realistisin vaihtoehto. Turvaa TV-jakelun ja PMSE:n toiminnan pitkälle tulevaisuuteen (mahdollisesti ainakin 2040 saakka)
 - **Skenaario 2–TV-käyttö (DTT + 5G Broadcast) ja rajallinen mobiiliin SDL-käyttö**
 - EBU pitää skenaariota teknisesti haastavana ja riskialttiina häiriöiden vuoksi.
 - **Skenaario 3–TV-käyttö vähenee ja mobiilikäyttö korostuu (täysi FDD-kaistajako)**
 - EBU ei pidä tätä teknisesti eikä poliittisesti realistisena, sillä se heikentäisi laajasti julkisen median edellytyksiä
- EBU katsoo, että kaista 470–694 MHz on strategisesti ja kulttuurisesti ensiarvoinen EU-tason julkiselle medialle — ja että sen rinnakkaiskäyttö mobiiliteknologioiden kanssa on mahdollista vain hyvin harkituissa olosuhteissa. EBU kannattaa, että kaista säilyy ensisijaisesti televisio- ja kulttuuripalvelujen, sekä PMSE:n käytössä myös vuoden 2030 jälkeen, ja että siirtymiin mahdollisesti sisältyy 5G-broadcast-ratkaisuja, jos ne eivät vaaranna nykyistä käyttöä.

Lähteet: ¹ [EBU reacts to the RSPG Draft Opinion on the future use of the frequency band 470-694 MHz](#)

² [\(Draft\) RSPG Opinion Strategy on the future use of the frequency band 470-694 MHz beyond 2030 in the EU](#)





We Answer omnitele

Contact

Name Jani Nieminen
Title Director, Head of Consulting
Phone +358 44 994 7968
Email jani.nieminen@omnitele.com

Omnitele Ltd

Phone +358 9 695 991
Email contact@omnitele.com
Website www.omnitele.com
Address Omnitele Ltd. Revontulenkujä 1, 02100 Espoo, Finland

