

Maan laadun, antennin korkeuden ja polarisaation vaikutus HF-antennin suorituskykyyn

Esitelmä SRAL:n syyspäivillä Äänekoskella 19.11.2016

Pekka Ketonen, OH1TV

Antennin suorituskykyyn vaikuttaa

1. Lähtökulma = tulokulma
2. Vahvistus lähetyksessä ja vastaanotossa (dBi)
 - Suuntaavuus vastaanotossa

Nämä puolestaan riippuvat seuraavista

1. Maasto
 - Maan ominaisuudet
 - Korkeuserot
2. Antennin korkeus horisontaali antennilla
3. Itse antenni

Esityksen sisällysluettelo

1. [Ideaaliset perusantennit: GP, pysty ja vaaka dipoli](#)
2. [Maan laadun vaikutus](#)
 1. GP
 2. Vertikaali dipoli
 3. Horisontaali dipoli
 4. [Yhteenveto edellisistä](#)
 5. [Liite: 20m 3-el yagi, maan laadun vaikutus](#)
 6. [Liite: 20m VDA, maan laadun vaikutus](#)
3. [Horisontaali antennin korkeuden merkitys](#)
 1. [Lähtökulman laskeminen](#)
 2. [Optimi korkeus eri maanosiin 20 metrillä](#)
 3. [Optimi korkeus eri maanosiin 40 metrillä](#)
 4. [Optimi korkeus eri maanosiin 15 metrillä](#)
 5. [Optimi korkeus eri maanosiin 10 metrillä](#)

1.

Ideaalinen $\lambda/4$ -GP

Ideaalinen $\lambda/2$ -dipoli pysty

Ideaalinen $\lambda/2$ -dipoli vaaka

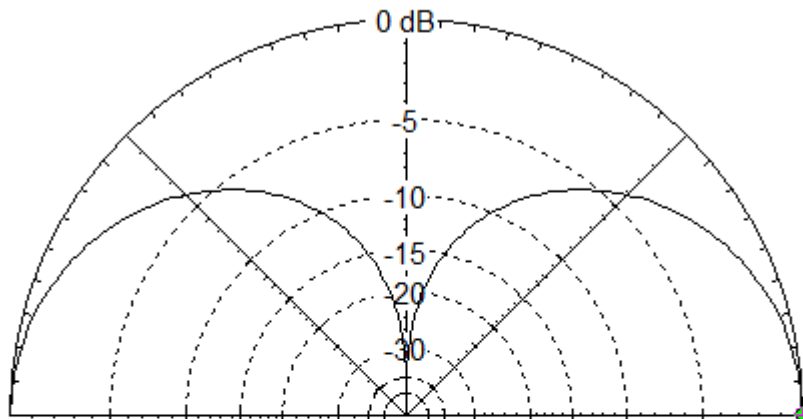
Mitä eroa ?



1.1. $\lambda/4$ vertikaali häviöttömän maan päällä 5.15dBi, lähtökulma 0 astetta

Total Field

EZNEC Pro/4



14 MHz

Elevation Plot

Azimuth Angle 0.0 deg.

Outer Ring 5.16 dBi

Cursor Elev 0.0 deg.

Gain 5.16 dBi

0.0 dBmax

Slice Max Gain 5.16 dBi @ Elev Angle = 0.0 deg.

Beamwidth ?; -3dB @ 38.8 deg.

Sidelobe Gain < -100 dBi

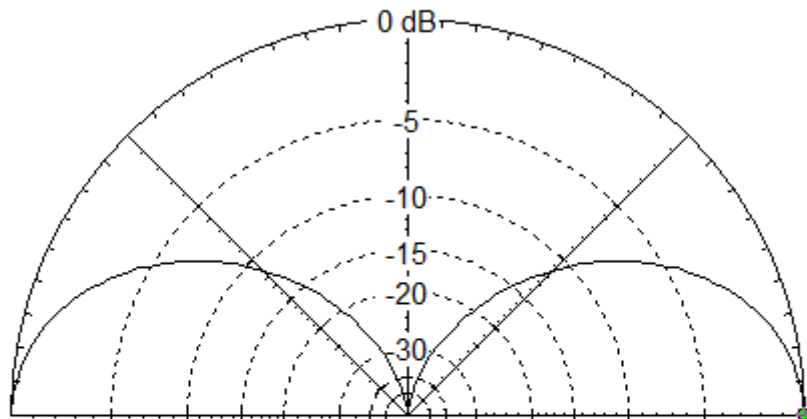
Front/Sidelobe > 100 dB

- $2.15\text{dBi} + 3.01\text{dB} = 5.16\text{dBi}$
- Varttiaallon keppi on puolikas dipolista. Voidaan kuvitella, että puuttuvan osan teho syötetään keppiin ja näin saadaan dipolin gain $2.15\text{dBi} + 3.01\text{dB}$

1.2. $\lambda/2$ vertikaali häviöttömän maan päällä 6.85dBi, lähtökulma 0 astetta

Total Field

EZNEC Pro/4



Elevation Plot

Azimuth Angle 0.0 deg.

Outer Ring 6.85 dBi

Cursor Elev 0.0 deg.

Gain 6.85 dBi

0.0 dBmax

Slice Max Gain 6.85 dBi @ Elev Angle = 0.0 deg.

Beamwidth ?; -3dB @ 23.7 deg.

Sidelobe Gain < -100 dBi

Front/Sidelobe > 100 dB

- $2.15\text{dBi} + 3.01\text{dB} + 1.69\text{dB} = 6.85\text{dBi}$
- Puolen aallon pysty dipoli säteilee vain puoliavaruuteen. Voidaan kuvitella, että puuttuvan osan teho syötetään antenniin ja näin saadaan 3.01dB lisää vahvistusta.
- 1.69dB tulee siitä, että maanpinna alapuolella oleva vastinkytkenän antenni tekee collineaarisen ryhmän, jossa virtamaksimien etäisyys on $\lambda/2 + 20\text{cm}$.

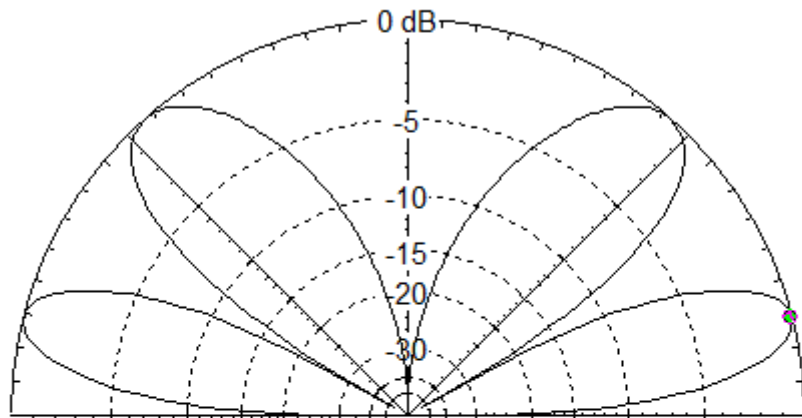
1.3. $\lambda/2$ vaaka dipoli häviöttömän maan päällä 1λ korkeudessa

8.17dBi, lähtökulma 14.5 astetta (ja 48 astetta)

Total Field

EZNEC Pro/4

- $2.15\text{dBi} + 6.02\text{dB} = 8.17\text{dBi}$



14 MHz

Elevation Plot
Azimuth Angle 0.0 deg.
Outer Ring 8.18 dBi

Cursor Elev 14.5 deg.
Gain 8.18 dBi
0.0 dBmax

Slice Max Gain 8.18 dBi @ Elev Angle = 14.5 deg.
Beamwidth 14.8 deg.; -3dB @ 7.2, 22.0 deg.
Sidelobe Gain 8.18 dBi @ Elev Angle = 48.5 deg.
Front/Sidelobe 0.0 dB

- Dipoli on päästä katsottuna ympäri säteilevä. Puolet tehosta näin ollen kohtaa maan. Jos maa on häviötön, kaikki heijastuu takaisin. Suoran säteilyn ja heijastuneen kentät summautuvat kuten jännitteet. Kaksi yhtä suurta saman vaiheisena nostaa jännitteen kaksinkertaiseksi eli +6.02dB. Tehoa noissa kohdissa nousee nelinkertaiseksi. Tämä on mahdollista, koska minimikohtien teho vapautuu.
- Tulos on lähes sama kaikilla korkeuksilla. Pieni vaihtelu johtuu vuorovaikutuksesta antennin ja sen peilikuvan kanssa.



2.

Mitä maan laatu vaikuttaa näihin
perus antenneihin?



2.1.

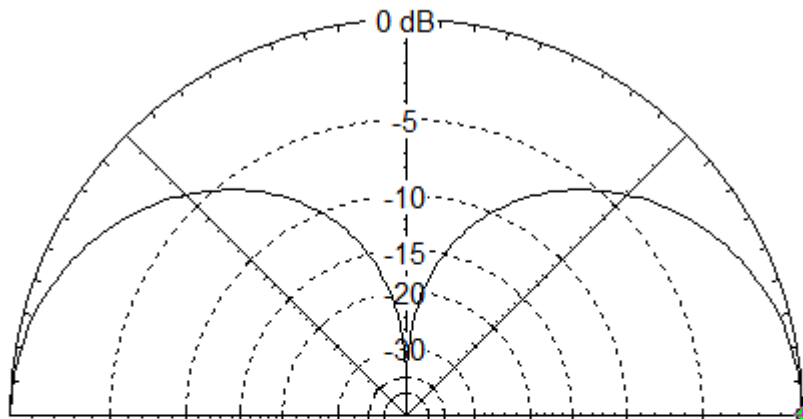
$\lambda/4$ GP eri maalajien yllä

2.1.1. $\lambda/4$ vertikaali häviöttömän maan päällä

5.15dBi, 0 astetta

Total Field

EZNEC Pro/4



14 MHz

Elevation Plot

Azimuth Angle 0.0 deg.

Outer Ring 5.16 dBi

Cursor Elev 0.0 deg.

Gain 5.16 dBi

0.0 dBmax

Slice Max Gain 5.16 dBi @ Elev Angle = 0.0 deg.

Beamwidth ?; -3dB @ 38.8 deg.

Sidelobe Gain < -100 dBi

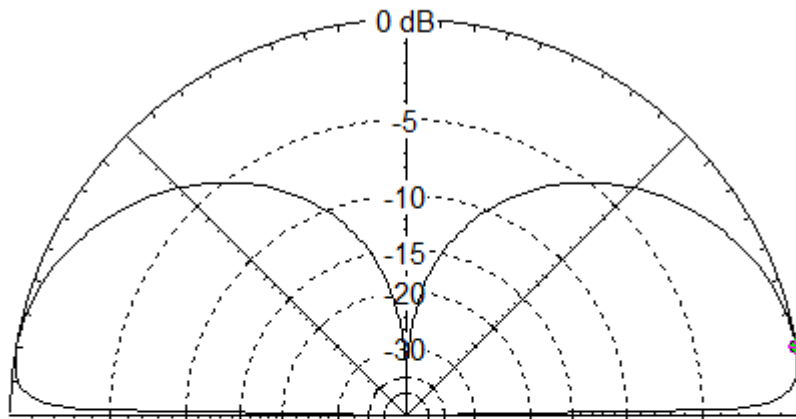
Front/Sidelobe > 100 dB

- $2.15\text{dBi} + 3.01\text{dB} = 5.16\text{dBi}$
- Varttiaallon keppi on puolikas dipolista. Voidaan kuvitella, että puuttuvan osan teho syötetään keppiin ja näin saadaan dipolin gain $2.15\text{dBi} + 3.01\text{dB}$

2.1.2. $\lambda/4$ vertikaali suolaisen meriveden päällä 4.48dBi, 10 astetta

Total Field

EZNEC Pro/4



14 MHz

Elevation Plot
Azimuth Angle 0.0 deg.
Outer Ring 4.48 dBi

Cursor Elev 10.0 deg.
Gain 4.48 dBi
0.0 dBmax

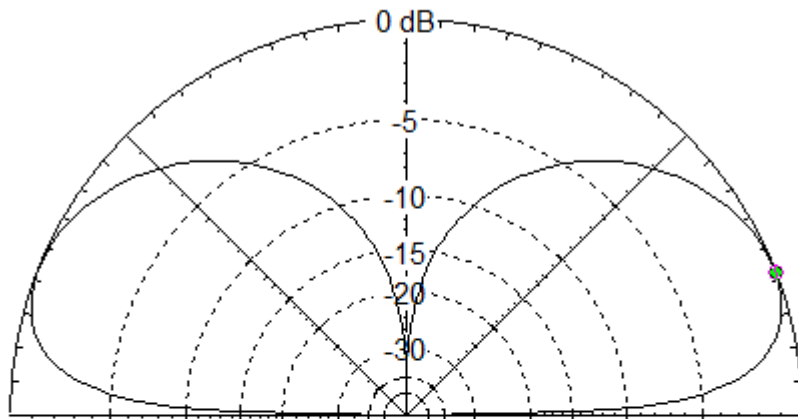
Slice Max Gain 4.48 dBi @ Elev Angle = 10.0 deg.
Beamwidth 40.7 deg.; -3dB @ 1.2, 41.9 deg.
Sidelobe Gain 4.48 dBi @ Elev Angle = 170.0 deg.
Front/Sidelobe 0.0 dB

- Suolaisen meriveden johtavuus on 5S ja dielektrisyyskerroin 81
- Vesiheijastuksen häviöt ovat $5.16 - 4.48 = 0.68\text{dB}$

2.1.3. $\lambda/4$ vertikaali makean veden päällä 1.97dBi, 21 astetta

Total Field

EZNEC Pro/4



14 MHz

Elevation Plot
Azimuth Angle 0.0 deg.
Outer Ring 1.97 dBi

Cursor Elev 21.0 deg.
Gain 1.97 dBi
0.0 dBmax

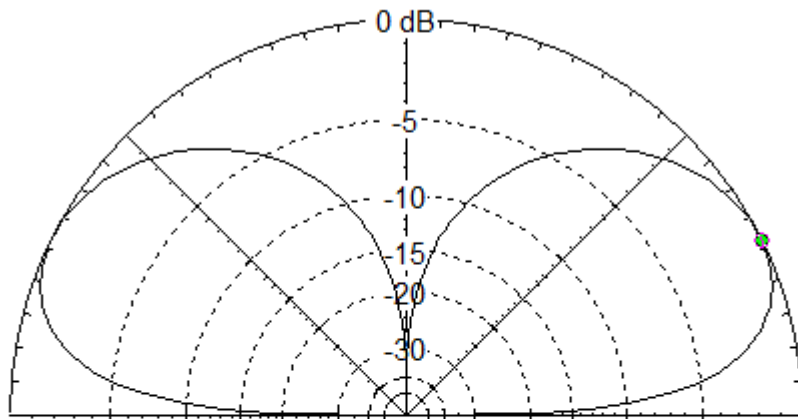
Slice Max Gain 1.97 dBi @ Elev Angle = 21.0 deg.
Beamwidth 43.5 deg.; -3dB @ 6.2, 49.7 deg.
Sidelobe Gain 1.97 dBi @ Elev Angle = 158.0 deg.
Front/Sidelobe 0.0 dB

- Makean veden johtavuus on 0.001S ja dielektrisyyskerroin 80
- Vesiheijastuksen häviöt ovat $5.16 - 1.97 = 3.19\text{dB}$

2.1.4. $\lambda/4$ vertikaali normaali maan päällä -0.29dBi, 26 astetta

Total Field

EZNEC Pro/4



14 MHz

Elevation Plot
Azimuth Angle 0.0 deg.
Outer Ring -0.29 dBi

Cursor Elev 26.0 deg.
Gain -0.29 dBi
0.0 dBmax

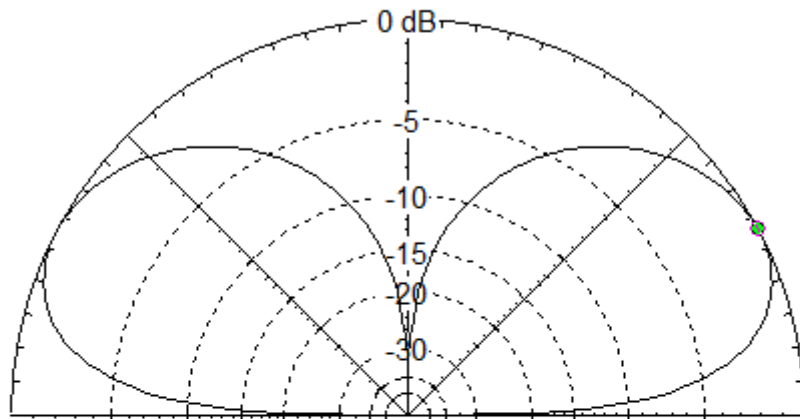
Slice Max Gain -0.29 dBi @ Elev Angle = 26.0 deg.
Beamwidth 44.0 deg.; -3dB @ 9.4, 53.4 deg.
Sidelobe Gain -0.29 dBi @ Elev Angle = 153.0 deg.
Front/Sidelobe 0.0 dB

- Normaali maan johtavuus on 0.005S ja dielektrisyyskerroin 13
- Maaheijastuksen häviöt ovat $5.16 - (-0.29) = 5.45\text{dB}$

2.1.5. $\lambda/4$ vertikaali kuivan hiekkamaan päällä -0.68dBi, 28 astetta

Total Field

EZNEC Pro/4



14 MHz

Elevation Plot
Azimuth Angle 0.0 deg.
Outer Ring -0.68 dBi

Cursor Elev 28.0 deg.
Gain -0.68 dBi
0.0 dBmax

Slice Max Gain -0.68 dBi @ Elev Angle = 28.0 deg.
Beamwidth 44.1 deg.; -3dB @ 10.0, 54.1 deg.
Sidelobe Gain -0.68 dBi @ Elev Angle = 152.0 deg.
Front/Sidelobe 0.0 dB

- Kuivan hiekkamaan johtavuus on 0.002S ja dielektrisyyskerroin 10
- Maaheijastuksen häviöt ovat 5.16- -0.68= 5.84dB

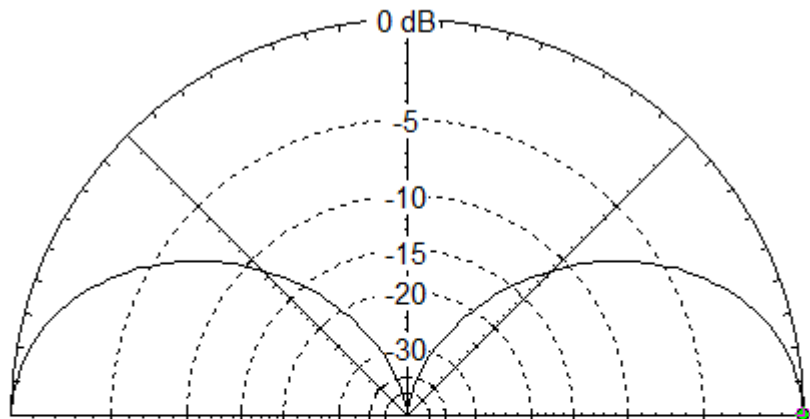
2.2

$\lambda/2$ pysty dipoli eri maalajien yllä

2.2.1. $\lambda/2$ vertikaali häviöttömän maan päällä 6.85dBi, 0 astetta

Total Field

EZNEC Pro/4



14 MHz

Elevation Plot
Azimuth Angle 0.0 deg.
Outer Ring 6.85 dBi

Cursor Elev 0.0 deg.
Gain 6.85 dBi
0.0 dBmax

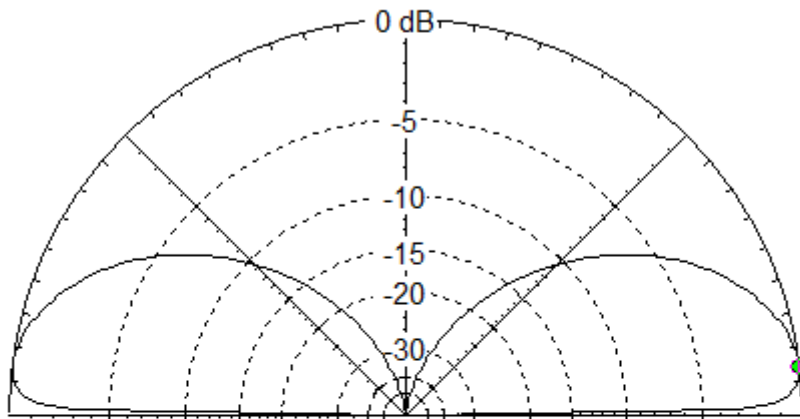
Slice Max Gain 6.85 dBi @ Elev Angle = 0.0 deg.
Beamwidth ?; -3dB @ 23.7 deg.
Sidelobe Gain < -100 dBi
Front/Sidelobe > 100 dB

- $2.15\text{dBi} + 3.01\text{dB} + 1.69\text{dB} = 6.85\text{dBi}$
- Puolen aallon pysty dipoli säteilee vain puoliavaruuteen. Voidaan kuvitella, että puuttuvan osan teho syötetään antenniin ja näin saadaan 3.01dB lisää vahvistusta.
- 1.69dB tulee siitä, että maanpinna alapuolella oleva vastinkytkenän antenni tekee collineaarisen ryhmän, jossa virtamaksimien etäisyys on $\lambda/2 + 20\text{cm}$.

2.2.2. $\lambda/2$ vertikaali suolaisen meriveden päällä 5.83dBi, 7 astetta

Total Field

EZNEC Pro/4



14 MHz

Elevation Plot

Azimuth Angle 0.0 deg.

Outer Ring 5.83 dBi

Cursor Elev 7.0 deg.

Gain 5.83 dBi

0.0 dBmax

Slice Max Gain 5.83 dBi @ Elev Angle = 7.0 deg.

Beamwidth 25.2 deg.; -3dB @ 1.1, 26.3 deg.

Sidelobe Gain 5.83 dBi @ Elev Angle = 172.0 deg.

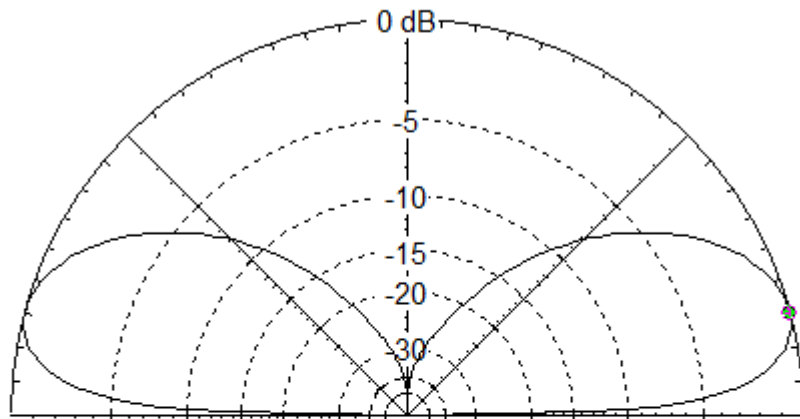
Front/Sidelobe 0.0 dB

- Ideaalitaapauksessa vahvistus on 2.15dBi + 3.01dB + 1.69dB = 6.85dBi
- Meriveden johtavuus on 5S ja dielektrisyyskerroin 81
- Vesiheijastuksen häviöt ovat 6.85-5.83= 1.02dB

2.2.3. $\lambda/2$ vertikaali makean veden päällä 2.76dBi, 15 astetta

Total Field

EZNEC Pro/4



14 MHz

Elevation Plot
Azimuth Angle 0.0 deg.
Outer Ring 2.76 dBi

Cursor Elev 15.0 deg.
Gain 2.76 dBi
0.0 dBmax

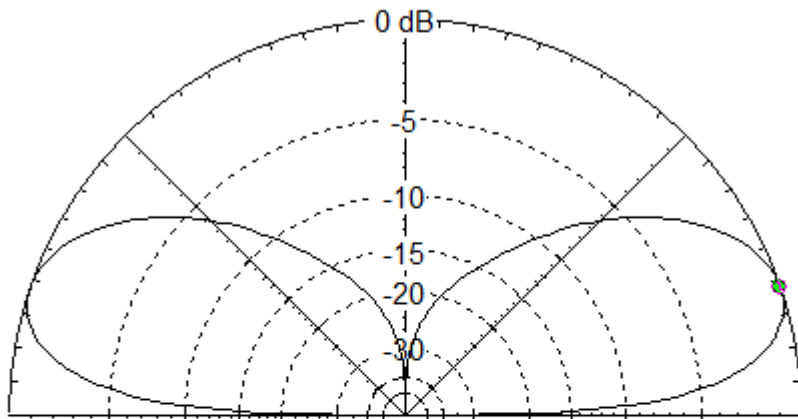
Slice Max Gain 2.76 dBi @ Elev Angle = 15.0 deg.
Beamwidth 27.6 deg.; -3dB @ 5.0, 32.6 deg.
Sidelobe Gain 2.76 dBi @ Elev Angle = 164.0 deg.
Front/Sidelobe 0.0 dB

- Ideaalitaapauksessa vahvistus on 2.15dBi + 3.01dB + 1.69dB = 6.85dBi
- Makean veden johtavuus on 0.001S ja dielektrisyyskerroin 80
- Vesiheijastuksen häviöt ovat 6.85-2.75= 4.1dB

2.2.4. $\lambda/2$ vertikaali normaalin maan päällä 0.11dBi, 19 astetta

Total Field

EZNEC Pro/4



14 MHz

Elevation Plot
Azimuth Angle 0.0 deg.
Outer Ring 0.11 dBi

Cursor Elev 19.0 deg.
Gain 0.11 dBi
0.0 dBmax

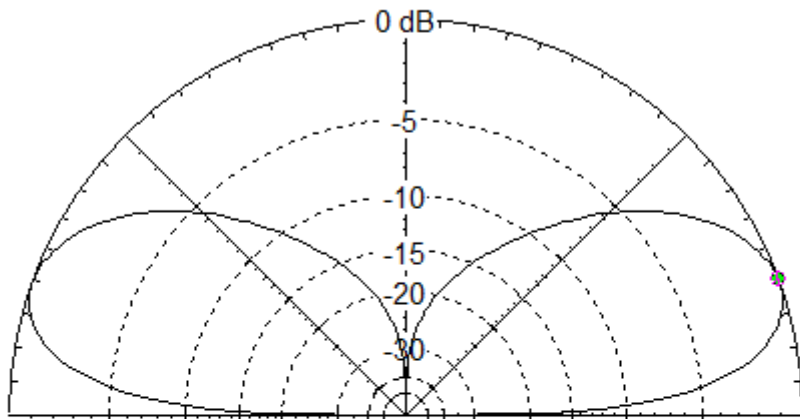
Slice Max Gain 0.11 dBi @ Elev Angle = 19.0 deg.
Beamwidth 28.9 deg.; -3dB @ 7.2, 36.1 deg.
Sidelobe Gain 0.11 dBi @ Elev Angle = 161.0 deg.
Front/Sidelobe 0.0 dB

- Ideaalitaapauksessa vahvistus on 2.15dBi + 3.01dB + 1.69dB = 6.85dBi
- Normaali maan johtavuus on 0.005S ja dielektrisyyskerroin 13
- Maaheijastuksen häviöt ovat 6.85-0.11= 6.74dB

2.2.5. $\lambda/2$ vertikaali kuivan hiekkamaan päällä 0.14dBi, 20 astetta

Total Field

EZNEC Pro/4



14 MHz

Elevation Plot

Azimuth Angle 0.0 deg.

Outer Ring 0.14 dBi

Cursor Elev 20.0 deg.

Gain 0.14 dBi

0.0 dBmax

Slice Max Gain 0.14 dBi @ Elev Angle = 20.0 deg.

Beamwidth 29.8 deg.; -3dB @ 7.7, 37.5 deg.

Sidelobe Gain 0.14 dBi @ Elev Angle = 160.0 deg.

Front/Sidelobe 0.0 dB

- Ideaalitaapauksessa vahvistus on 2.15dBi + 3.01dB + 1.69dB = 6.85dBi
- Kuivan hiekkamaan johtavuus on 0.002S ja dielektrisyyskerroin 10
- Maaheijastuksen häviöt ovat 6.85-0.14= 6.71dB

2.3

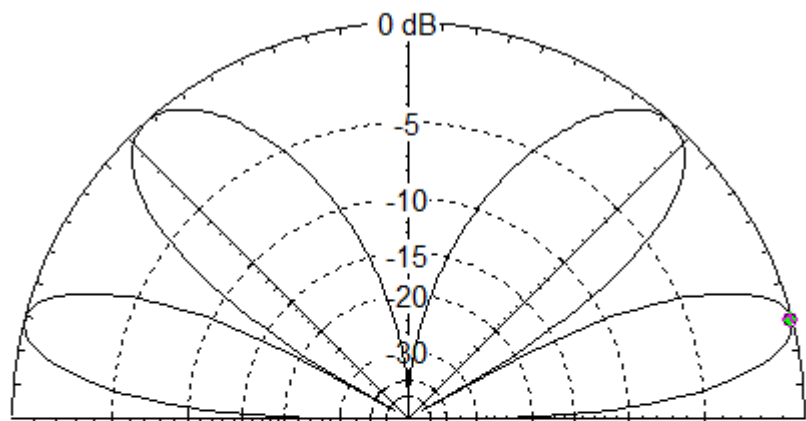
$\lambda/2$ vaaka dipoli 1λ korkeudella
eri maalajien yllä

2.3.1. $\lambda/2$ vaaka dipoli häviöttömän maan päällä 1λ korkealla 8.17dBi, 14.5 astetta

Total Field

EZNEC Pro/4

- $2.15\text{dBi} + 6.02\text{dB} = 8.17\text{dBi}$



14 MHz

Elevation Plot
Azimuth Angle 0.0 deg.
Outer Ring 8.18 dBi

Cursor Elev 14.5 deg.
Gain 8.18 dBi
0.0 dBmax

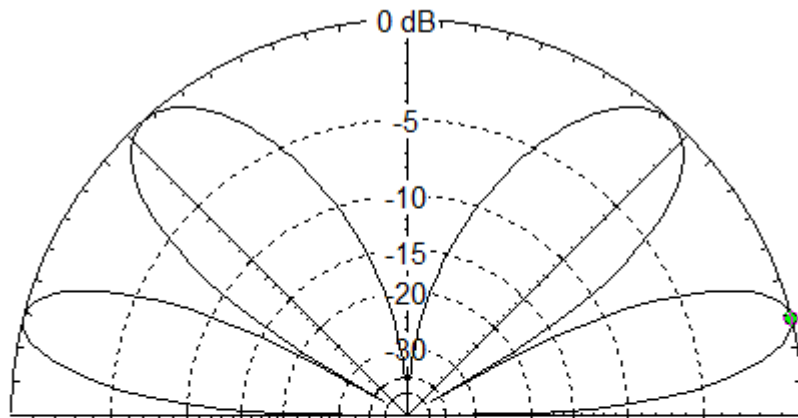
Slice Max Gain 8.18 dBi @ Elev Angle = 14.5 deg.
Beamwidth 14.8 deg.; -3dB @ 7.2, 22.0 deg.
Sidelobe Gain 8.18 dBi @ Elev Angle = 48.5 deg.
Front/Sidelobe 0.0 dB

- Dipoli on päästä katsottuna ympäri säteilevä. Puolet tehosta näin ollen kohtaa maan. Jos maa on häviötön, kaikki heijastuu takaisin. Suoran säteilyn ja heijastuneen kentät summautuvat kuten jännitteet. Kaksi yhtä suurta saman vaiheisena nostaa jännitteen kaksinkertaiseksi eli $+6.02\text{dB}$. Tehoa noissa kohdissa nousee nelinkertaiseksi. Tämä on mahdollista, koska minimikohtien teho vapautuu.
- Tulos on lähes sama kaikilla korkeuksilla

2.3.2. $\lambda/2$ vaaka dipoli suolaisen veden päällä 1λ korkealla 8.16dBi, 14 astetta

Total Field

EZNEC Pro/4



14 MHz

- $2.15\text{dBi} + 6.02\text{dB} = 8.17\text{dBi}$
- Meriveden johtavuus on 5S ja dielektrisyyskerroin 81
- Vesiheijastuksen häviöt ovat $8.17 - 8.16 = 0.01\text{dB}$

Elevation Plot
Azimuth Angle 0.0 deg.
Outer Ring 8.16 dBi

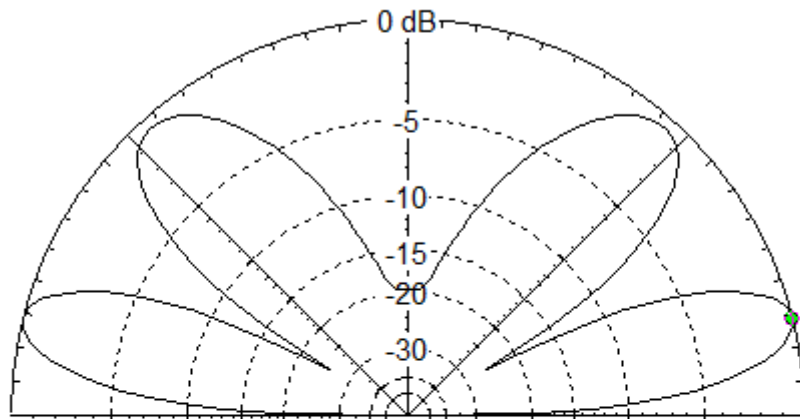
Cursor Elev 14.0 deg.
Gain 8.16 dBi
0.0 dBmax

Slice Max Gain 8.16 dBi @ Elev Angle = 14.0 deg.
Beamwidth 14.8 deg.; -3dB @ 7.2, 22.0 deg.
Sidelobe Gain 8.16 dBi @ Elev Angle = 165.0 deg.
Front/Sidelobe 0.0 dB

2.3.3. $\lambda/2$ vaaka dipoli makean veden päällä 1λ korkealla 7.93dBi, 14 astetta

Total Field

EZNEC Pro/4



14 MHz

- $2.15\text{dBi} + 6.02\text{dB} = 8.17\text{dBi}$
- Makean veden johtavuus on 0.001S ja dielektrisyyskerroin 80
- Vesiheijastuksen häviöt ovat $8.17 - 7.93 = 0.24\text{dB}$

Elevation Plot
Azimuth Angle 0.0 deg.
Outer Ring 7.93 dBi

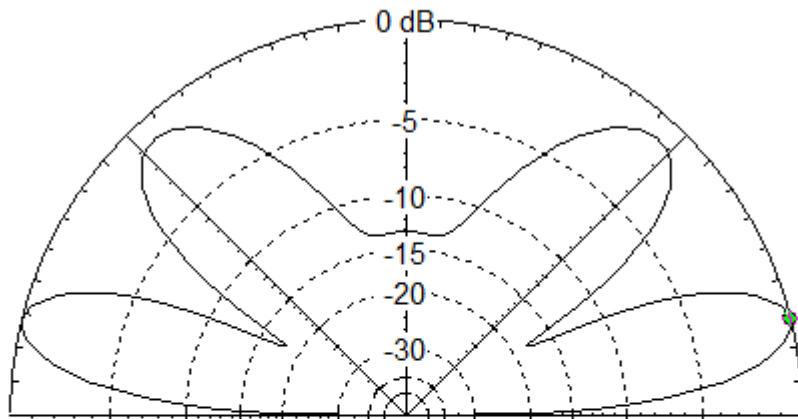
Cursor Elev 14.0 deg.
Gain 7.93 dBi
0.0 dBmax

Slice Max Gain 7.93 dBi @ Elev Angle = 14.0 deg.
Beamwidth 14.8 deg.; -3dB @ 7.1, 21.9 deg.
Sidelobe Gain 7.93 dBi @ Elev Angle = 166.0 deg.
Front/Sidelobe 0.0 dB

2.3.4. $\lambda/2$ vaaka dipoli normaali maan päällä 1λ korkealla 7.66dBi, 14 astetta

Total Field

EZNEC Pro/4



14 MHz

Elevation Plot
Azimuth Angle 0.0 deg.
Outer Ring 7.66 dBi

Cursor Elev 14.0 deg.
Gain 7.66 dBi
0.0 dBmax

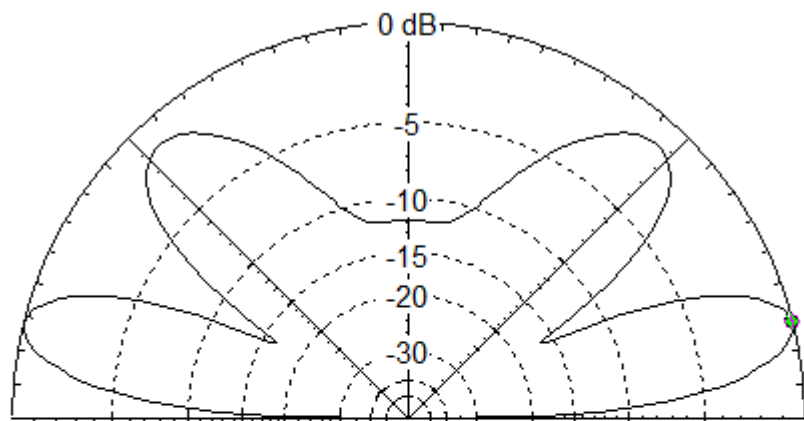
Slice Max Gain 7.66 dBi @ Elev Angle = 14.0 deg.
Beamwidth 14.6 deg.; -3dB @ 6.9, 21.5 deg.
Sidelobe Gain 7.66 dBi @ Elev Angle = 166.0 deg.
Front/Sidelobe 0.0 dB

- $2.15\text{dBi} + 6.02\text{dB} = 8.17\text{dBi}$
- Normaali maan johtavuus on 0.005S ja dielektrisyyskerroin 13
- Maaheijastuksen häviöt ovat $8.17 - 7.66 = 0.51\text{dB}$

2.3.5. $\lambda/2$ vaaka dipoli kuivan hiekan päällä 1λ korkealla 7.52dBi, 14 astetta

Total Field

EZNEC Pro/4



14 MHz

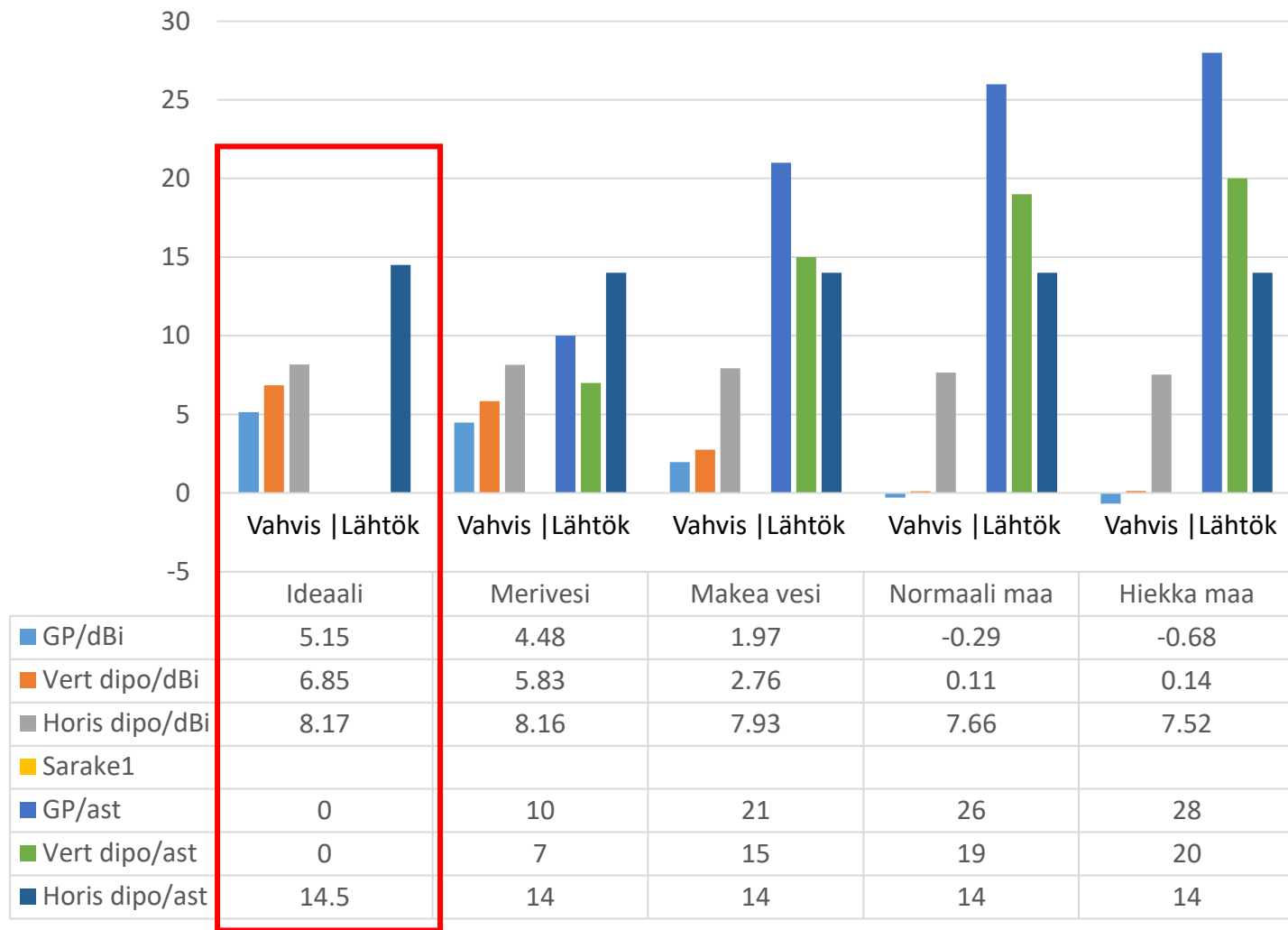
Elevation Plot
Azimuth Angle 0.0 deg.
Outer Ring 7.52 dBi

Cursor Elev 14.0 deg.
Gain 7.52 dBi
0.0 dBmax

Slice Max Gain 7.52 dBi @ Elev Angle = 14.0 deg.
Beamwidth 14.7 deg.; -3dB @ 6.8, 21.5 deg.
Sidelobe Gain 7.52 dBi @ Elev Angle = 166.0 deg.
Front/Sidelobe 0.0 dB

- $2.15\text{dBi} + 6.02\text{dB} = 8.17\text{dBi}$
- Kuivan hiekkamaan johtavuus on 0.002S ja dielektrisyyskerroin 10
- Maaheijastuksen häviöt ovat $8.17 - 7.52 = 0.65\text{dB}$

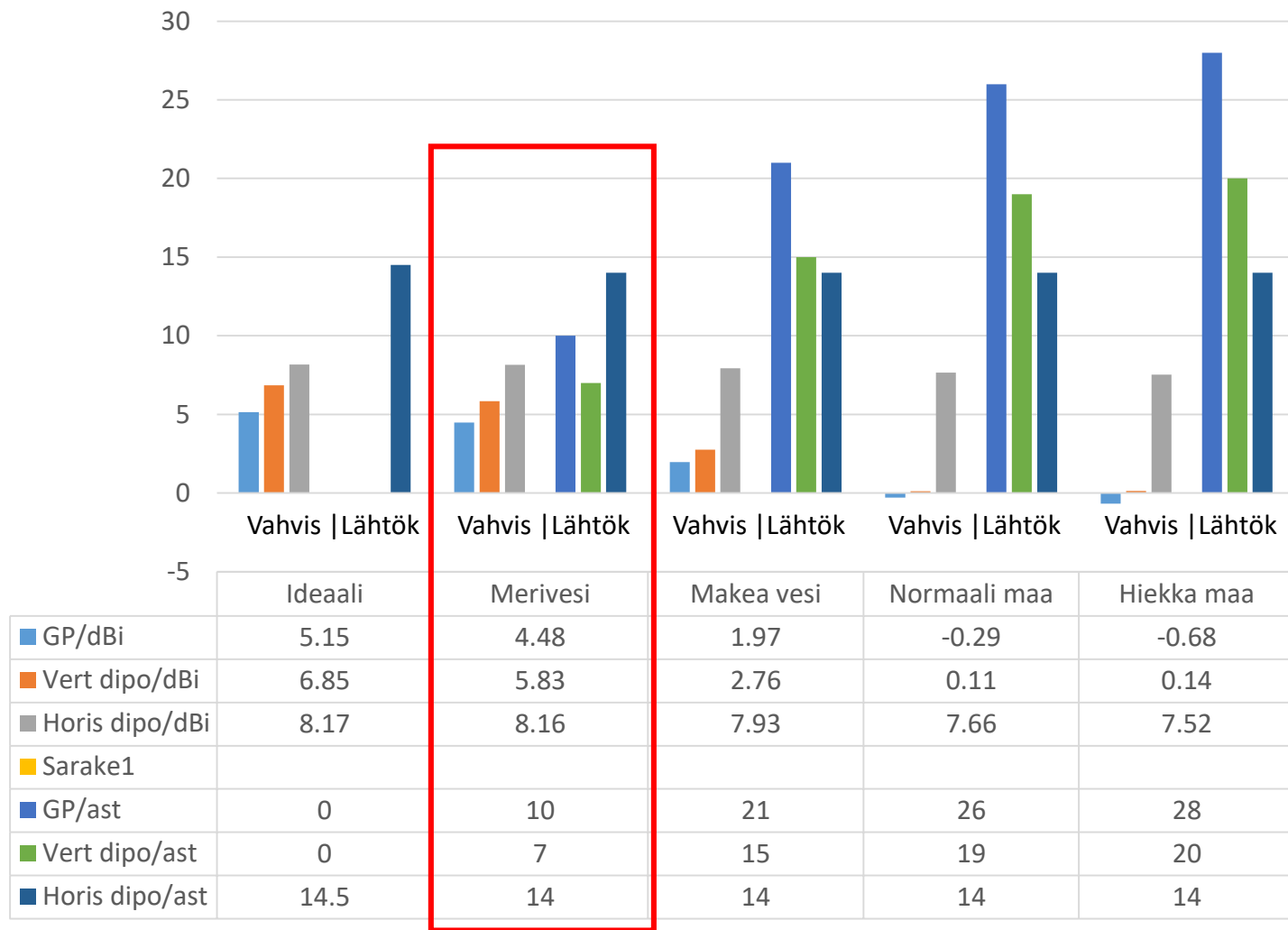
2.4. Yhteenveto maan laadun vaikutuksesta em perusteella



1-3 on vahvistus, 4-6 on lähtökulma



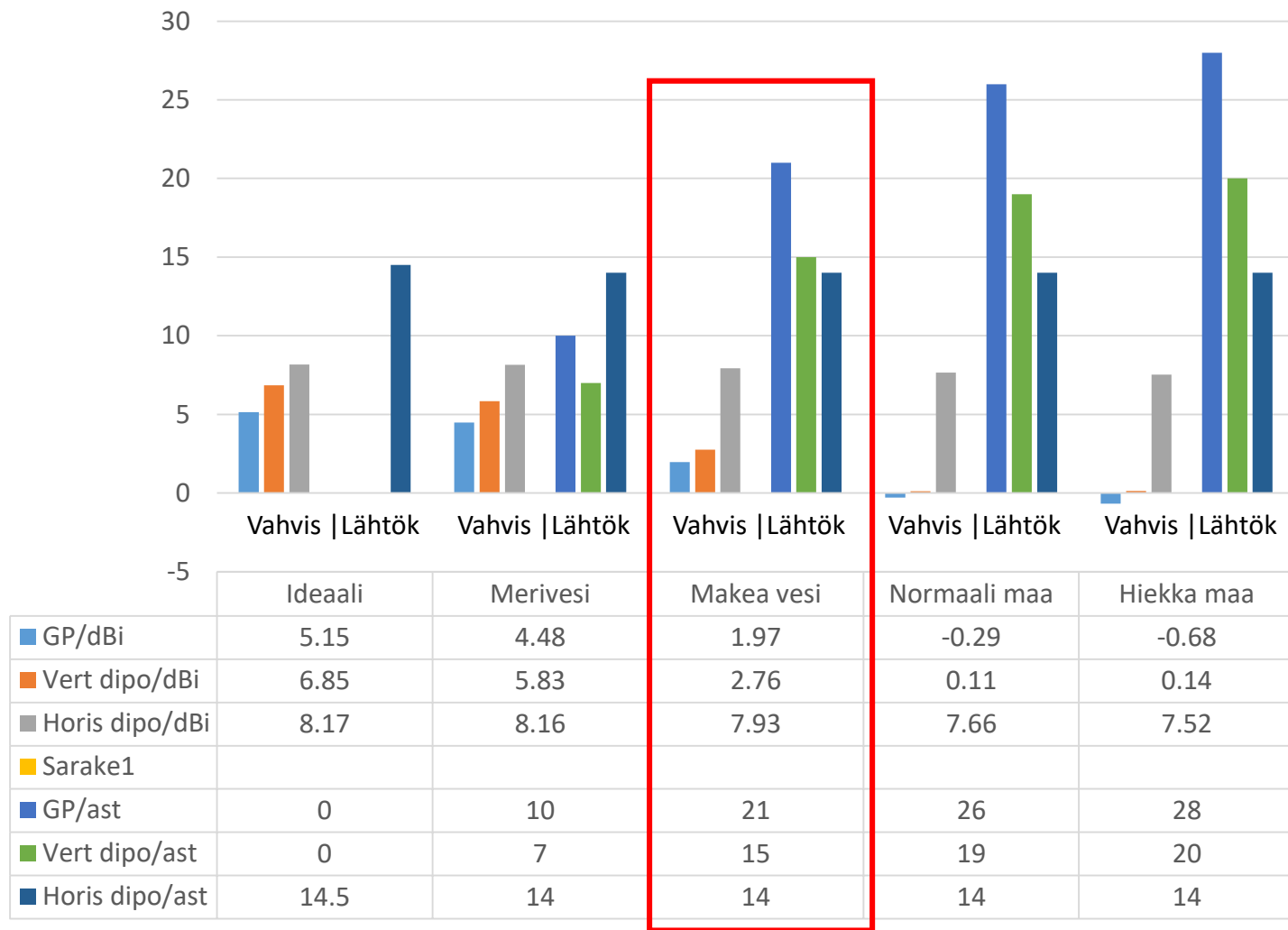
2.4. Yhteenveto maan laadun vaikutuksesta em perusteella



1-3 on vahvistus, 4-6 on lähtökulma



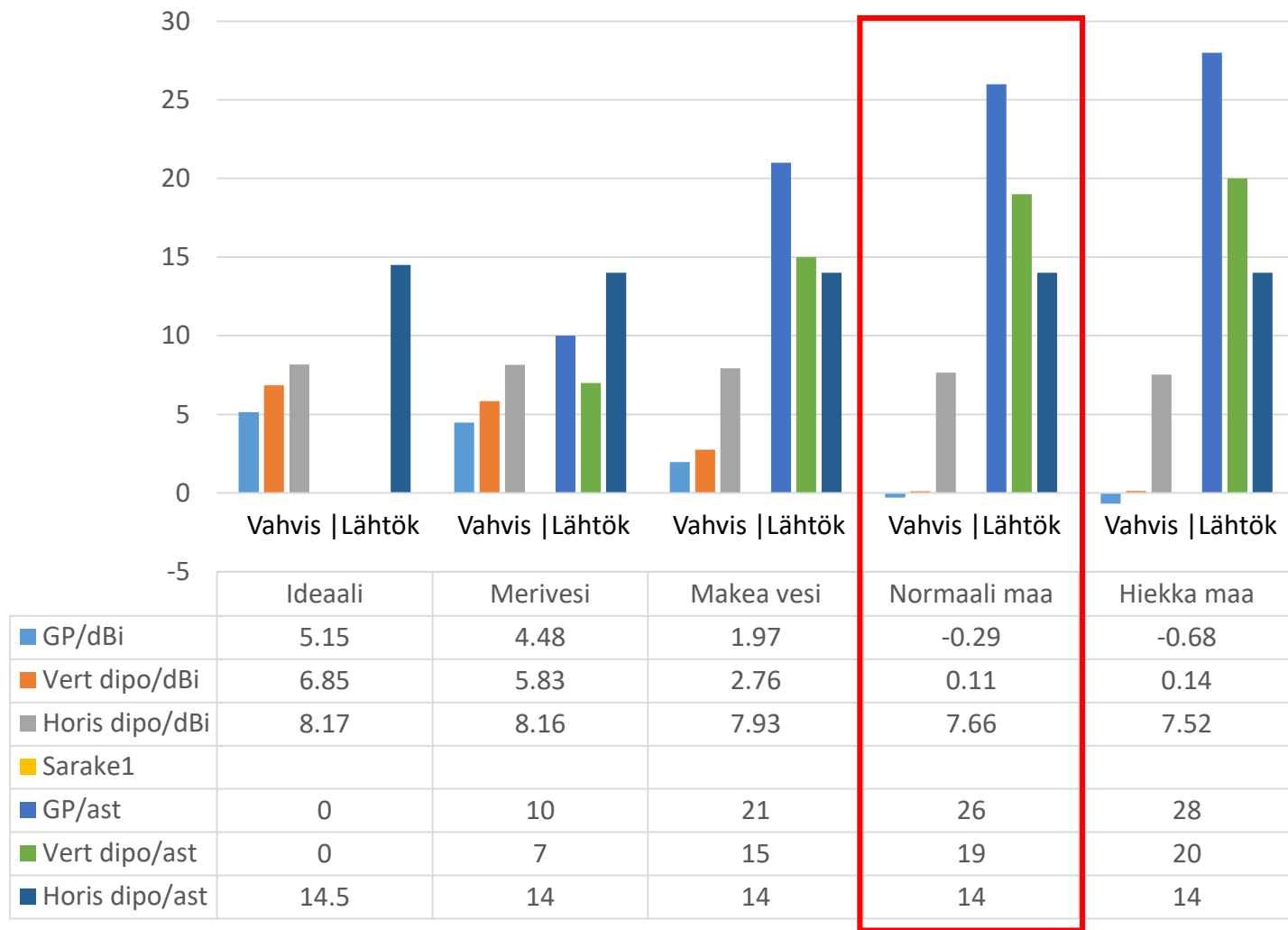
2.4. Yhteenveto maan laadun vaikutuksesta em perusteella



1-3 on vahvistus, 4-6 on lähtökulma



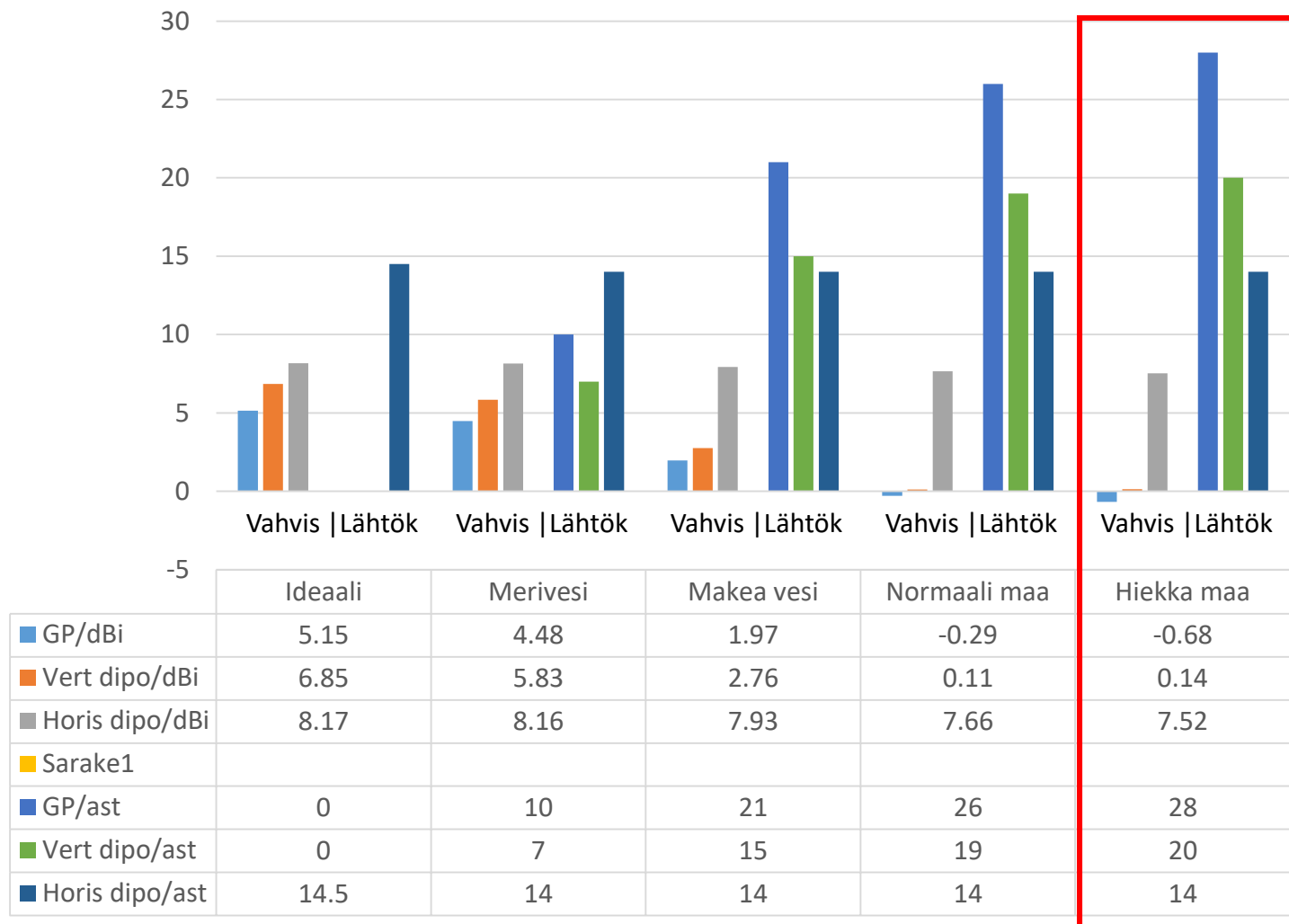
2.4. Yhteenveto maan laadun vaikutuksesta em perusteella



1-3 on vahvistus, 4-6 on lähtökulma



2.4. Yhteenveto maan laadun vaikutuksesta em perusteella



1-3 on vahvistus, 4-6 on lähtökulma

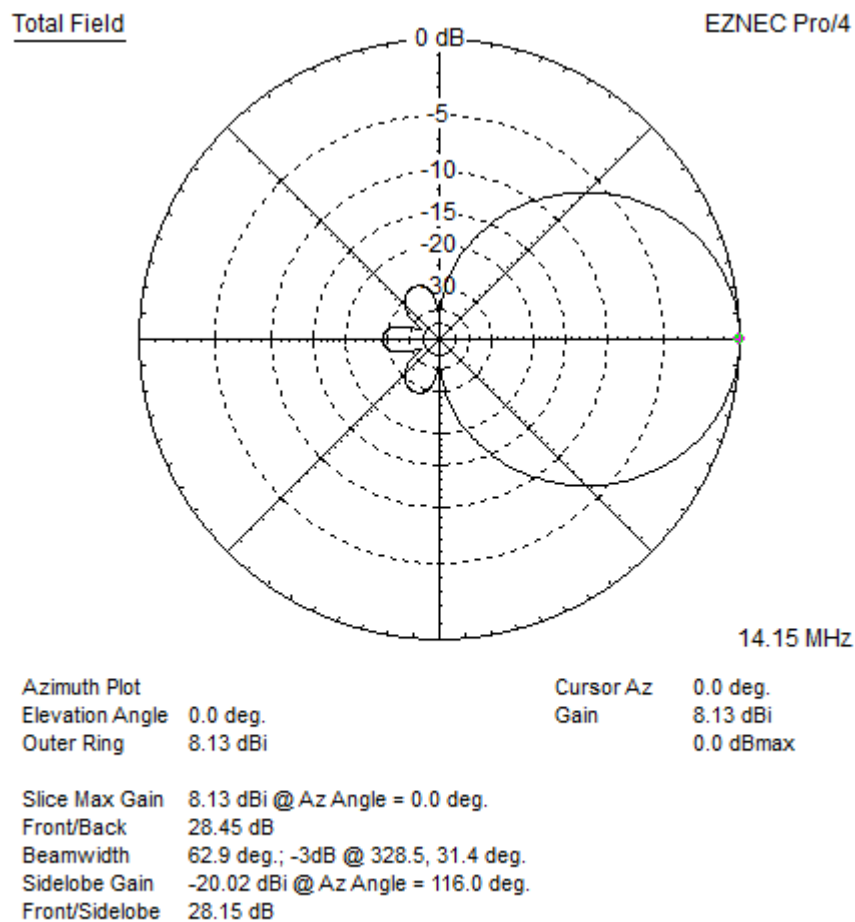


2.5.

Liite: 3-el Yagi

Maan laadun vaikutus 20m alueella

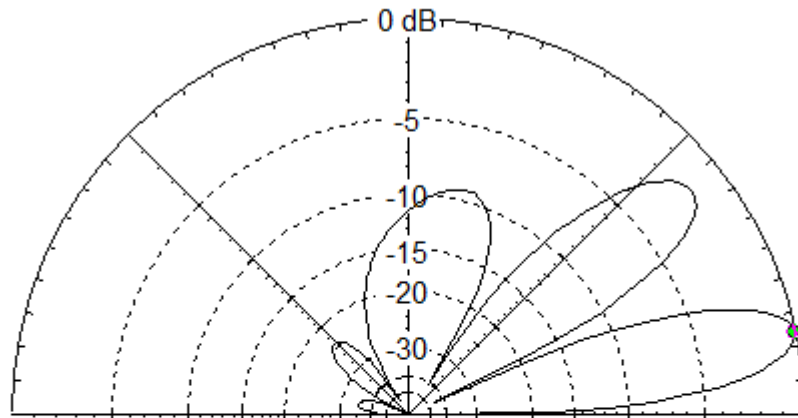
2.5.0. 3-el Yagi vapaassa tilassa, $f=14.15\text{MHz}$ 8.13dB



2.5.1. 3-el Yagi 25m korkealla, merivesi 13.98dBi, 12 astetta

Total Field

EZNEC Pro/4



14.15 MHz

Elevation Plot
Azimuth Angle 0.0 deg.
Outer Ring 13.98 dBi

Cursor Elev 12.0 deg.
Gain 13.98 dBi
0.0 dBmax

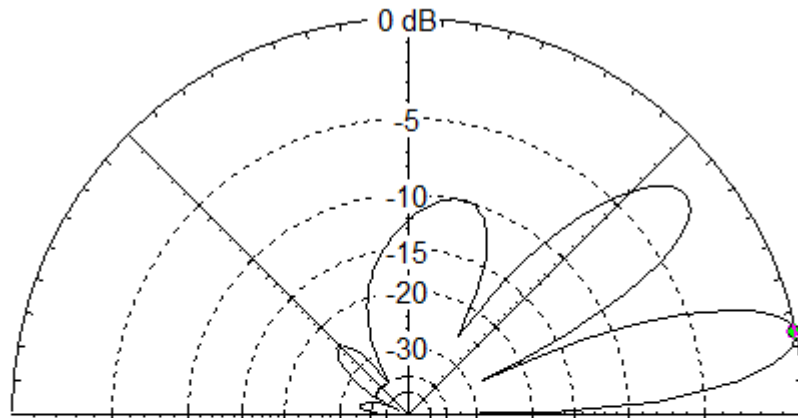
Slice Max Gain 13.98 dBi @ Elev Angle = 12.0 deg.
Beamwidth 12.3 deg.; -3dB @ 6.0, 18.3 deg.
Sidelobe Gain 12.41 dBi @ Elev Angle = 38.0 deg.
Front/Sidelobe 1.57 dB

- Käytännön ideaali tapaus
- Vesi $5S/\epsilon=81$

2.5.2. 3-el Yagi 25m korkealla, makea vesi 13.8dBi, 12 astetta

Total Field

EZNEC Pro/4



14.15 MHz

Elevation Plot
Azimuth Angle 0.0 deg.
Outer Ring 13.8 dBi

Cursor Elev 12.0 deg.
Gain 13.8 dBi
0.0 dBmax

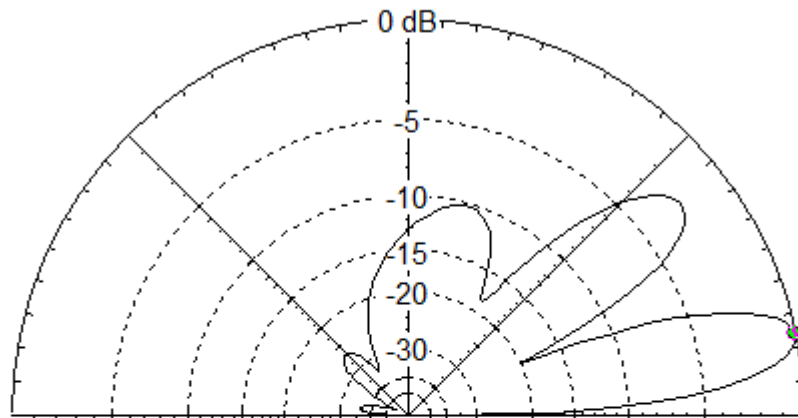
Slice Max Gain 13.8 dBi @ Elev Angle = 12.0 deg.
Beamwidth 12.3 deg.; -3dB @ 5.9, 18.2 deg.
Sidelobe Gain 11.86 dBi @ Elev Angle = 38.0 deg.
Front/Sidelobe 1.94 dB

- Vahvistus 0.18dB pienempi kuin meriveden päällä
- Lähtökulma sama kuin meriveden päällä
- Vesi $0.001S/\epsilon=80$

2.5.3. 3-el Yagi 25m korkealla, normaali maa 13.53dBi, 12 astetta

Total Field

EZNEC Pro/4



14.15 MHz

Elevation Plot
Azimuth Angle 0.0 deg.
Outer Ring 13.53 dBi

Cursor Elev 12.0 deg.
Gain 13.53 dBi
0.0 dBmax

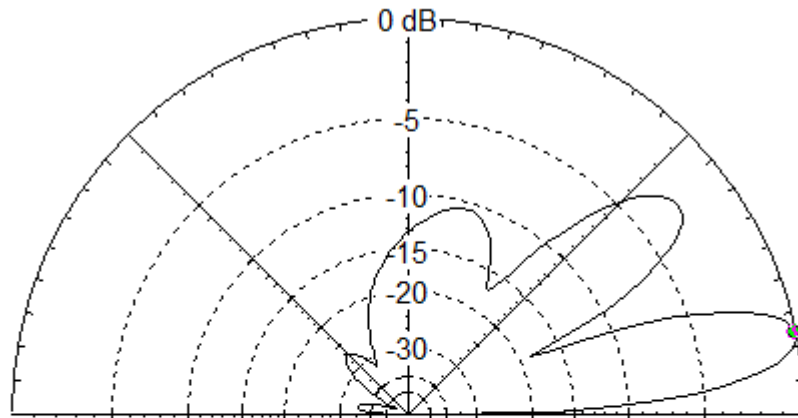
Slice Max Gain 13.53 dBi @ Elev Angle = 12.0 deg.
Beamwidth 12.2 deg.; -3dB @ 5.8, 18.0 deg.
Sidelobe Gain 11.18 dBi @ Elev Angle = 38.0 deg.
Front/Sidelobe 2.35 dB

- Vahvistus 0.45dB
pienempi kuin meriveden
päällä
- Lähtökulma sama kuin
meriveden päällä
- Maa $0.005\text{mS}/\epsilon=13$

2.5.4. 3-el Yagi 25m korkealla, kuiva hiekka maa 13.43dBi, 12 astetta

Total Field

EZNEC Pro/4



14.15 MHz

Elevation Plot
Azimuth Angle 0.0 deg.
Outer Ring 13.43 dBi

Cursor Elev 12.0 deg.
Gain 13.43 dBi
0.0 dBmax

Slice Max Gain 13.43 dBi @ Elev Angle = 12.0 deg.
Beamwidth 12.3 deg.; -3dB @ 5.7, 18.0 deg.
Sidelobe Gain 10.9 dBi @ Elev Angle = 38.0 deg.
Front/Sidelobe 2.53 dB

- Vahvistus 0.55dB
pienempi kuin meriveden
päällä
- Lähtökulma sama kuin
meriveden päällä
- Maa 0.002mS/ $\epsilon=10$

2.5.5. 3-el Yagi 25m korkealla, yhteenveto maan laadun vaikutuksesta

- Ero vahvistuksessa meriveden ja hiekkamaan välillä on 0.55dB
 - Vastaava ero dipolilla oli 0.64dB
- Ero lähtökulmassa meriveden ja hiekkamaan välillä on asteen murto-osa
 - Vastaava ero dipolilla oli myös asteen osia
- Kun horisontaalinen HF-antenni on vähintään 1 aallon mitan korkealla, maan laadulla ei ole käytännön merkitystä

2.6.

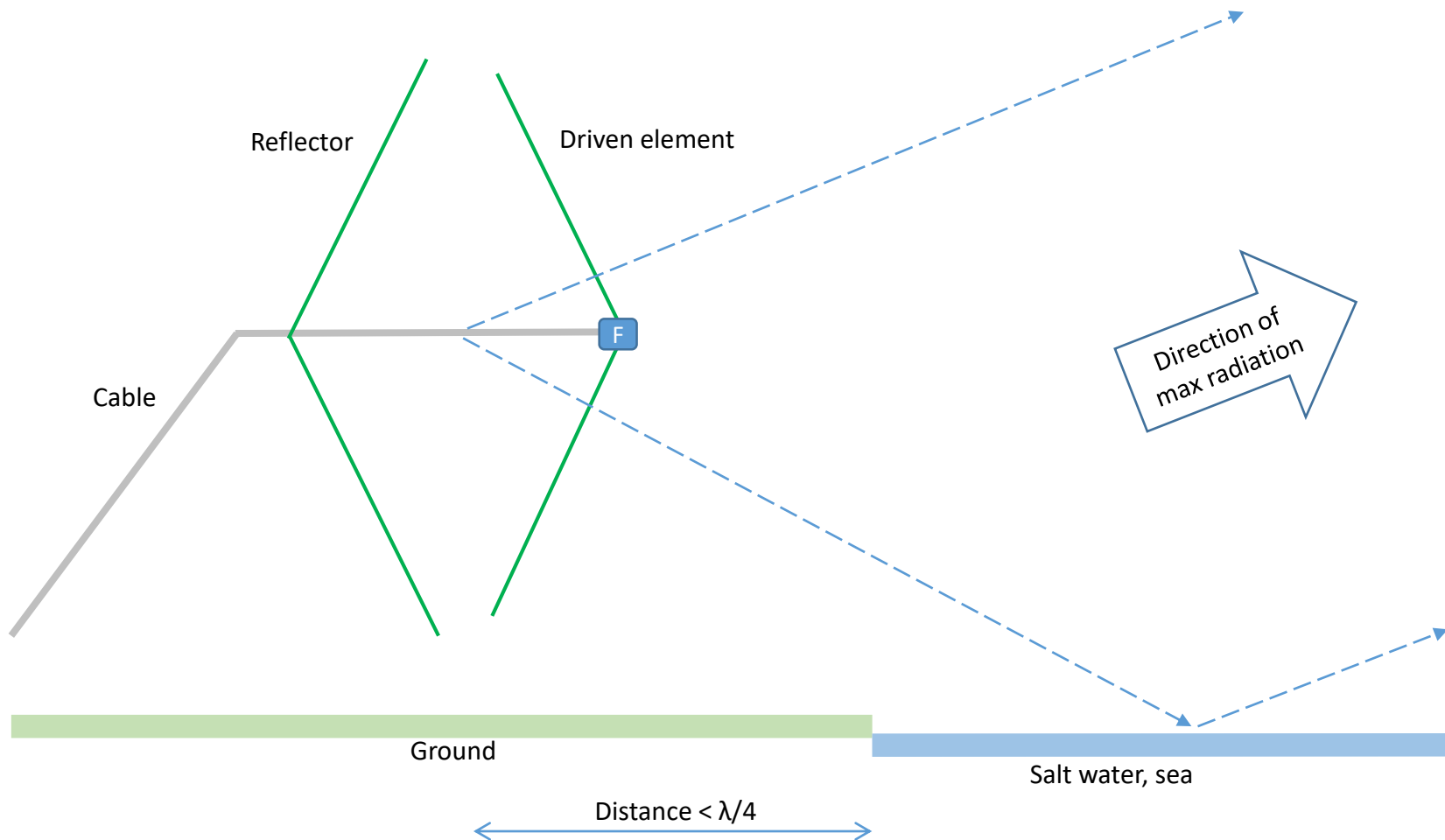
Liite: VDA- antenni, Maan laadun vaikutus 20m alueella

VDA=Vertical Dipole Array
Polarisaatio on vertikaalinen



15m VDA at 9M00
in 2016

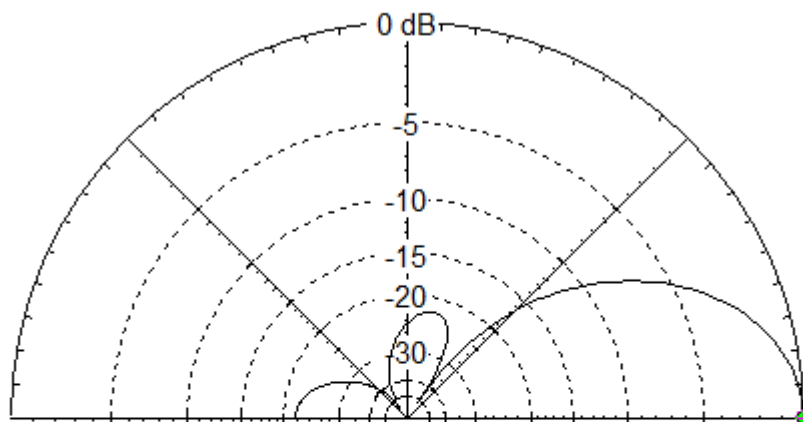
2.6.0. Vertical Dipole Array, the concept



2.6.1. 2-el VDA, häviötön maa 11.36dBi, 0 astetta

Total Field

EZNEC Pro/4



14.1 MHz

Elevation Plot
Azimuth Angle 0.0 deg.
Outer Ring 11.36 dBi

Cursor Elev 0.0 deg.
Gain 11.36 dBi
0.0 dBmax

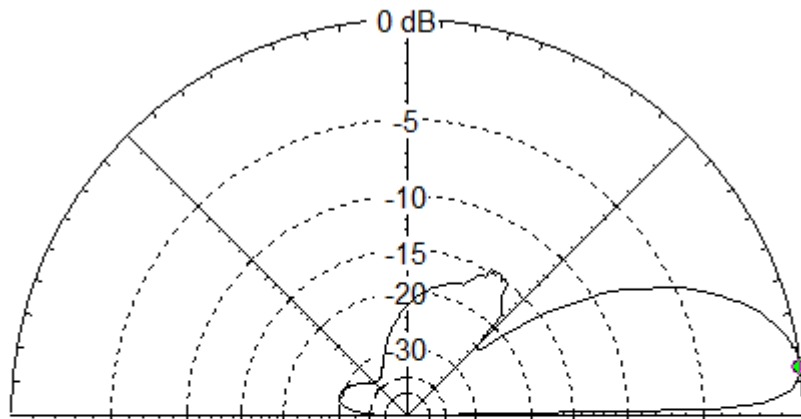
Slice Max Gain 11.36 dBi @ Elev Angle = 0.0 deg.
Beamwidth ?; -3dB @ 21.0 deg.
Sidelobe Gain -10.71 dBi @ Elev Angle = 75.0 deg.
Front/Sidelobe 22.07 dB

- Vahvistus 11.36dBi
- Lähtökulma 0 astetta
- Häviötön maa on puhdasta teoriaa
- Merivesi on käytännössä paras "maa" HF-alueella

2.6.2. 2-el VDA, etäisyys 5m suolaisesta vedestä 9.8dBi, 7 astetta

Total Field

EZNEC Pro/4



14.1 MHz

Elevation Plot
Azimuth Angle 0.0 deg.
Outer Ring 9.8 dBi

Cursor Elev 7.0 deg.
Gain 9.8 dBi
0.0 dBmax

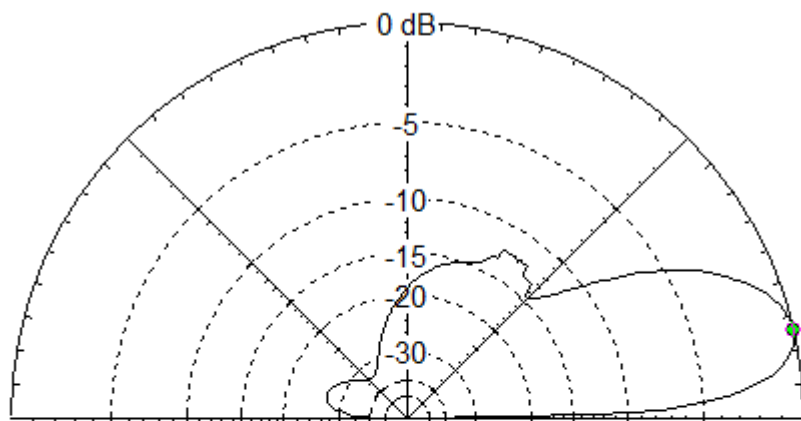
Slice Max Gain 9.8 dBi @ Elev Angle = 7.0 deg.
Beamwidth 19.7 deg.; -3dB @ 1.6, 21.3 deg.
Sidelobe Gain -4.76 dBi @ Elev Angle = 60.0 deg.
Front/Sidelobe 14.56 dB

- Vahvistus 9.8dBi
- 1.56dB huonompi kuin häviöttömässä maassa
- Lähtökulma 7 astetta
- Lähtökulma sama kuin 43m korkealla vaaka-antennilla
- Vahvistus 1.7dB parempi kuin 43m korkealla dipolilla
- Vesi 5S / $\epsilon=81$

2.6.3. 2-el VDA, 5m makeasta vedestä 6.85dBi, 13 astetta

Total Field

EZNEC Pro/4



14.1 MHz

Elevation Plot
Azimuth Angle 0.0 deg.
Outer Ring 6.85 dBi

Cursor Elev 13.0 deg.
Gain 6.85 dBi
0.0 dBmax

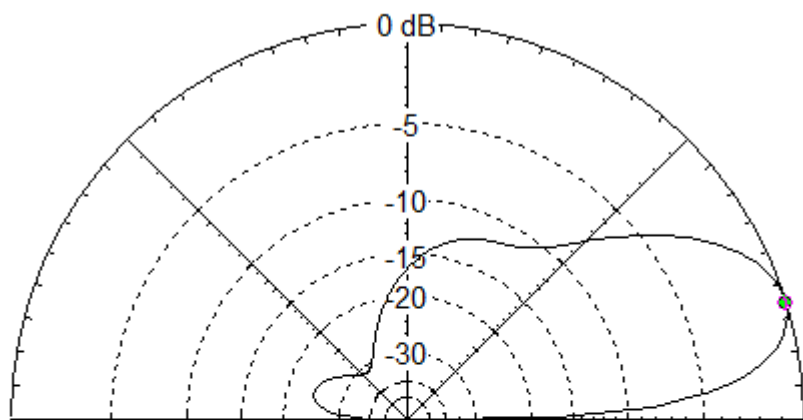
Slice Max Gain 6.85 dBi @ Elev Angle = 13.0 deg.
Beamwidth 21.6 deg.; -3dB @ 4.5, 26.1 deg.
Sidelobe Gain -5.3 dBi @ Elev Angle = 54.0 deg.
Front/Sidelobe 12.15 dB

- Vahvistus 6.85dBi
- 3dB huonompi kuin merivesi tapaus
- Lähtökulma 13 astetta
- Lähtökulma sama kuin 23m korkealla vaaka-antennilla
- Vahvistus 1dB pienempi kuin 23m korkealla dipolilla
- Vesi 0.001S / $\epsilon=80$

2.6.4. 2-el VDA, keskimääräinen maa 4.38dBi, 17 astetta

Total Field

EZNEC Pro/4



14.1 MHz

Elevation Plot

Azimuth Angle 0.0 deg.

Outer Ring 4.38 dBi

Cursor Elev 17.0 deg.

Gain 4.38 dBi

0.0 dBmax

Slice Max Gain 4.38 dBi @ Elev Angle = 17.0 deg.

Beamwidth 26.3 deg.; -3dB @ 6.8, 33.1 deg.

Sidelobe Gain -19.78 dBi @ Elev Angle = 164.0 deg.

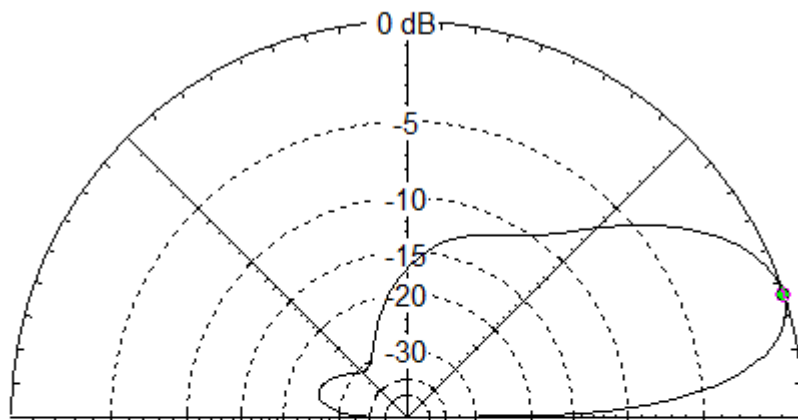
Front/Sidelobe 24.16 dB

- Vahvistus 4.38dBi
- 5.4dB huonompi kuin merivesi tapaus
- Lähtökulma 17 astetta
- Lähtökulma sama kuin 18m korkealla vaaka-antennilla
- Vahvistus 3.1dB pienempi kuin 18m korkealla dipolilla
- Maa 0.005S / $\epsilon=13$

2.6.5. 2-el VDA, kuiva hiekka maa 4.47dBi, 18 astetta

Total Field

EZNEC Pro/4



14.1 MHz

Elevation Plot
Azimuth Angle 0.0 deg.
Outer Ring 4.47 dBi

Cursor Elev 18.0 deg.
Gain 4.47 dBi
0.0 dBmax

Slice Max Gain 4.47 dBi @ Elev Angle = 18.0 deg.
Beamwidth 27.5 deg.; -3dB @ 7.3, 34.8 deg.
Sidelobe Gain -20.53 dBi @ Elev Angle = 163.0 deg.
Front/Sidelobe 25.0 dB

- Vahvistus 4.47dBi
- 5.3dB huonompi kuin merivesi tapaus
- Lähtökulma 18 astetta
- Lähtökulma sama kuin 17m korkealla vaaka-antennilla
- Vahvistus 3dB pienempi kuin 17m korkealla dipolilla
- Maa 0.002S / $\epsilon=10$

2.6.6. Yhteenveto vertikaalien ominaisuuksista 20m alueella

- Ominaisuudet riippuvat erittäin voimakkaasti maan johtavuudesta ja dielektrisyys kertoimesta
- Suolainen merivesi on paras ympäristö
 - Antennin etäisyys vesirajasta tulee olla max $\frac{1}{4}$ aallon mittaa eli 5m 20m alueella. Vesi hyödyttää vain, jos se on säteilysuuntaan
 - Saavutetaan matala lähtökulma, alle 10 astetta
 - Vahvistus vertailukelpoinen horisontaali antennien kanssa
- Makean veden yli saadaan tyydyttäviä tuloksia
- Normaali maalla vertikaali ei ole kilpailukykyinen. Voidaan toki käyttää, jos horisontaali antennia ei saa asennettua

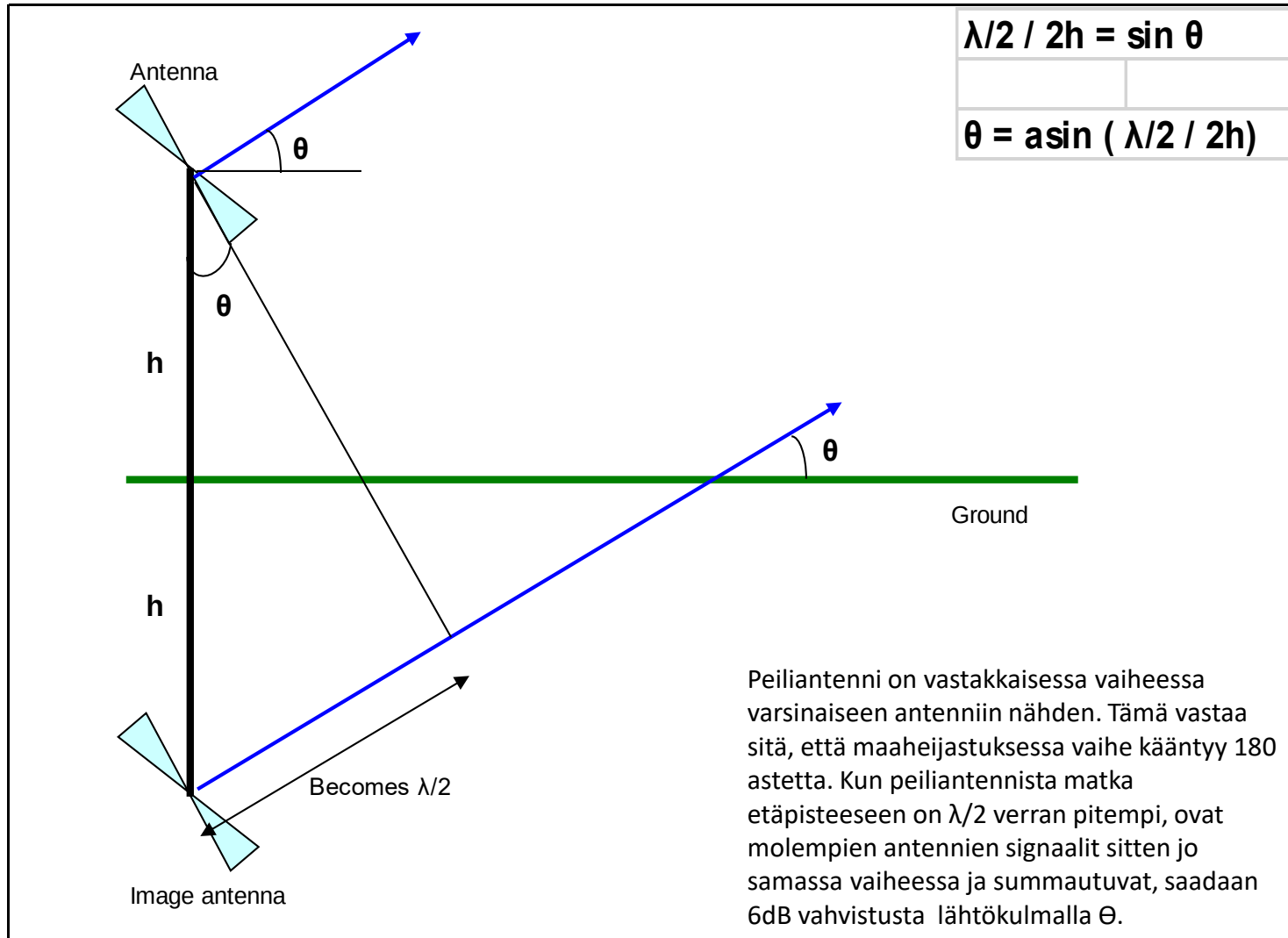


3.

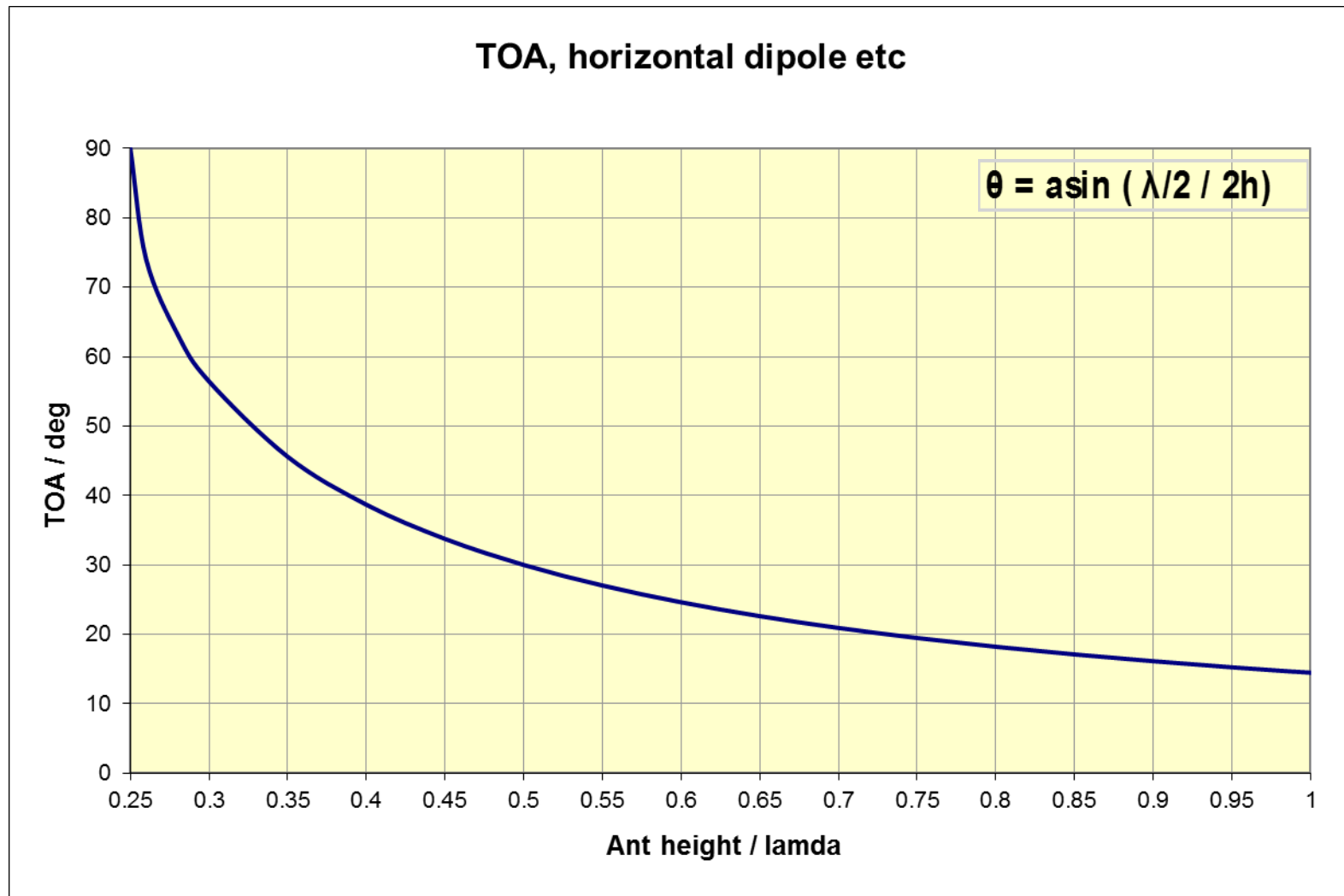
Mikä on horisontaali antennin
optimaalinen korkeus
eri yhteysväleillä?



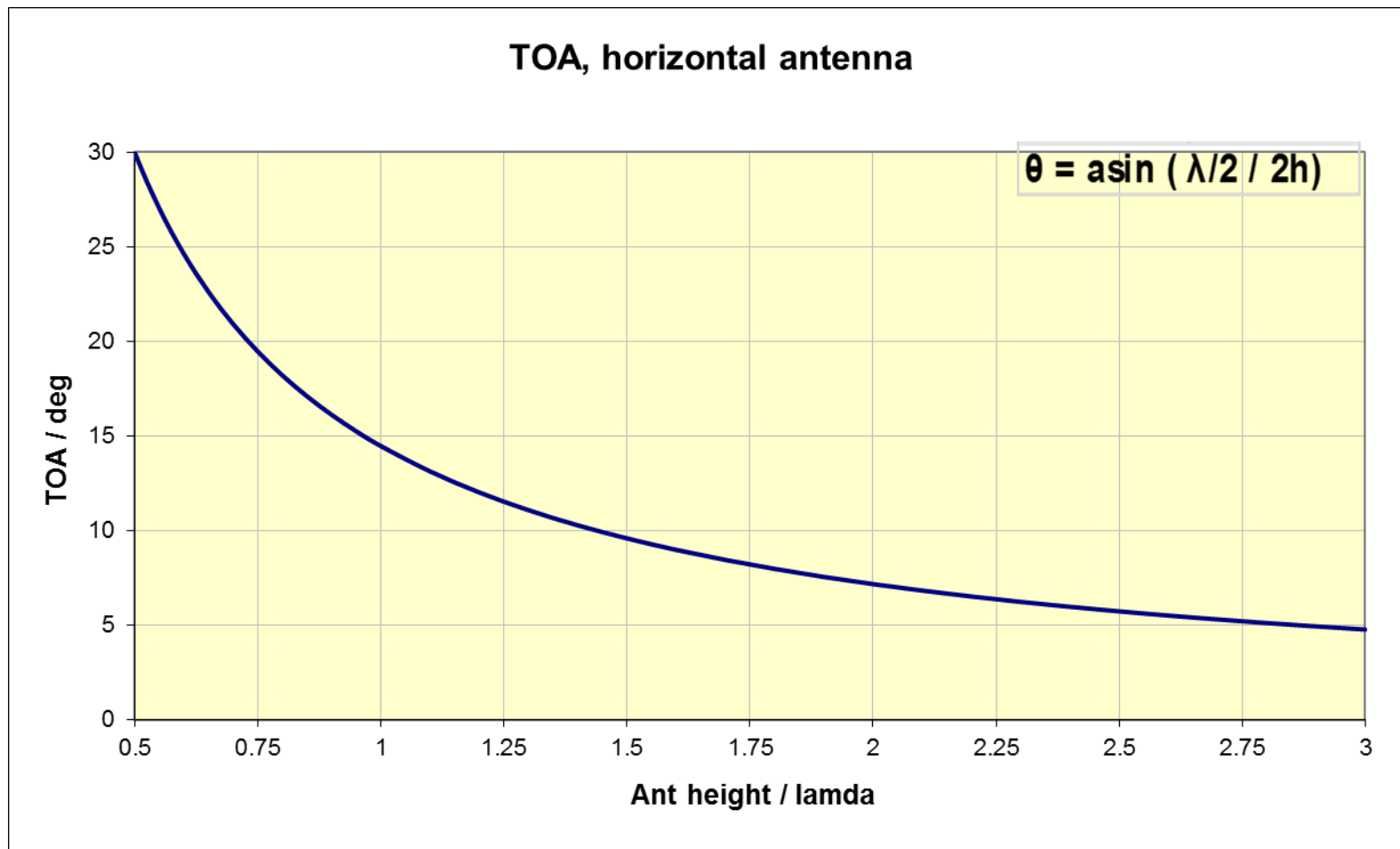
3.1. Horisontaali antennin lähtökulman laskeminen



Lähtökulma, kun korkeus aallonpituus mittana



Lähtökulma, kun korkeus aallonpituus mittana

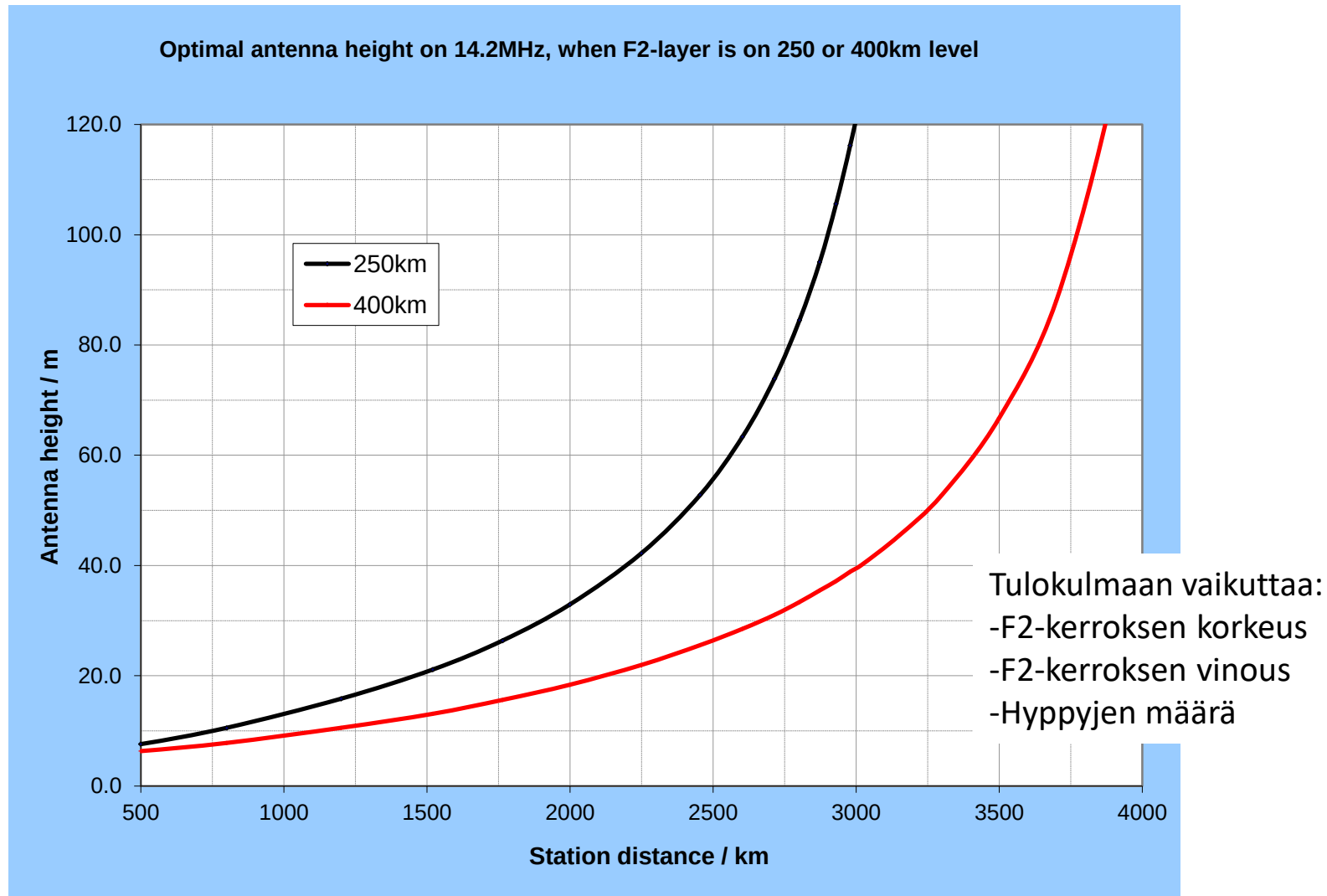


3.2.

Optimi korkeuksia 20m horisontaali antennille ?



3.2.1.1 Tarvittava antennin korkeus yhdellä hypyllä 20m alueella

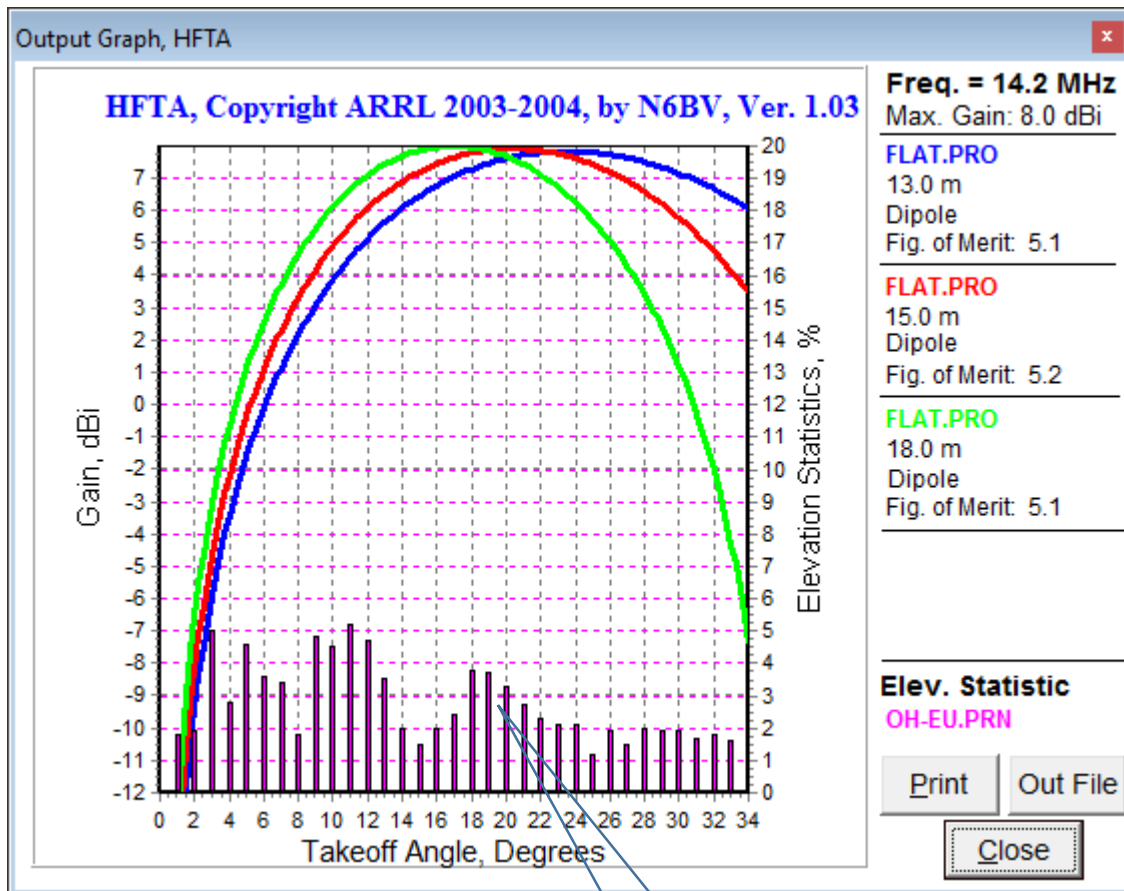


3.2.1.2. Figure of Merit, hyvyysluku

- ARRL:n Antenna Handbookin HFTA-ohjelmassa lasketaan hyvyysluku Figure of Merit, jota voi käyttää antenniasennuksen optimointiin
- FoM on tilastollisesti painotettu keskiarvo. Kunkin tulokulman vahvistus on kerrottu kyseisen tulokulman todennäköisyydellä ja sitten on laskettu nämä yhteen.
- **Tuloksena on dBi-arvo, joka edustaa pitkän ajan keskiarvoa antennin vahvistukselle ko yhteysvälillä.**
- Olen käyttänyt tässä esityksessä optimikorkeuksien arvioimiseen periaatetta, että 0.1dB pudotus FoM:n maksimiarvosta antaa rajat
- Tulokulman vaihteluun vaikuttavat mm
 - F2-kerroksen korkeuden vaihtelu
 - Hyppyjen lukumäärä
 - F2-kerroksen kaltevuus

Katso seuraava sivu

3.2.2. Optimi korkeus dipolille 20 metrillä OH-Eurooppa

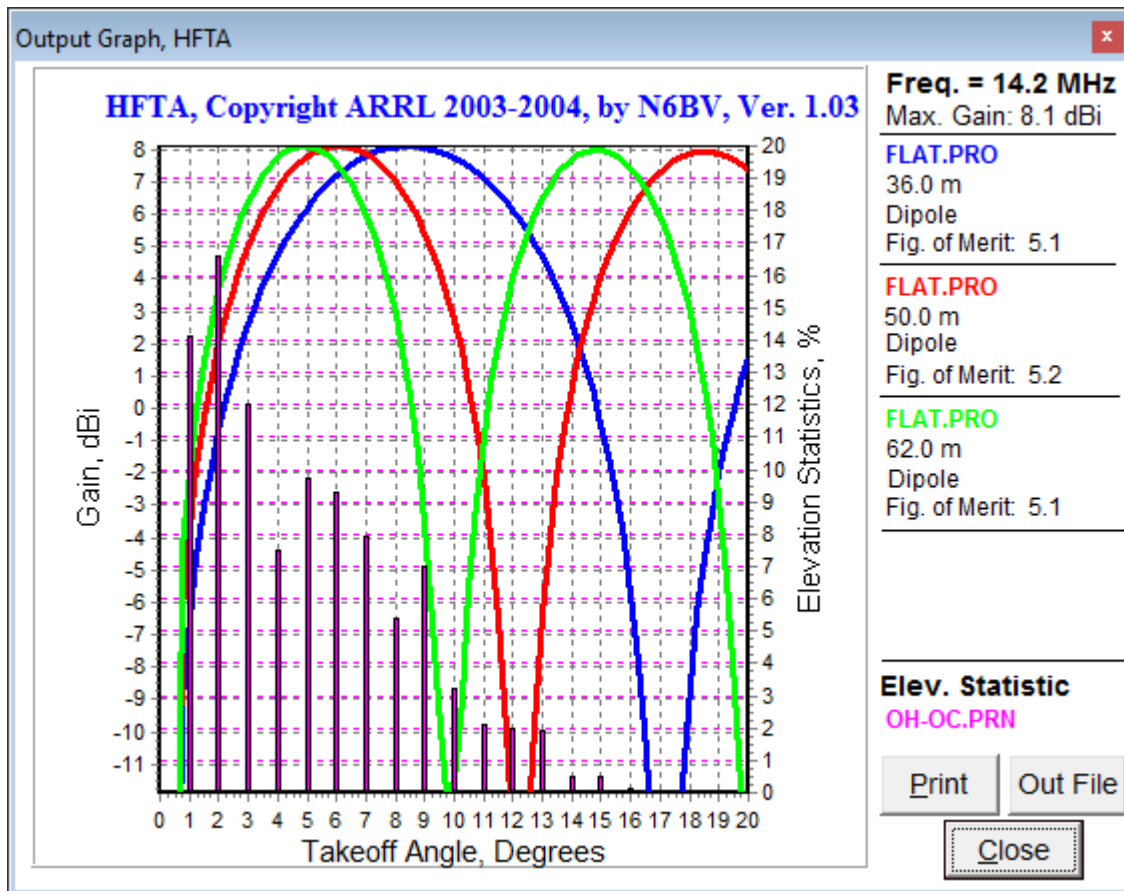


Tulokulma
jakautuma

- Optimi korkeus 13-18m
- Tällöin Figure of Merit >5.1dBi
- FoM maksimi 5.2dBi
- > Korkeus $\frac{3}{4} \lambda$

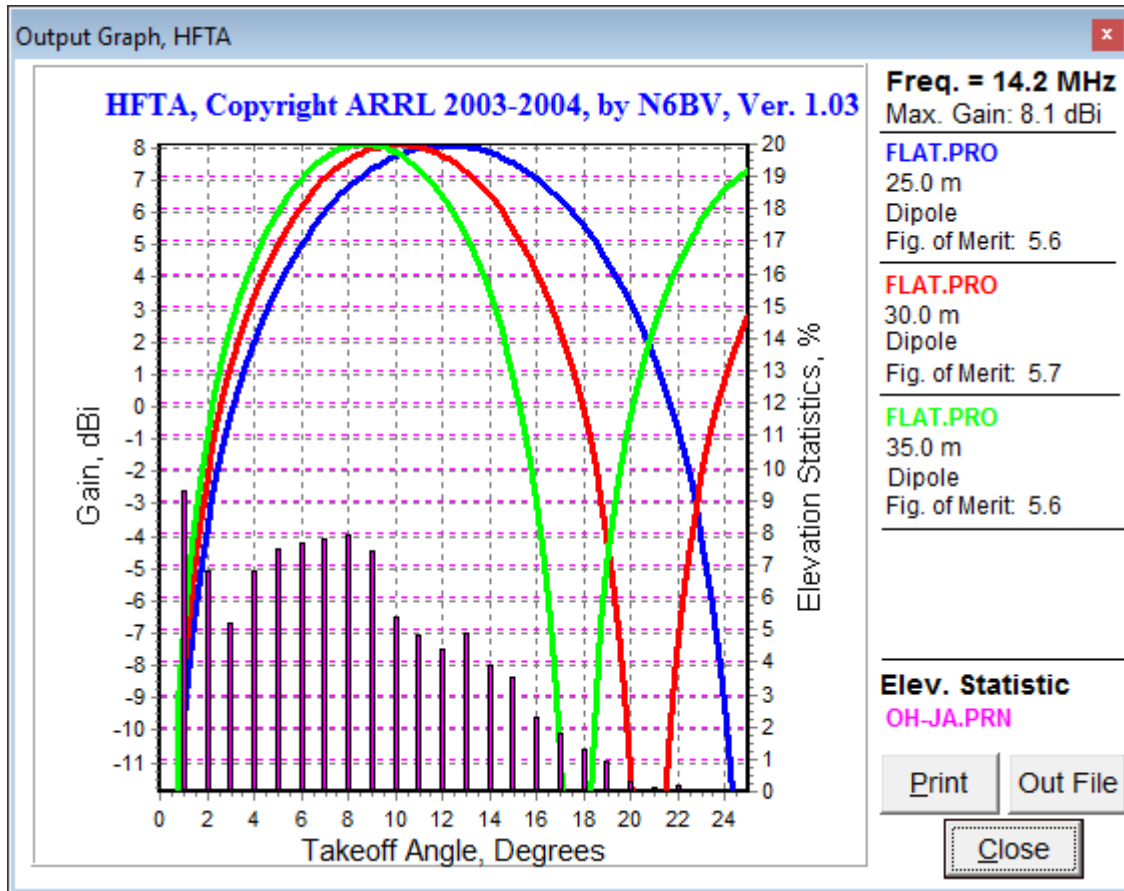
- 2009 data base ARRL

3.2.3. Optimi korkeus dipolille 20 metrillä OH-Oceania



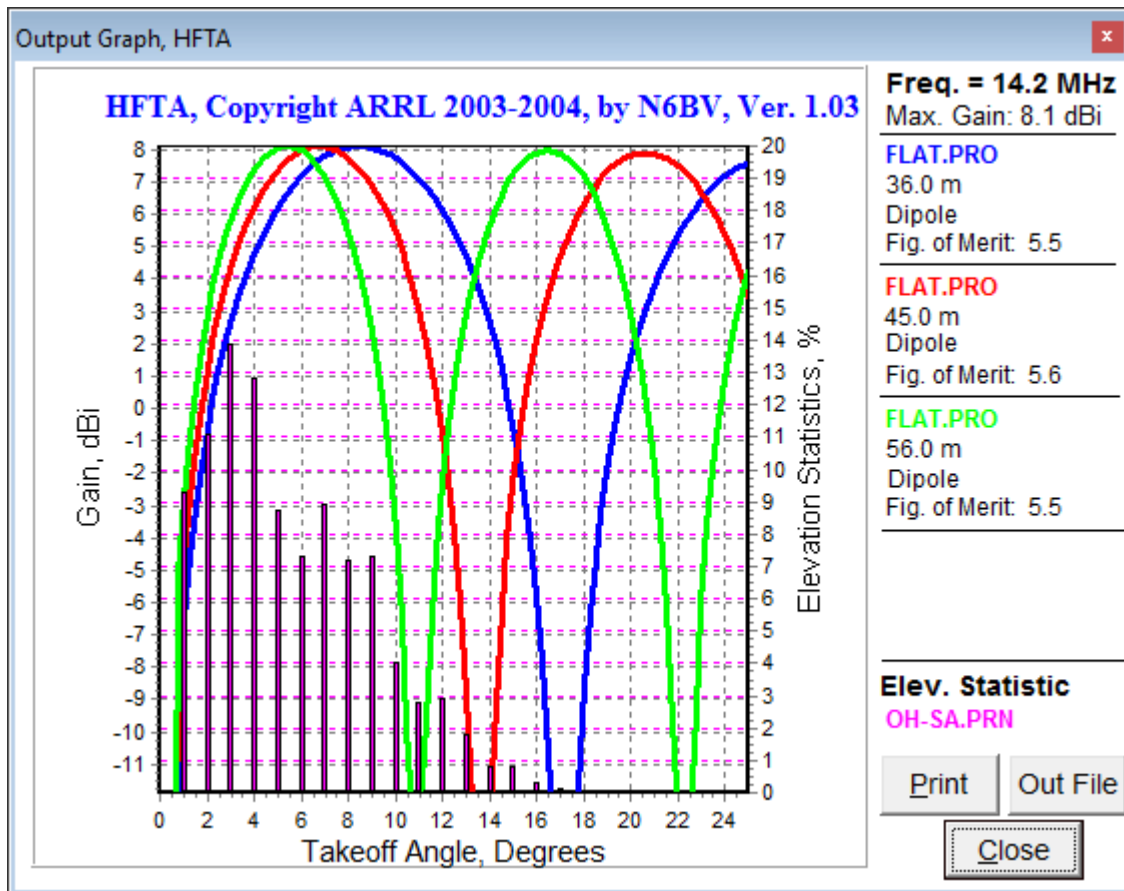
- Optimi korkeus 36-62m
- Tällöin Figure of Merit >5.1dBi
- FoM maksimi 5.2dBi
- > Korkeus $2-3\lambda$
- 2009 data base ARRL

3.2.4. Optimi korkeus dipolille 20 metrillä OH-Japani



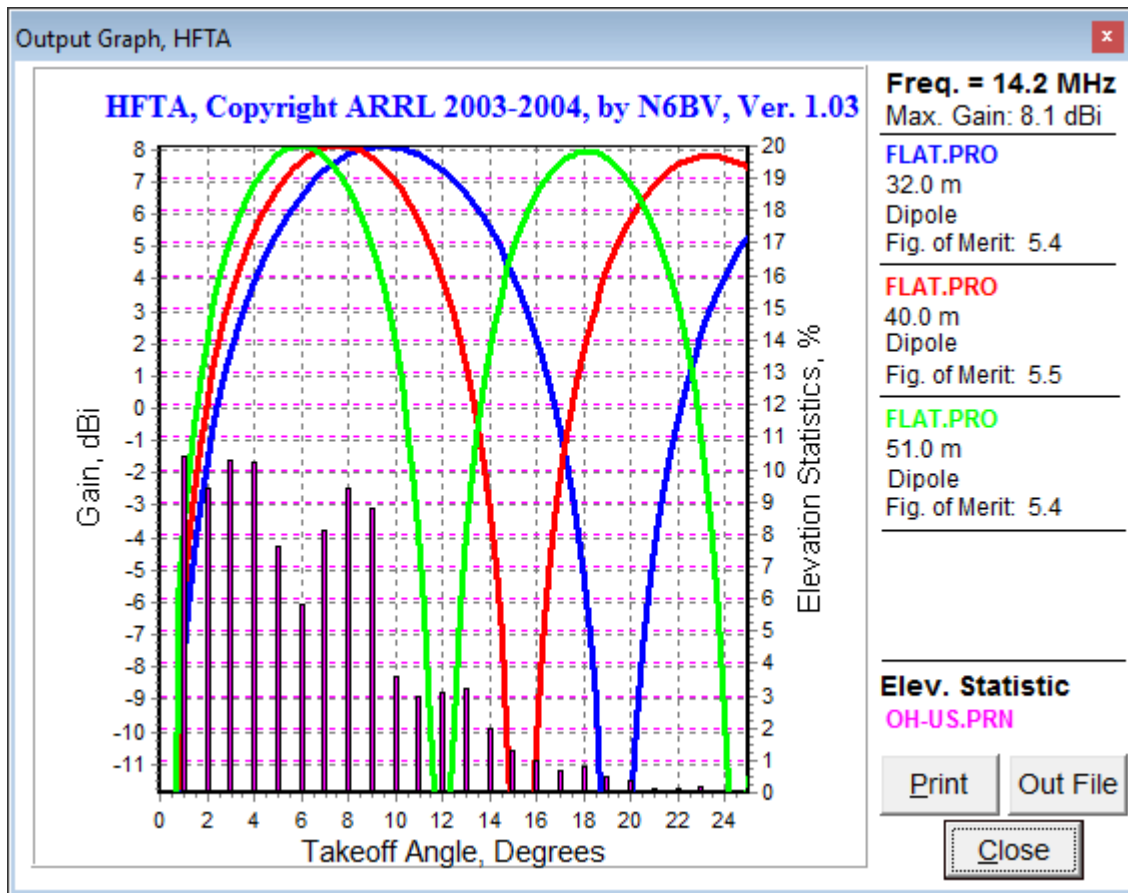
- Optimi korkeus 25-35m
- Tällöin Figure of Merit >5.6dBi
- FoM maksimi 5.7dBi
- > Korkeus 1.5λ
- 2009 data base

3.2.5. Optimi korkeus dipolille 20 metrillä OH - Etelä-Amerikka



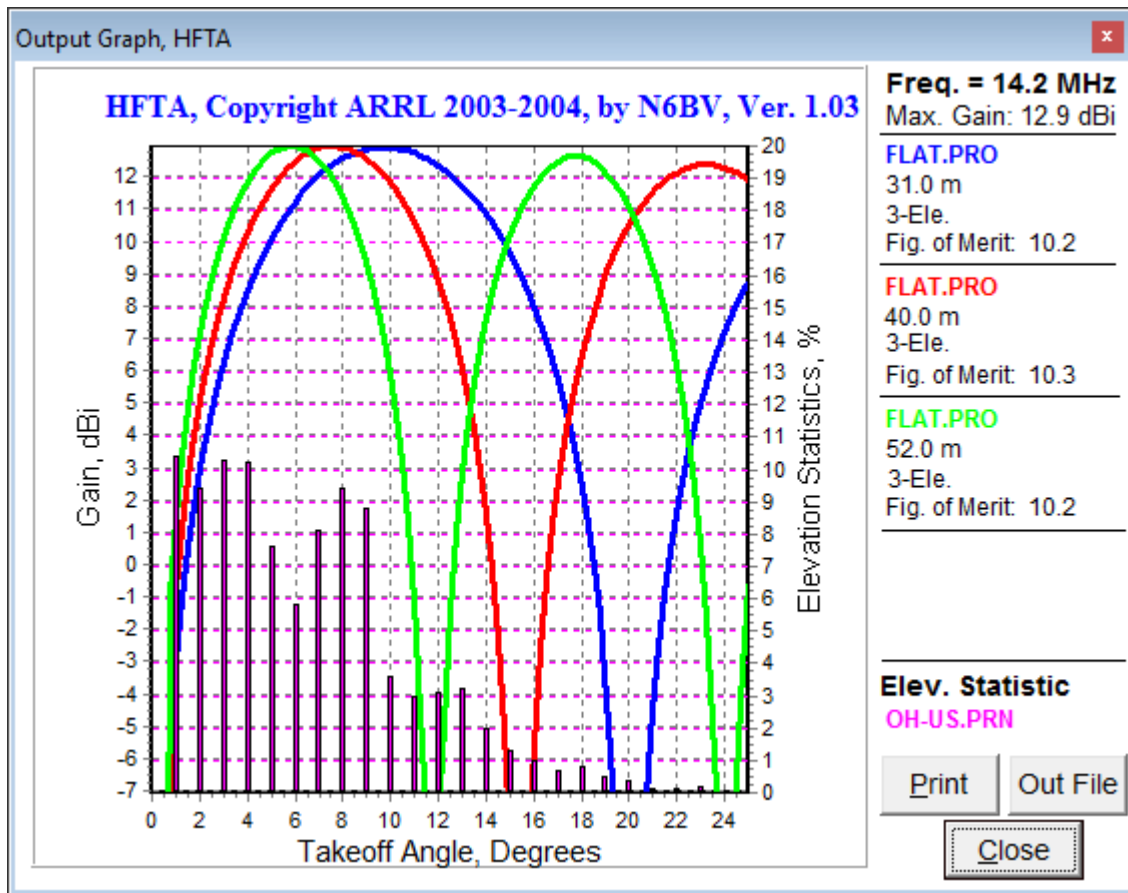
- Optimi korkeus 36-56m
- Tällöin Figure of Merit >5.5dBi
- FoM maksimi 5.6dBi
- > Korkeus 2λ
- 2009 data base

3.2.6.1 Optimi korkeus dipolille 20 metrillä OH-USA



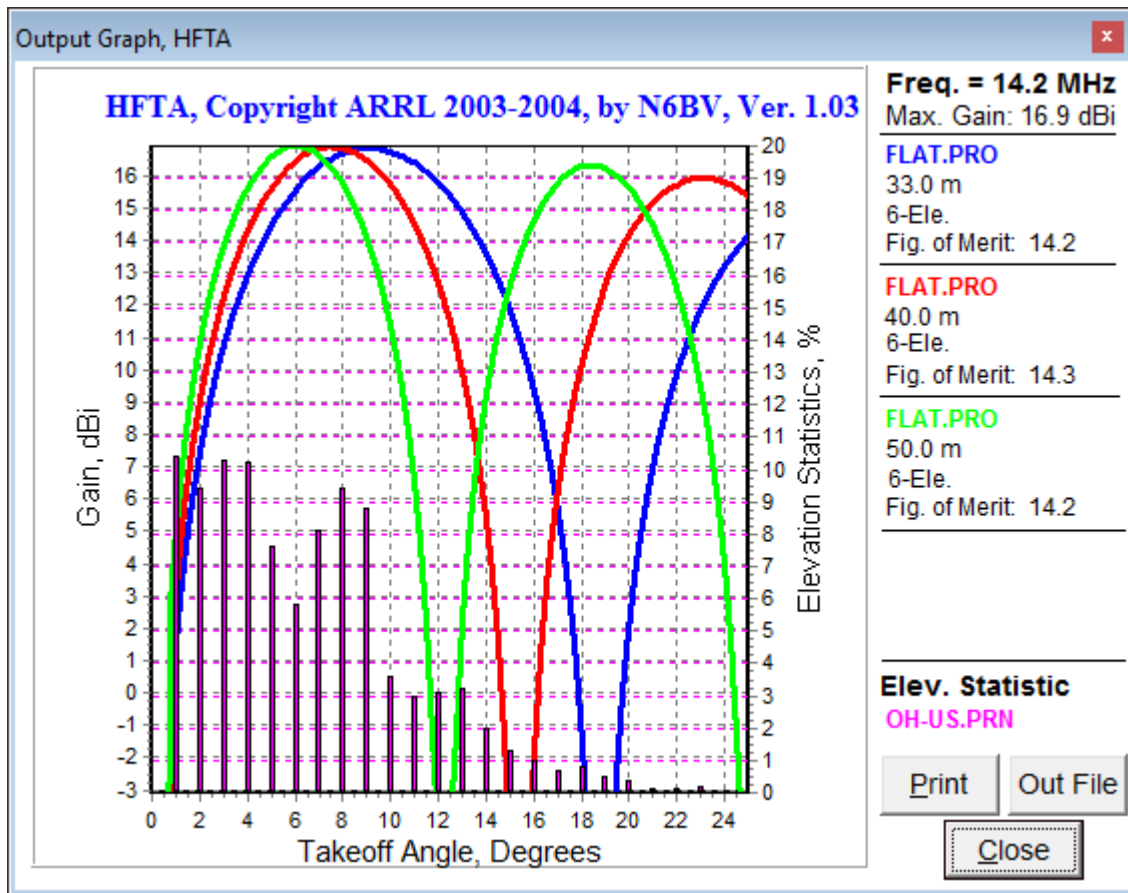
- Optimi korkeus 32-51m
- Tällöin Figure of Merit >5.4dBi
- FoM maksimi 5.5dBi
- > Korkeus 2λ
- 2009 data base

3.2.6.2. Optimi korkeus 3-el yagilla 20 metrillä OH-USA



- Optimi korkeus 31-52m
- Tällöin Figure of Merit >10.2dBi
- FoM maksimi 10.3dBi
- Antenni 7dBi, puomi 16` eli 4.9m
- > Korkeus 2λ
- 2009 data base

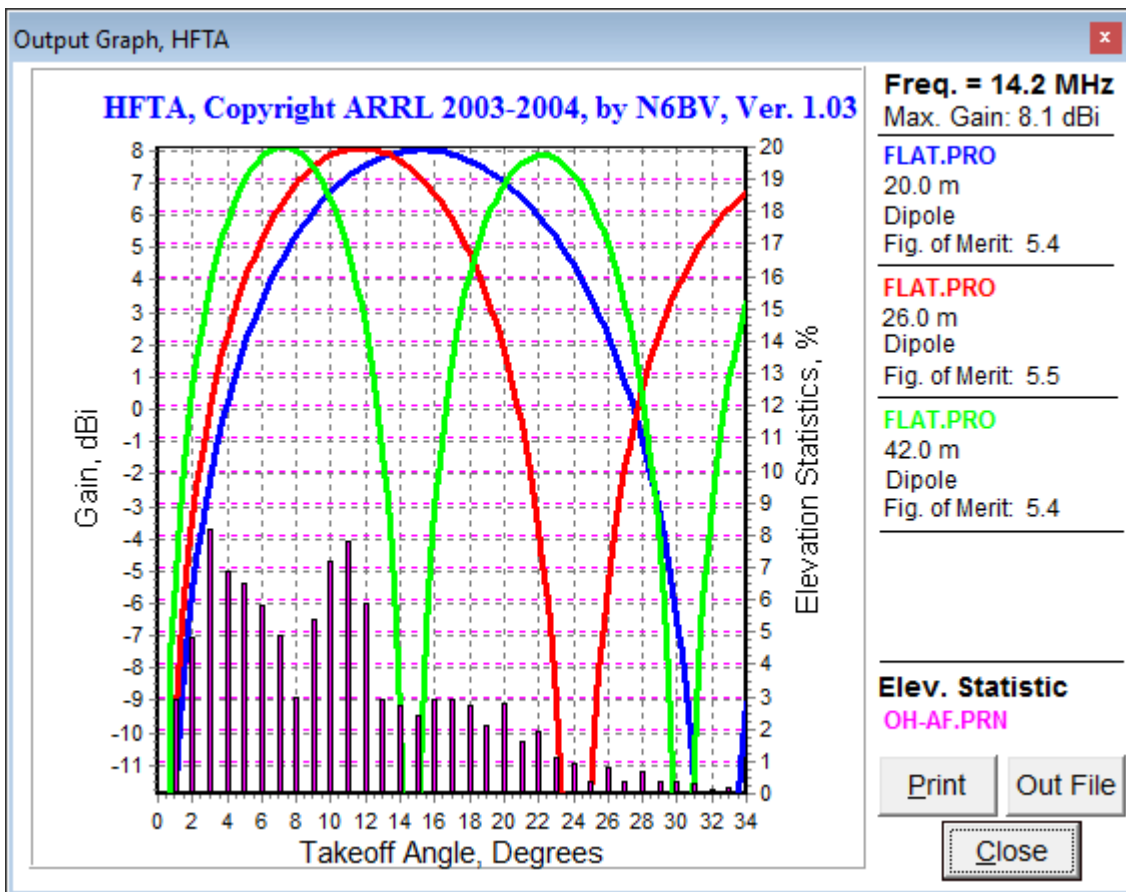
3.2.6.3. Optimi korkeus 6-el yagilla 20 metrillä OH-USA



- Optimi korkeus 33-50m
- Tällöin Figure of Merit >14.2dBi
- FoM maksimi 14.3dBi
- Antenni 11dBi, puomi 60` eli 18.3m
- > Korkeus 2λ
- >Optimi korkeus ei juurikaan riipu elementtien määrästä
- 2009 data base

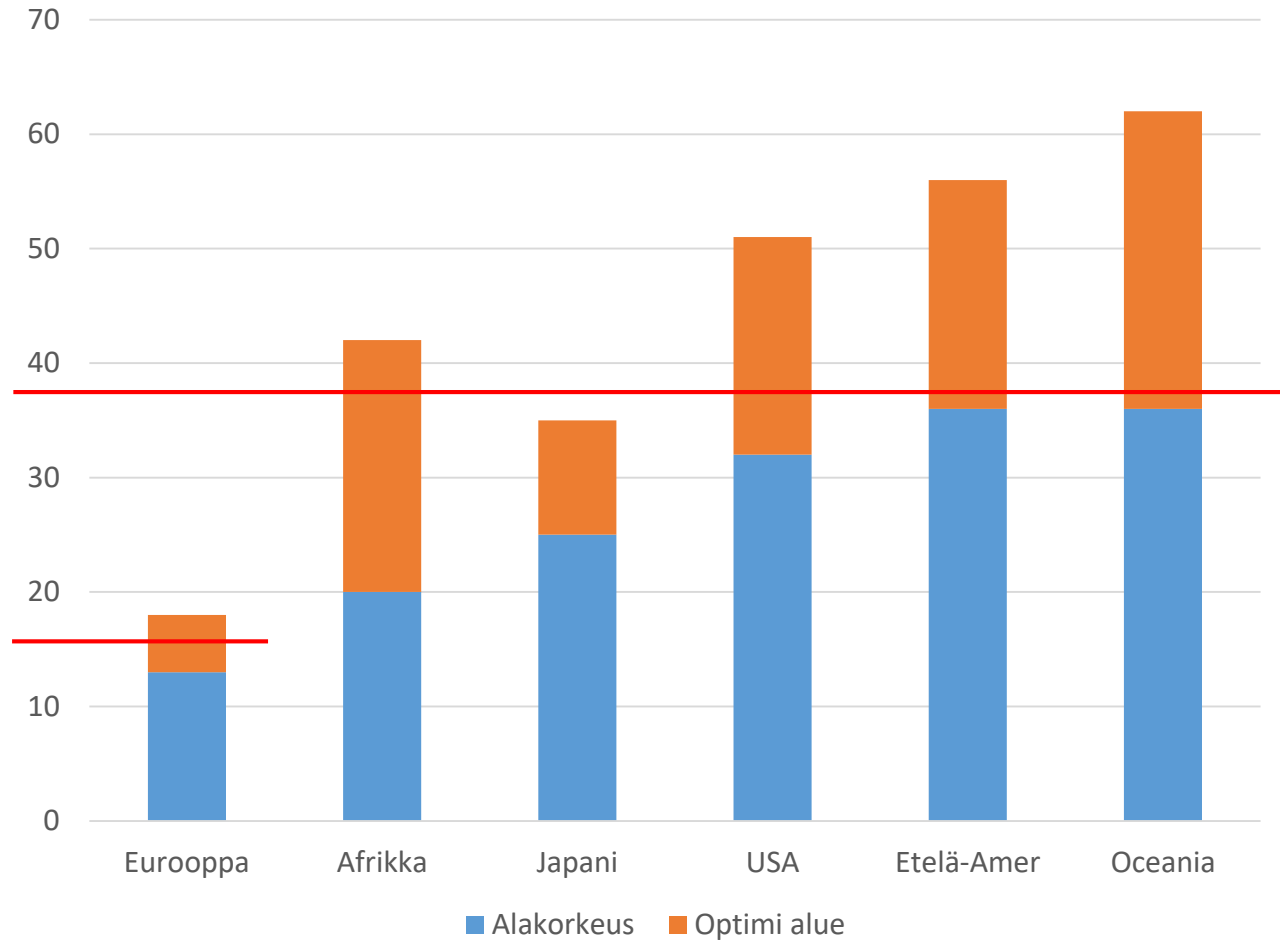


3.2.7. Optimi korkeus dipolille 20 metrillä OH-Afrikka



- Optimi korkeus 20-42m
- Tällöin Figure of Merit >5.4dBi
- FoM maksimi 5.5dBi
- > Korkeus $1-2\lambda$
- 2009 data base

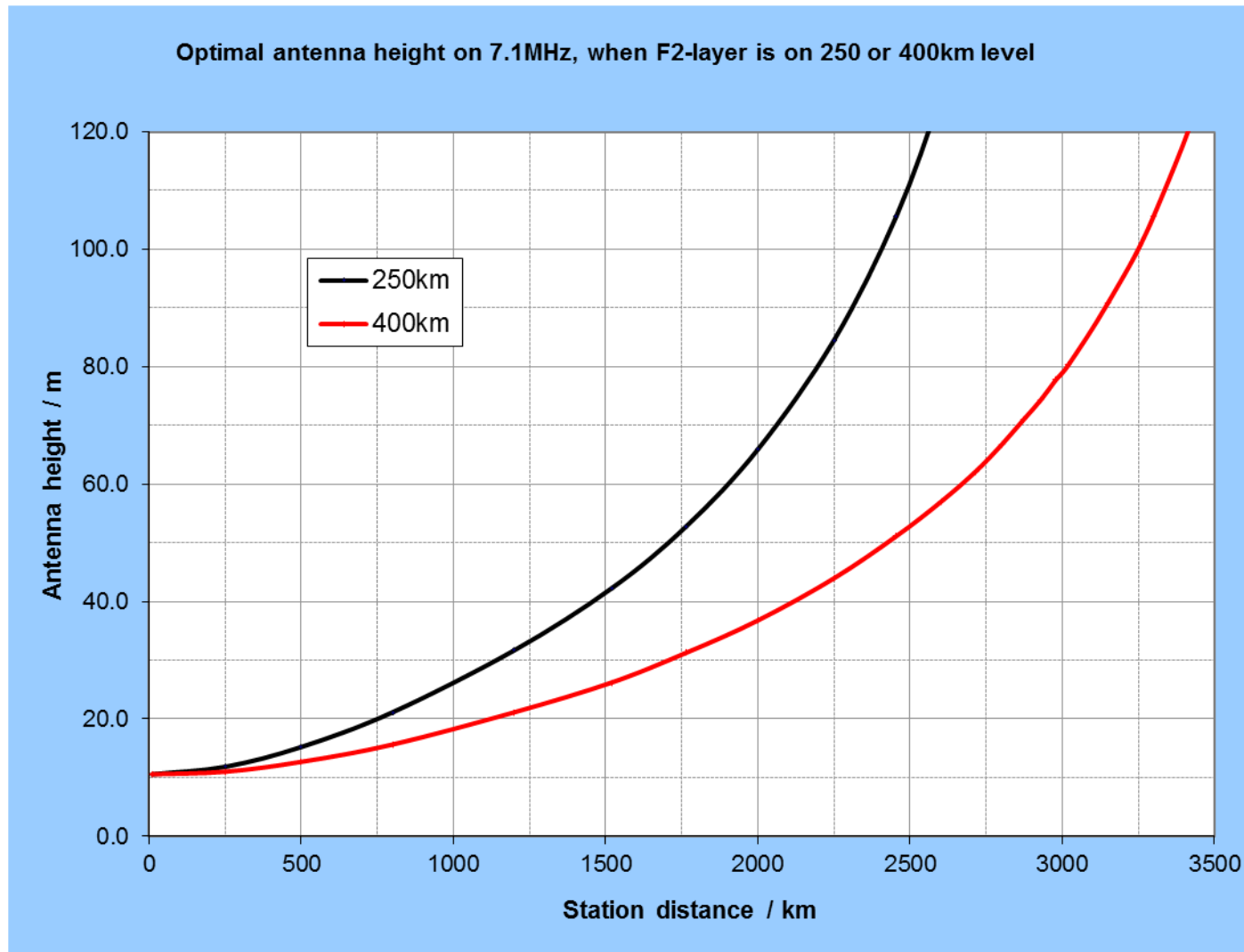
3.2.8. Yhteenveto: 20m optimi antennikorkeudet Suomessa



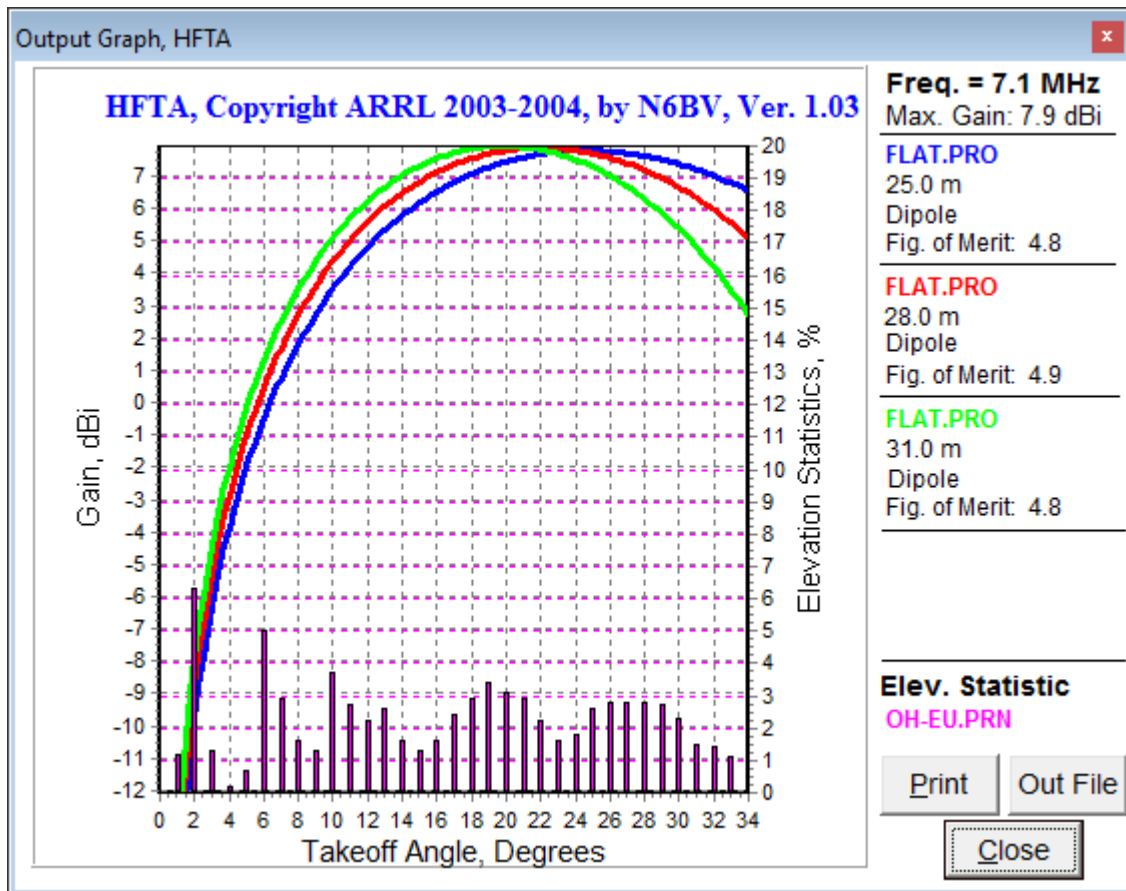
3.3. Optimi korkeuksia 40m horisontaali antennille?



3.3.1. Tarvittava antennin korkeus yhdellä hypyllä 40m alueella

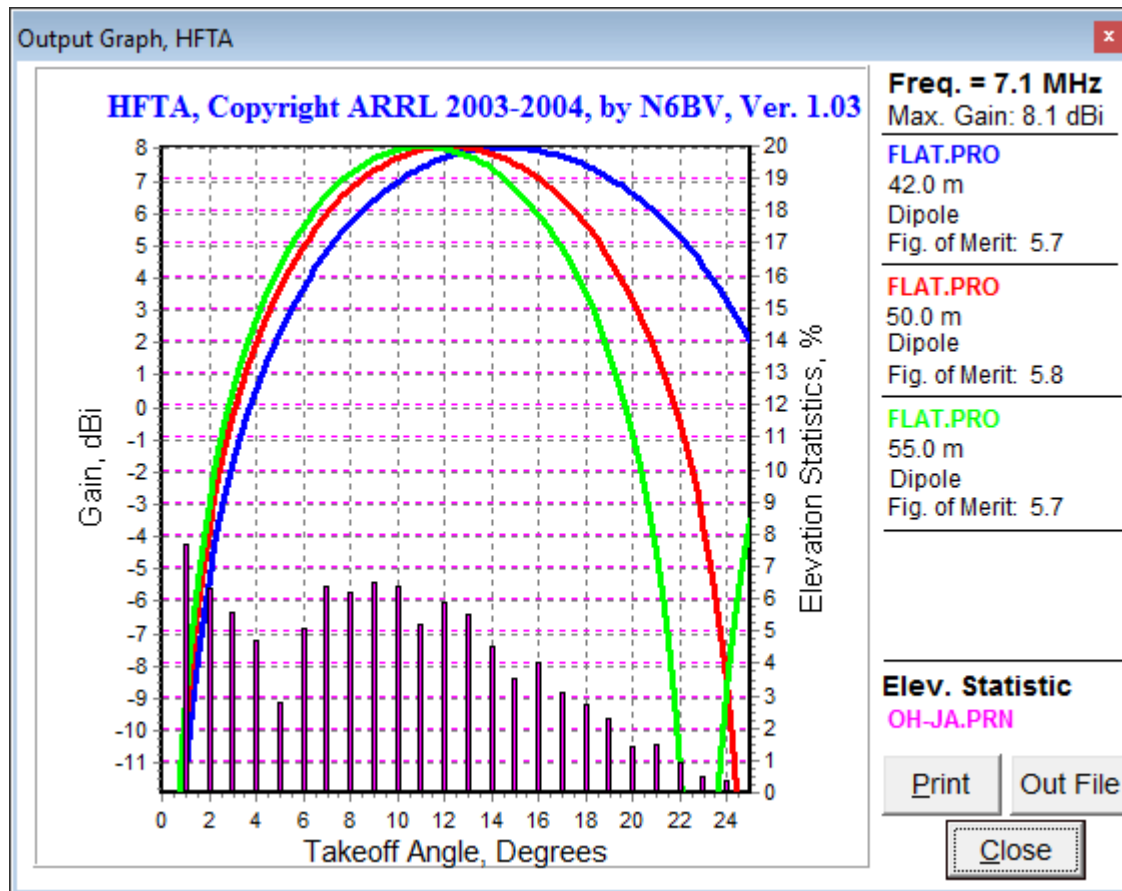


3.3.2. Optimi korkeus dipolille 40 metrillä, OH-Eurooppa



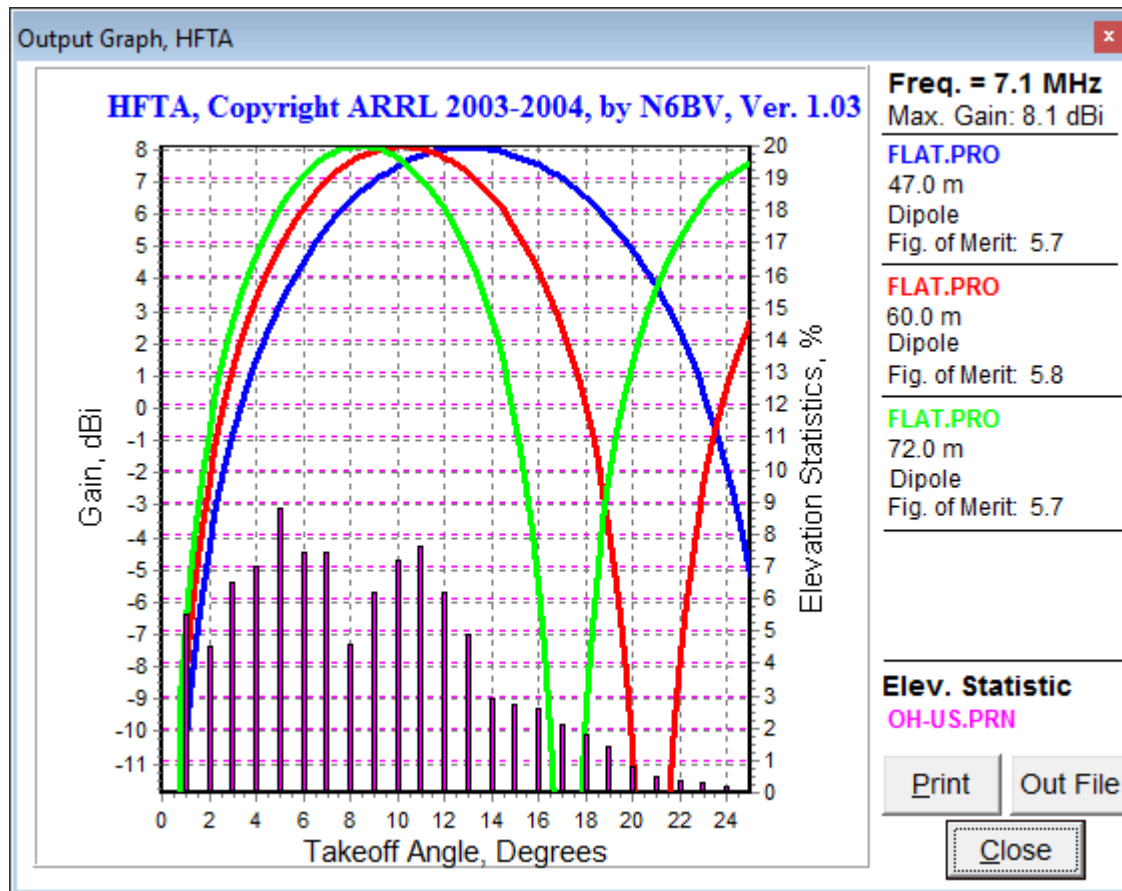
- Optimi korkeus 25-31m
- Tällöin Figure of Merit >4.8dBi
- FoM maksimi 4.9dBi
- >korkeus $\frac{3}{4} \lambda$
- 2009 data base

3.3.3. Optimi korkeus dipolille 40 metrillä, OH-Japani



- Optimi korkeus 42-55m
- Tällöin Figure of Merit >5.7dBi
- FoM maksimi 5.8dBi
- >korkeus $1-1.25\lambda$
- 2009 data base

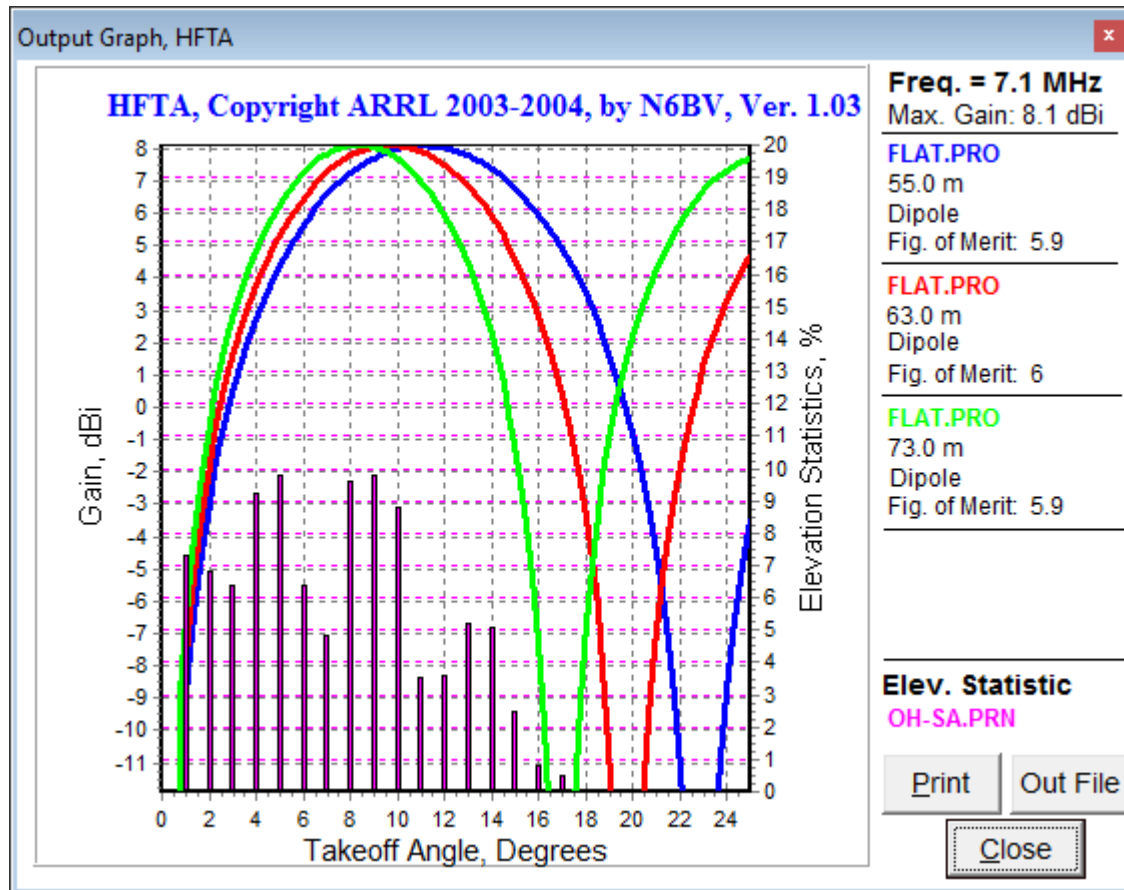
3.3.4. Optimi korkeus dipolille 40 metrillä, OH-USA



- Optimi korkeus 47-72
- Tällöin Figure of Merit >5.7dBi
- FoM maksimi 5.8dBi
- >korkeus 1.5λ

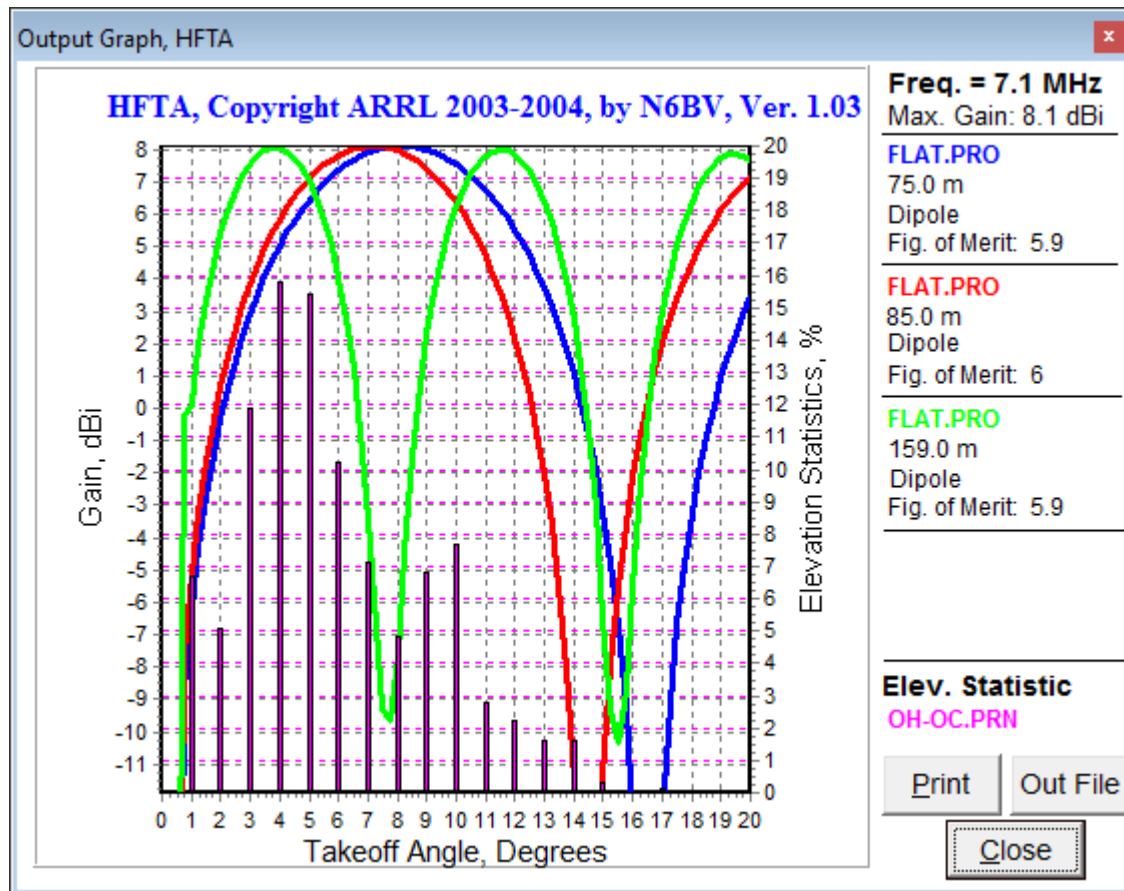
- 2009 data base

3.3.5. Optimi korkeus dipolille 40 metrillä, OH-South America



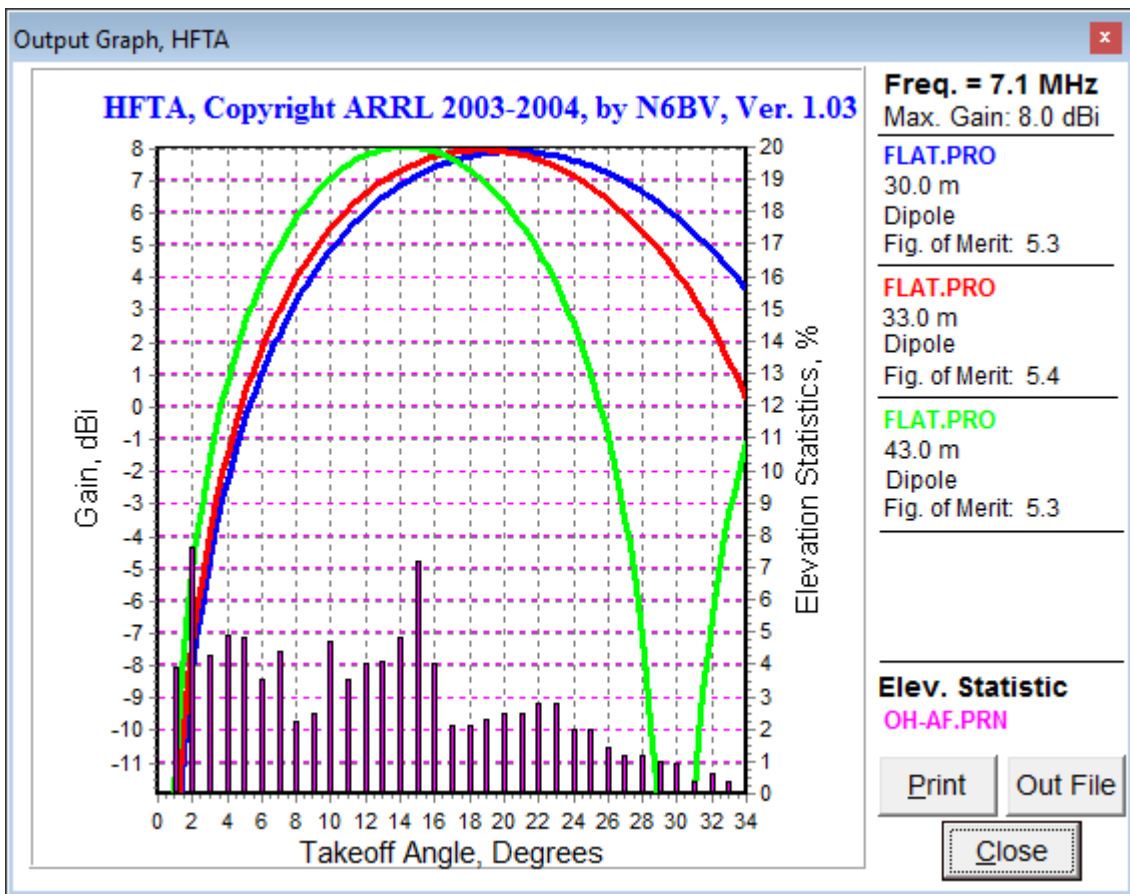
- Optimi korkeus 55-73m
- Tällöin Figure of Merit >5.9dBi
- FoM maksimi 6.0dBi
- >korkeus 1.5λ
- 2009 data base

3.3.6. Optimi korkeus dipolille 40 metrillä, OH-Oceania



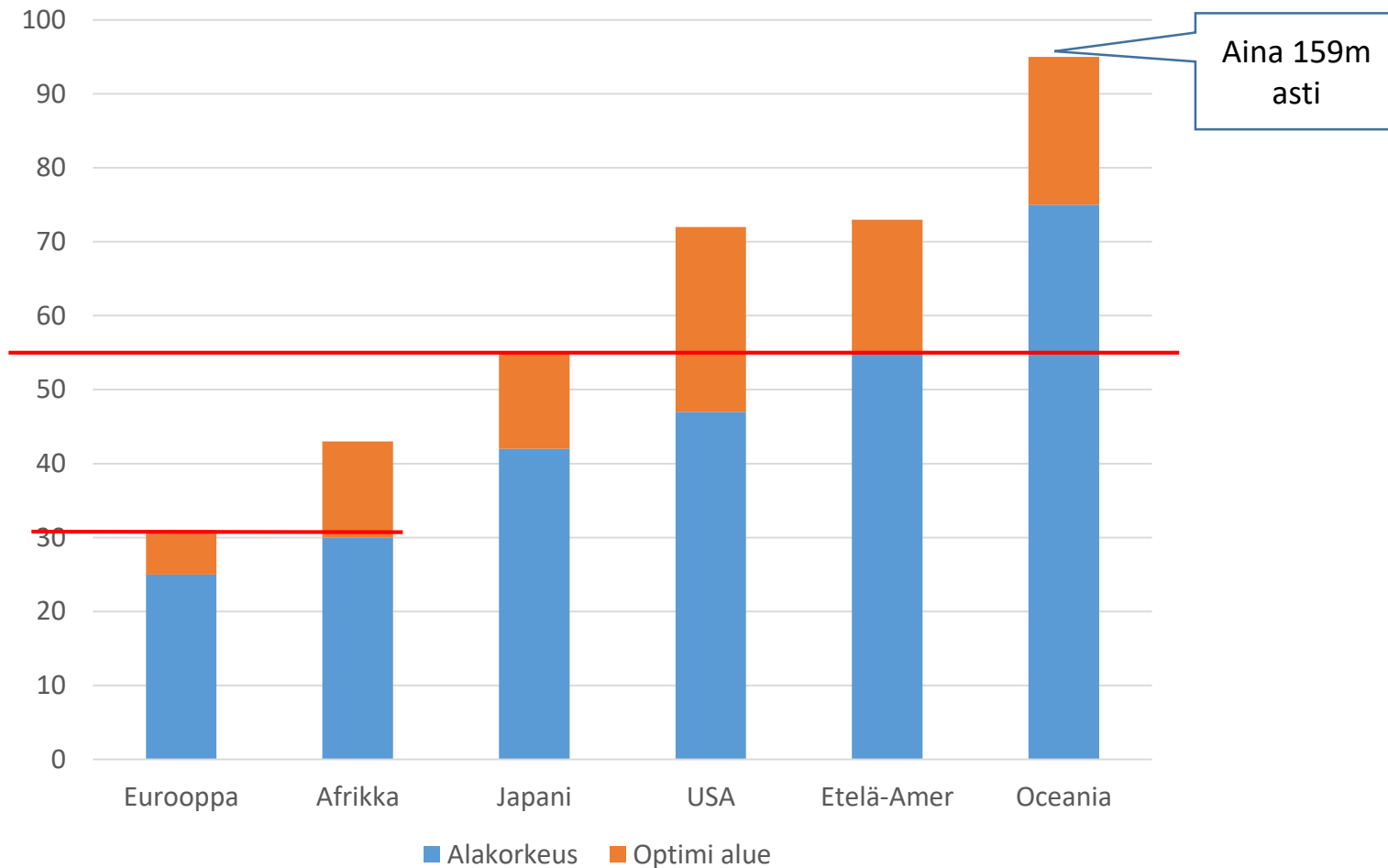
- Optimi korkeus 75-159m
- Tällöin Figure of Merit >5.9dBi
- FoM maksimi 6.0dBi
- > Korkeus 2λ
- 2009 data base

3.3.7. Optimi korkeus dipolille 40 metrillä, OH-Afrikka



- Optimi korkeus 30-43m
- Tällöin Figure of Merit >5.3dBi
- FoM maksimi 5.4dBi
- > Korkeus 1λ
- 2009 data base

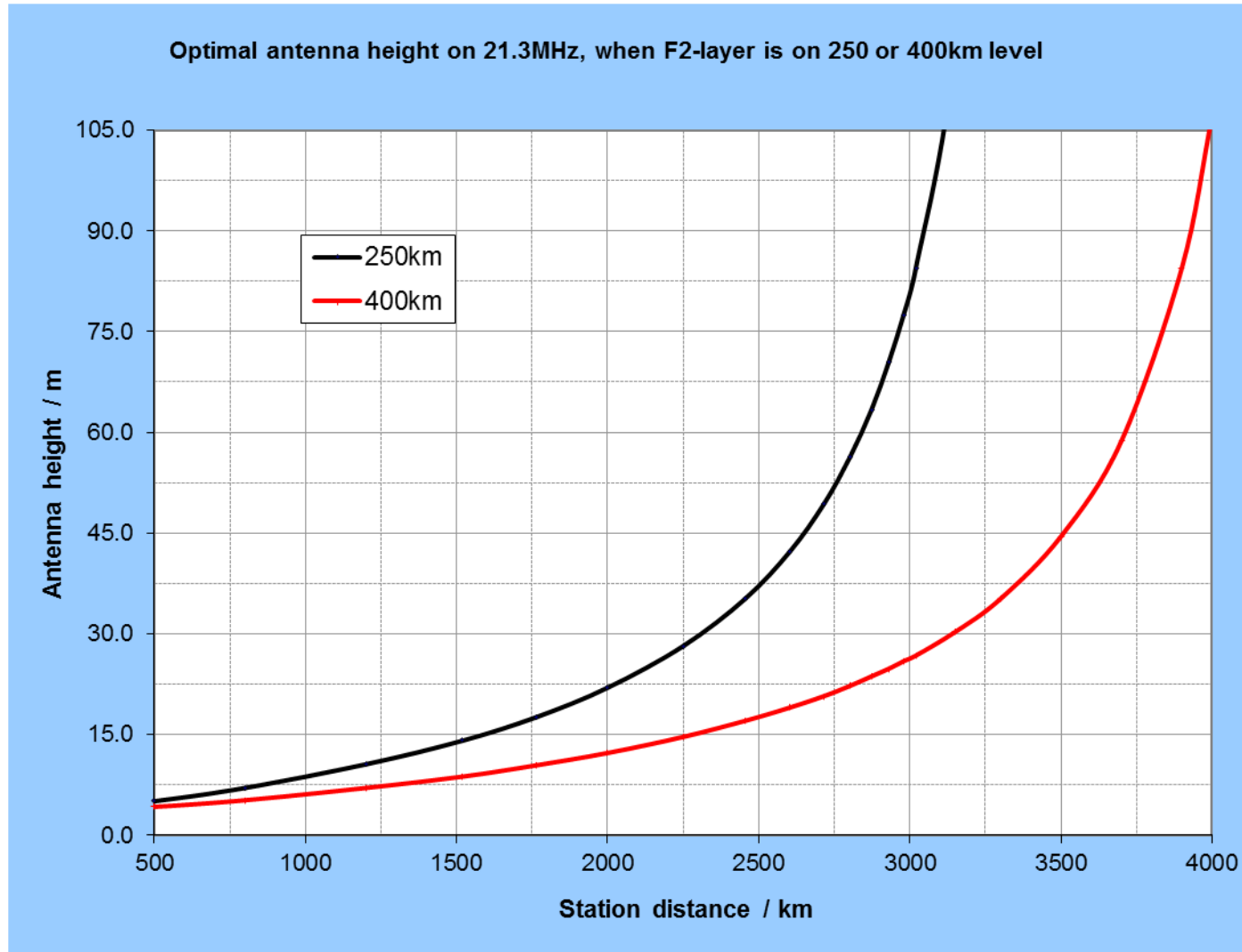
3.3.8. Yhteenveto: 40m optimi antennikorkeudet Suomessa



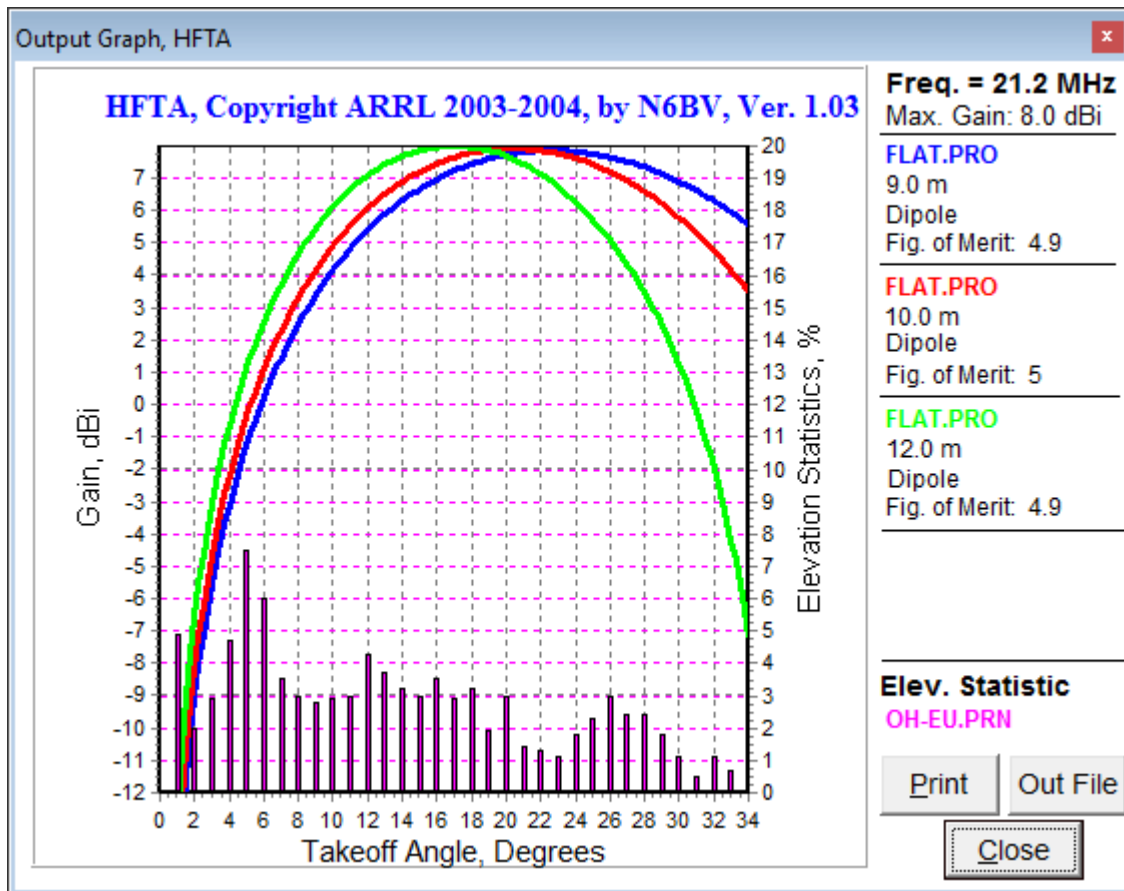
3.4.

Optimi korkeuksia 15m
horisontaali antenneille

3.4.1. Tarvittava antennin korkeus yhdellä hypyllä 15m alueella

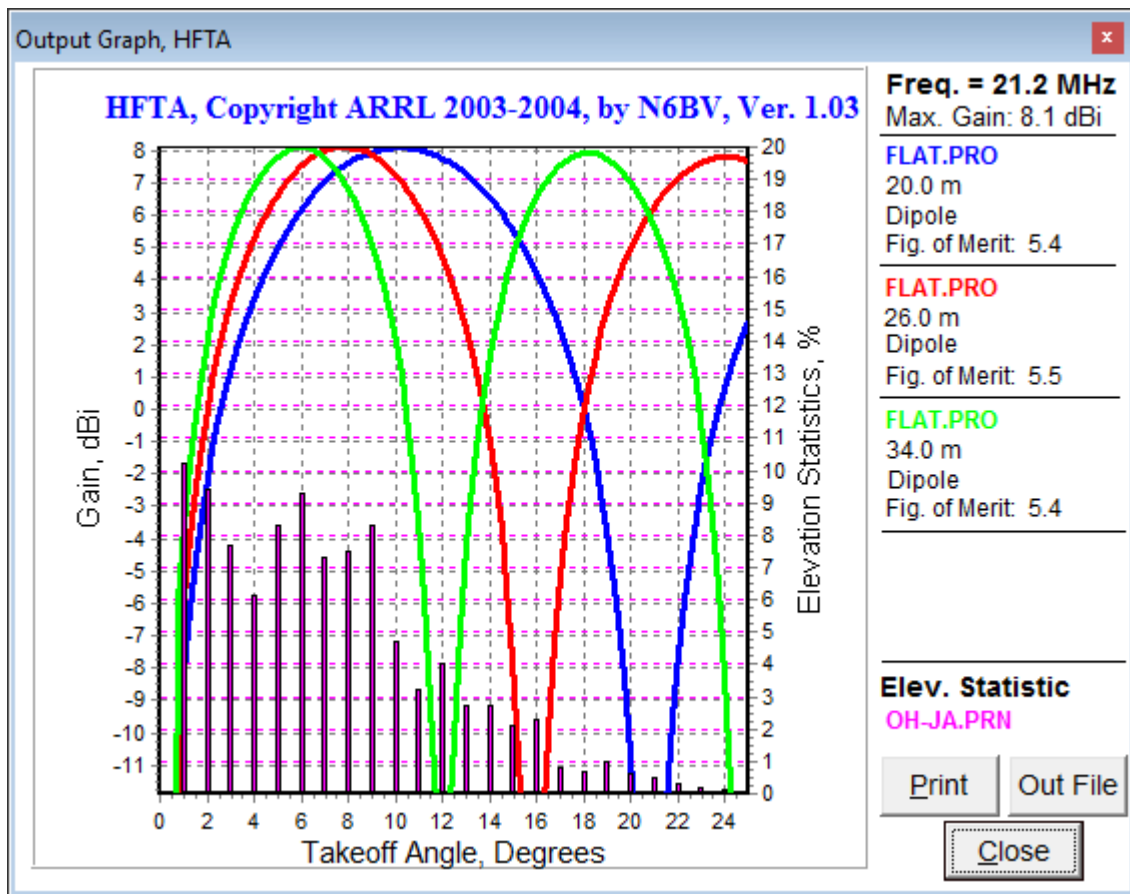


3.4.2. Optimi korkeus dipolille 15 metrillä OH-Eurooppa



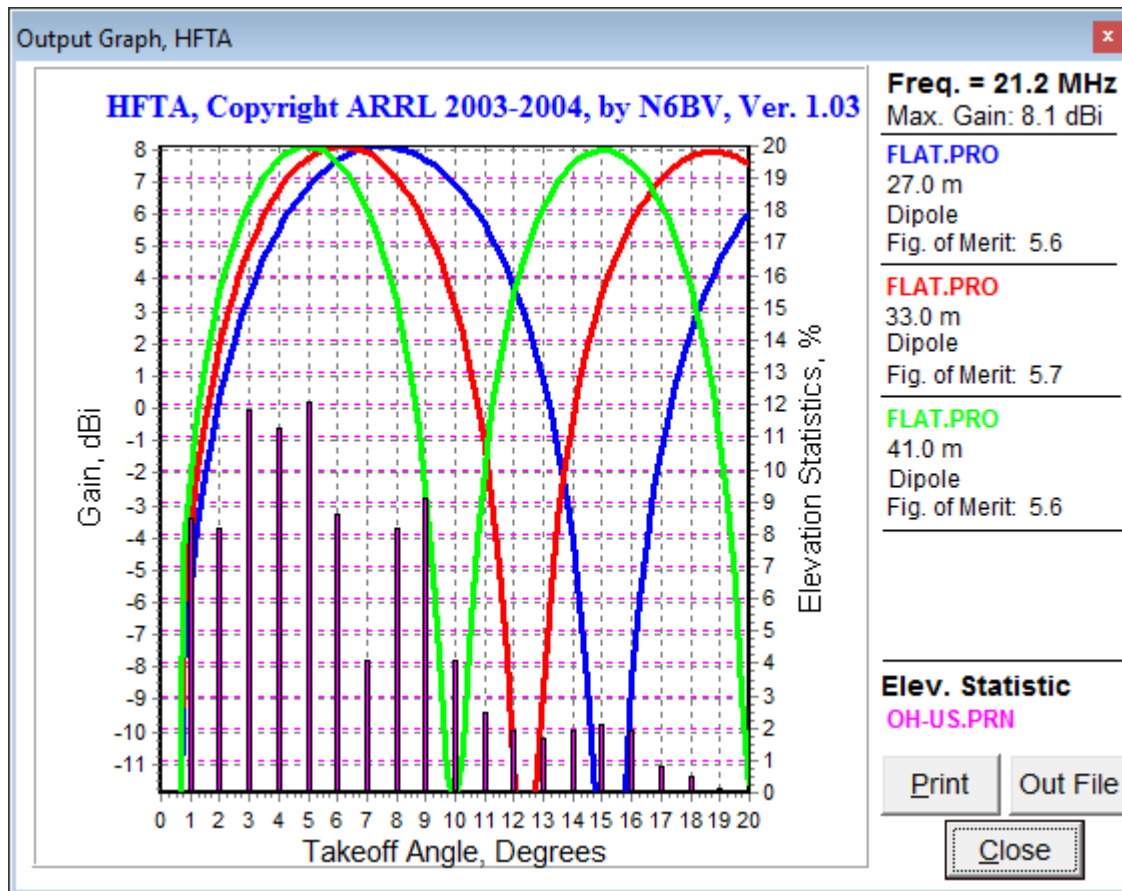
- Optimi korkeus 9-12m
- Tällöin Figure of Merit >4.9dBi
- FoM maksimi 5.0dBi
- > Korkeus 0.66λ
- 2009 data base

3.4.3. Optimi korkeus dipolille 15 metrillä OH-Japani



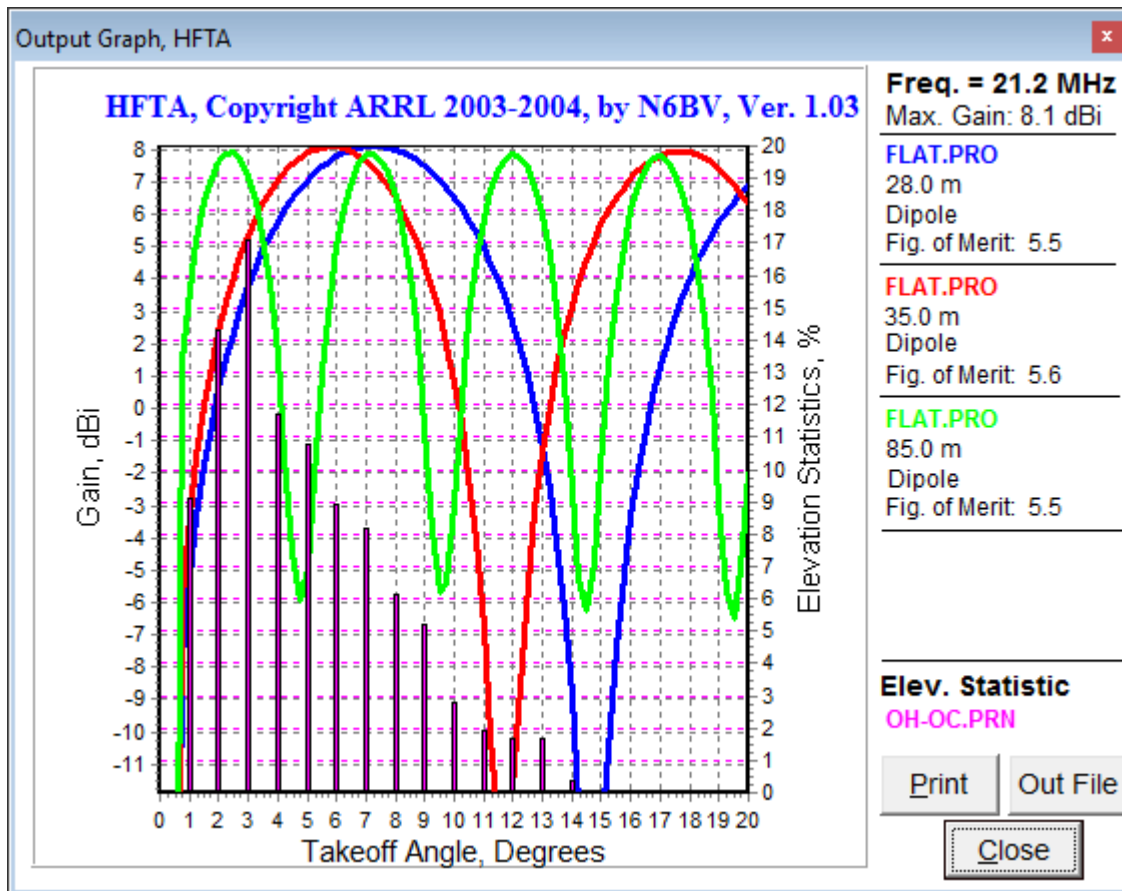
- Optimi korkeus 20-34m
- Tällöin Figure of Merit >5.4dBi
- FoM maksimi 5.5dBi
- > Korkeus $1.5-2\lambda$
- 2009 data base

3.4.4. Optimi korkeus dipolille 15 metrillä OH-USA



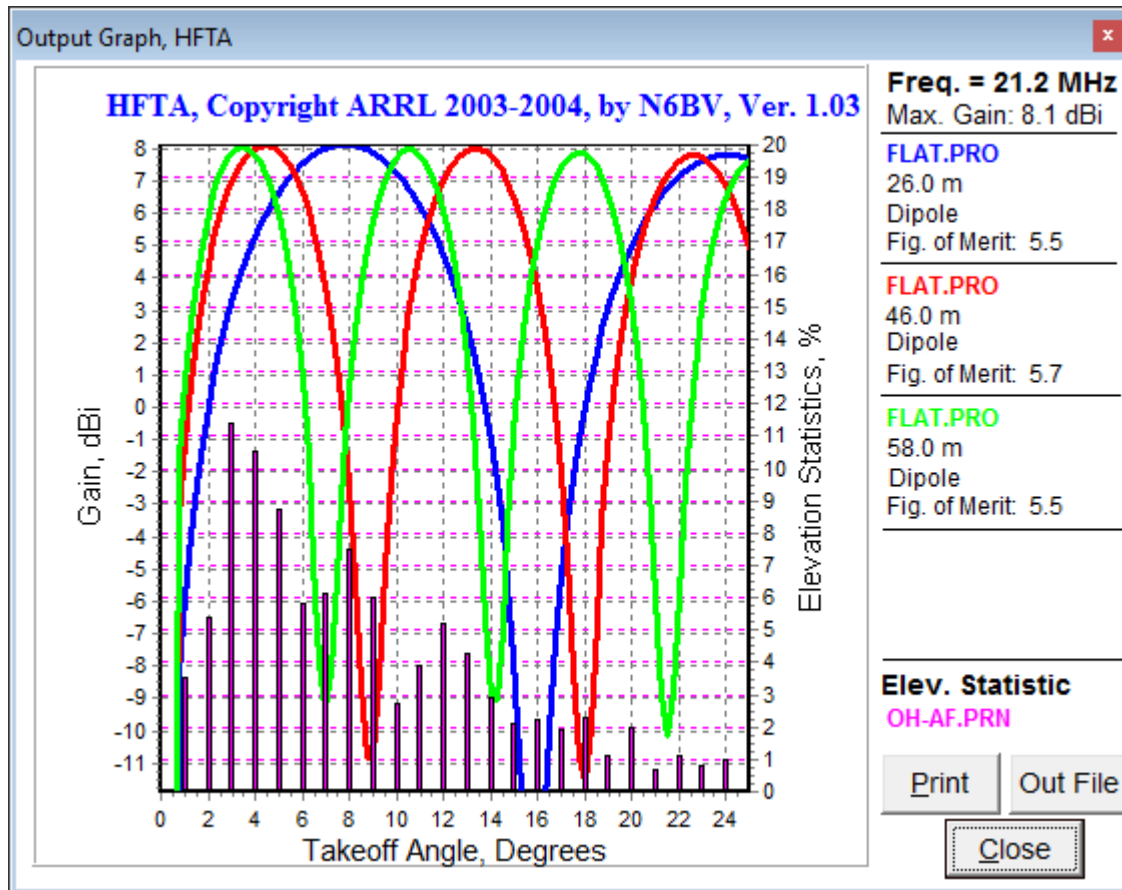
- Optimi korkeus 27-41m
- Tällöin Figure of Merit >5.6dBi
- FoM maksimi 5.7dBi
- > Korkeus 2λ
- 2009 data base

3.4.5. Optimi korkeus dipolille 15 metrillä OH-Oceania



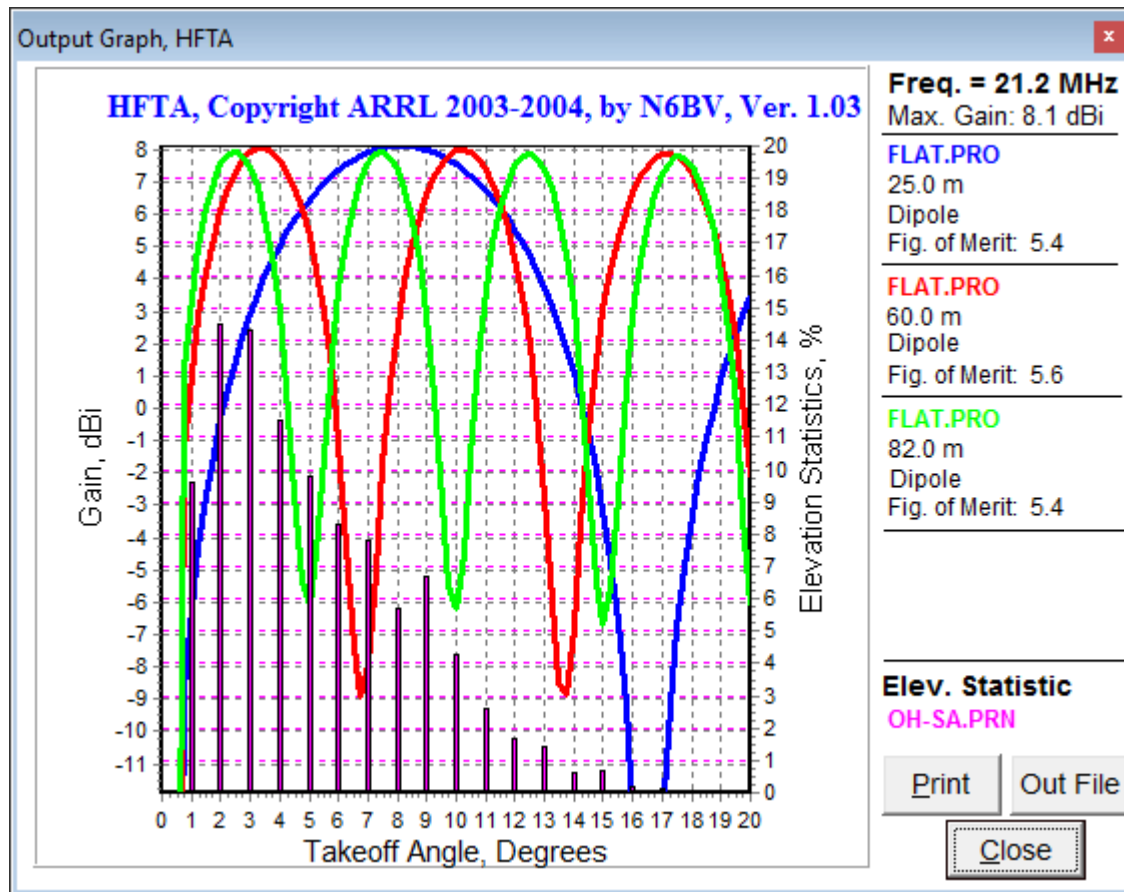
- Optimi korkeus 28-85m
- Tällöin Figure of Merit >5.5dBi
- FoM maksimi 5.6dBi
- > Korkeus $2-5\lambda$
- 2009 data base

3.4.6. Optimi korkeus dipolille 15 metrillä OH-Afrikka



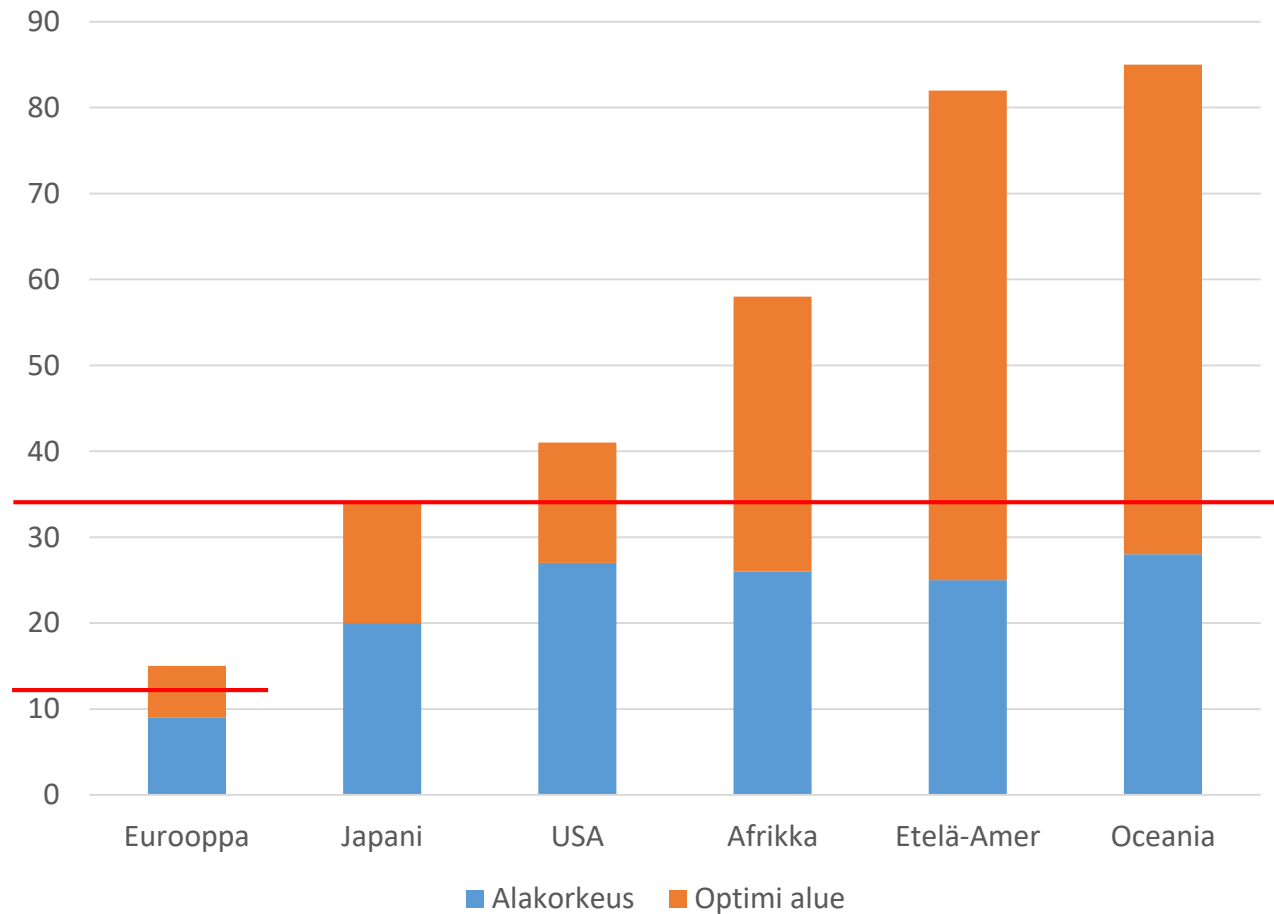
- Optimi korkeus 26-58m
- Tällöin Figure of Merit >5.5dBi
- FoM maksimi 5.7dBi
 - Delta 0.2dB !
- > Korkeus $2-4\lambda$
- 2009 data base

3.4.7. Optimi korkeus dipolille 15 metrillä OH - Etelä-Amerikka



- Optimi korkeus 25-82m
- Tällöin Figure of Merit >5.5dBi
- FoM maksimi 5.7dBi
 - Delta 0.2dB !
- > Korkeus $2-4\lambda$
- 2009 data base

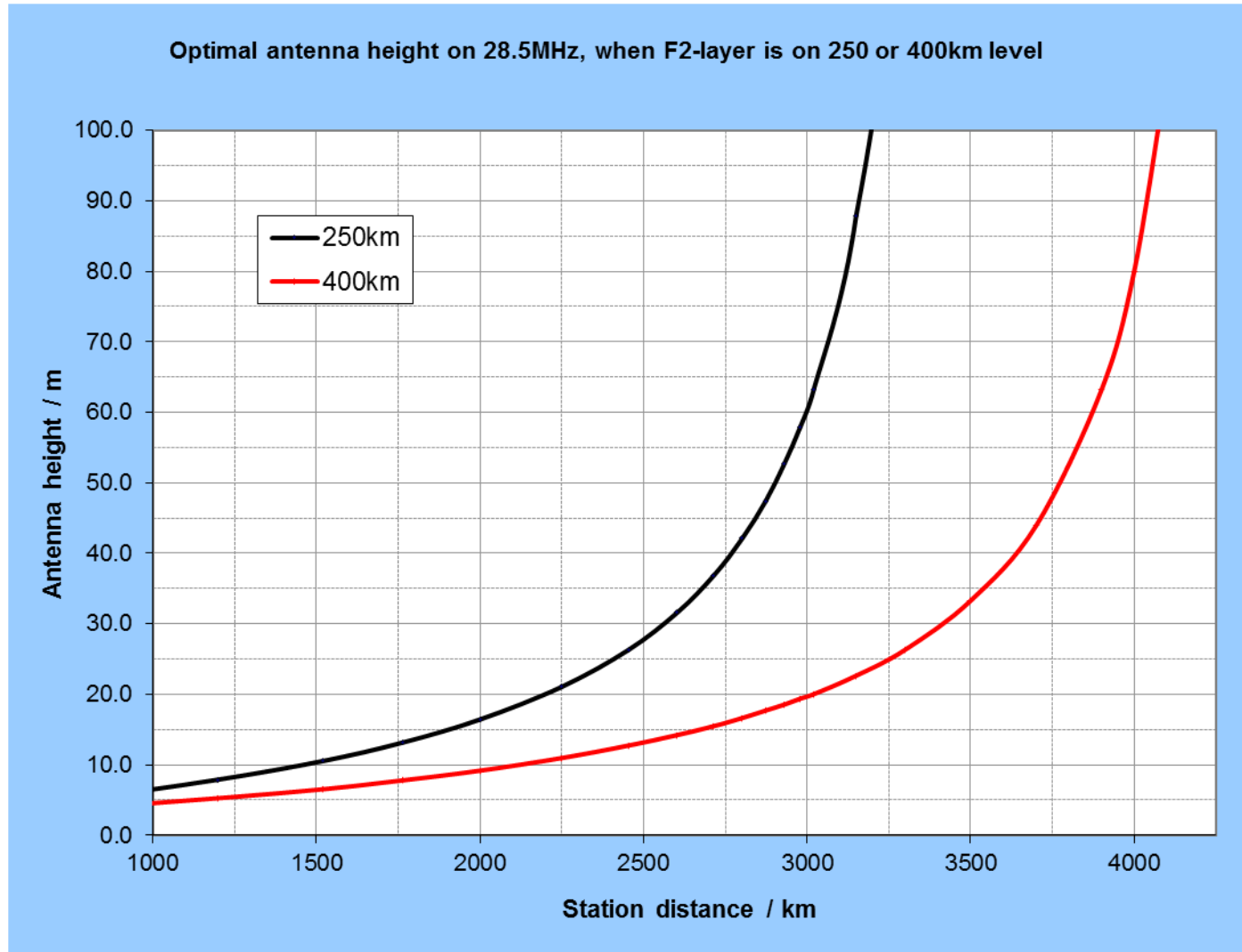
3.4.8. Yhteenveto: 15m optimi antennikorkeudet Suomessa



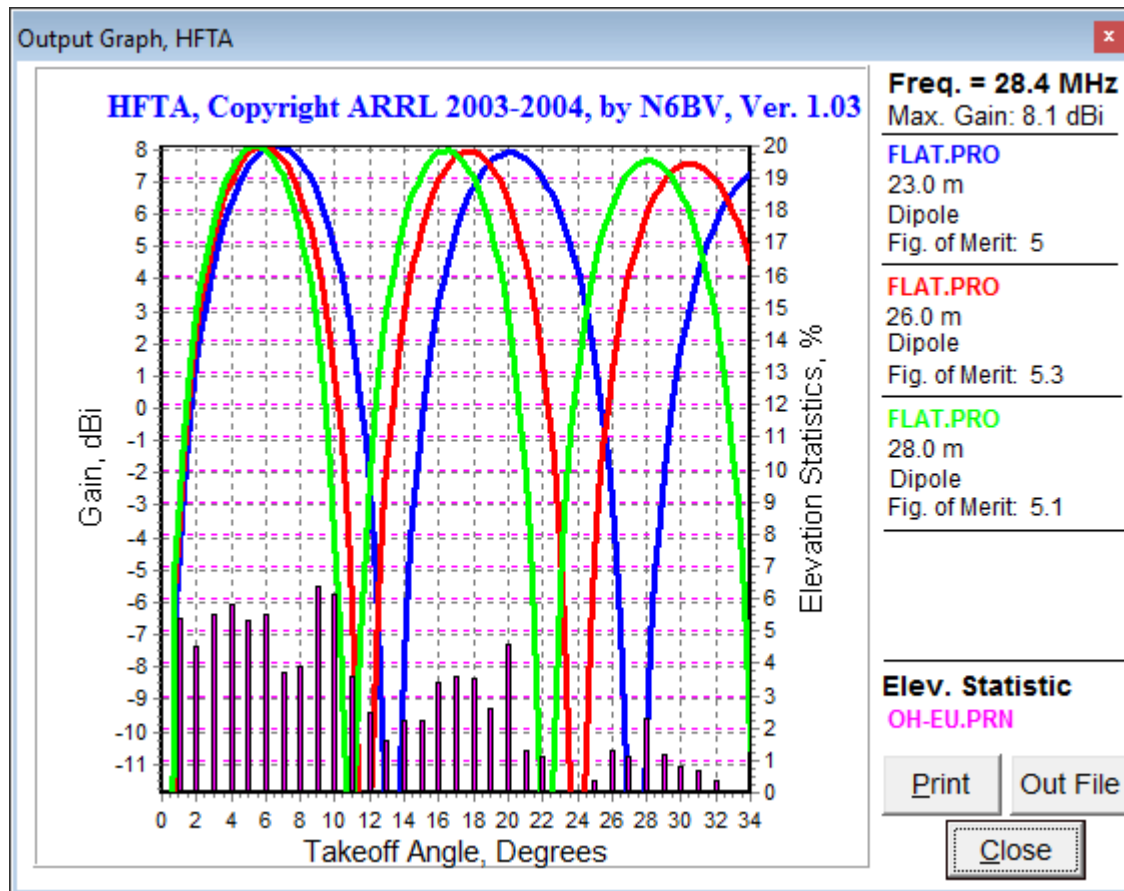
3.5.

Optimi korkeuksia 10m
horisontaali antenneille

3.5.1. Tarvittava antennin korkeus yhdellä hypyllä 10m alueella

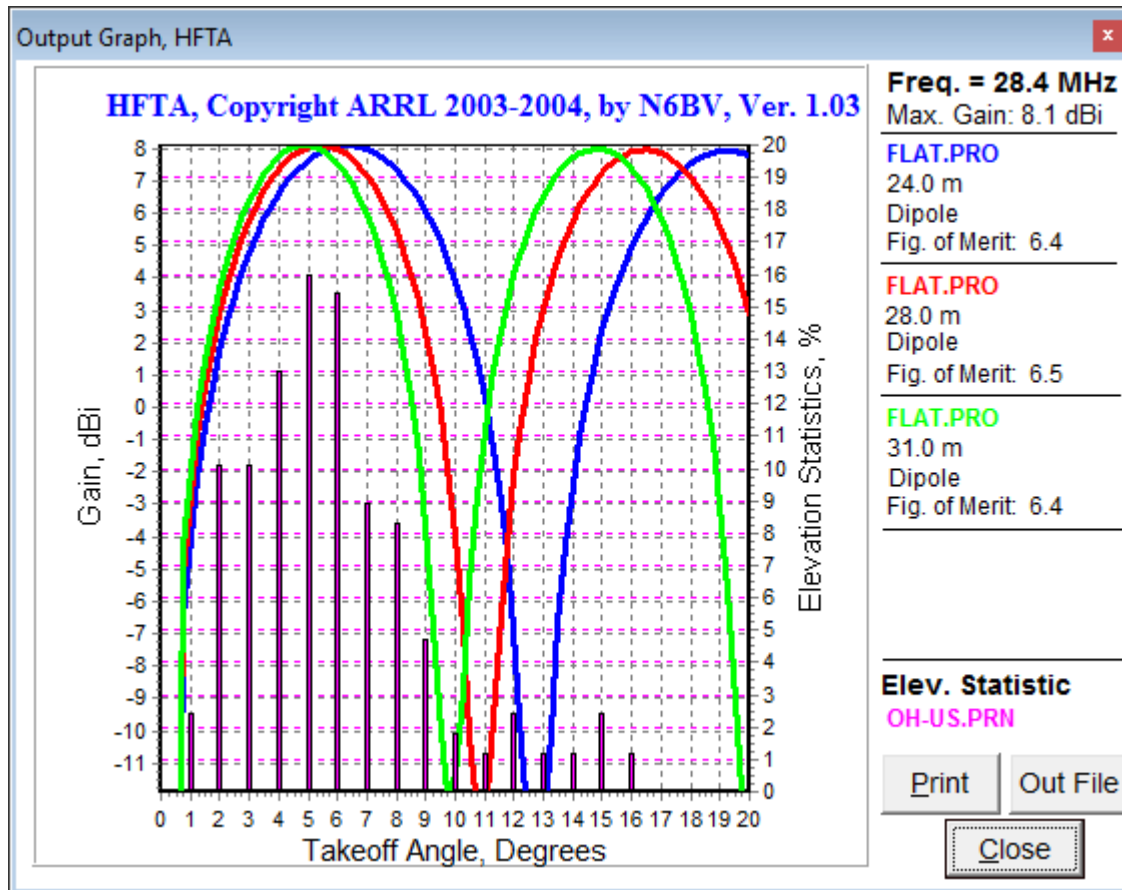


3.5.2. Optimi korkeus dipolille 10 metrillä OH-Eurooppa



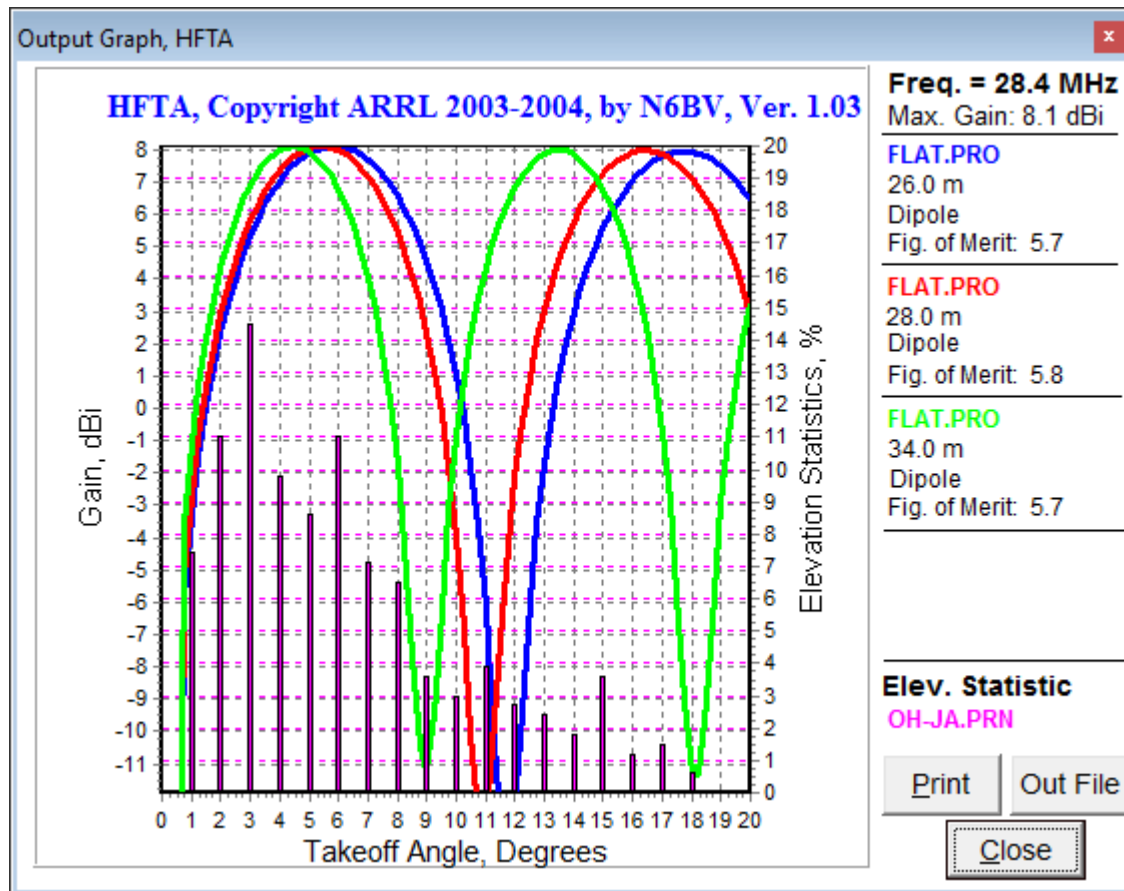
- Optimi korkeus 23-28m
- Tällöin Figure of Merit >5.0dBi
- FoM maksimi 5.3dBi
- > Korkeus 2.25λ
- 2009 data base

3.5.3. Optimi korkeus dipolille 10 metrillä OH-USA



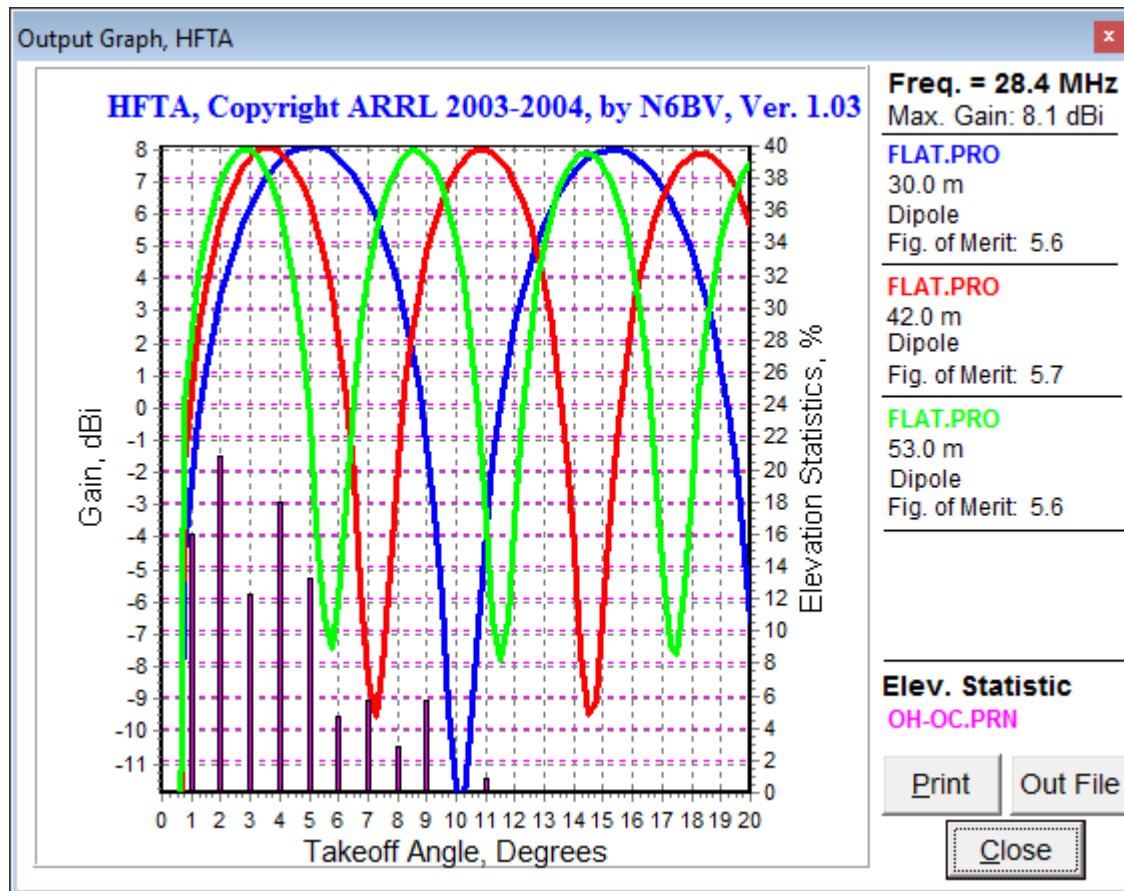
- Optimi korkeus 24-31m
- Tällöin Figure of Merit >6.4dBi
- FoM maksimi 6.5dBi
- > Korkeus 2.5λ
- 2009 data base

3.5.4. Optimi korkeus dipolille 10 metrillä OH-Japani



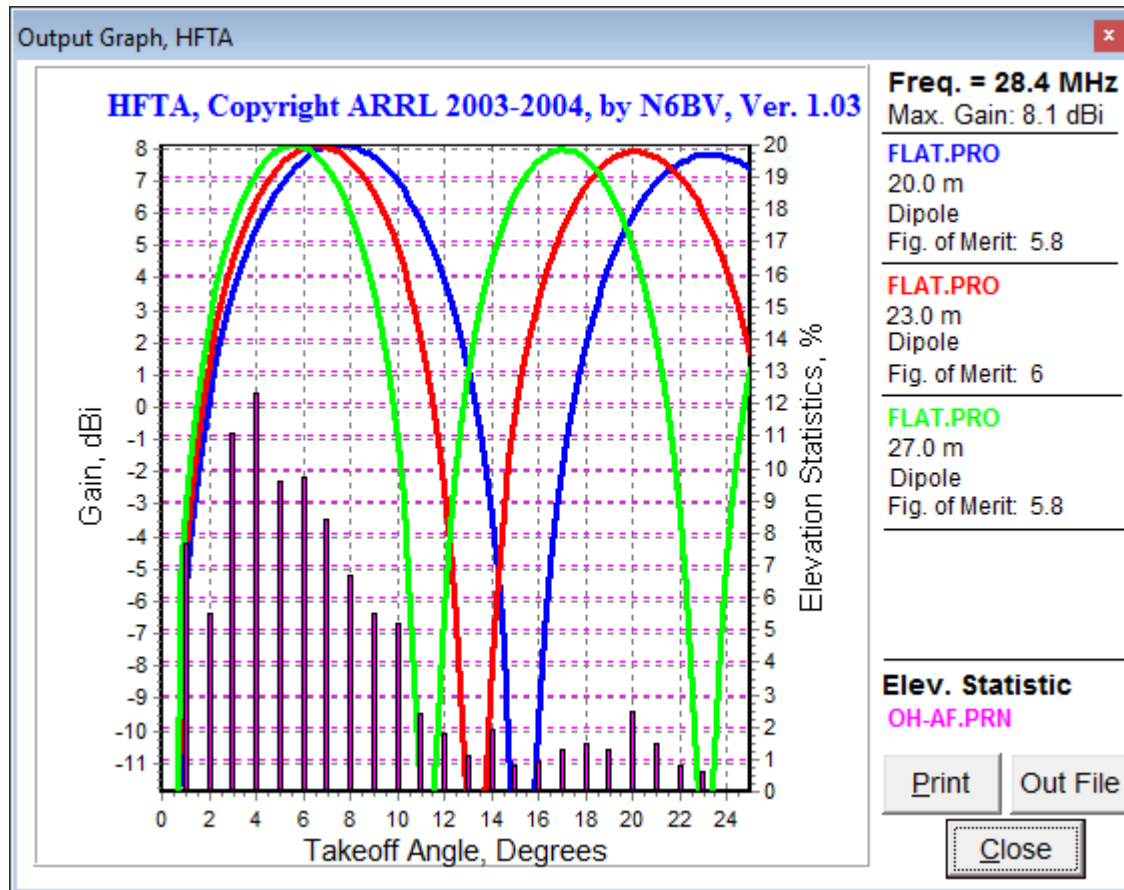
- Optimi korkeus 26-34m
- Tällöin Figure of Merit >5.7dBi
- FoM maksimi 5.8dBi
- > Korkeus 3λ
- 2009 data base

3.5.5. Optimi korkeus dipolille 10 metrillä OH-Oceania



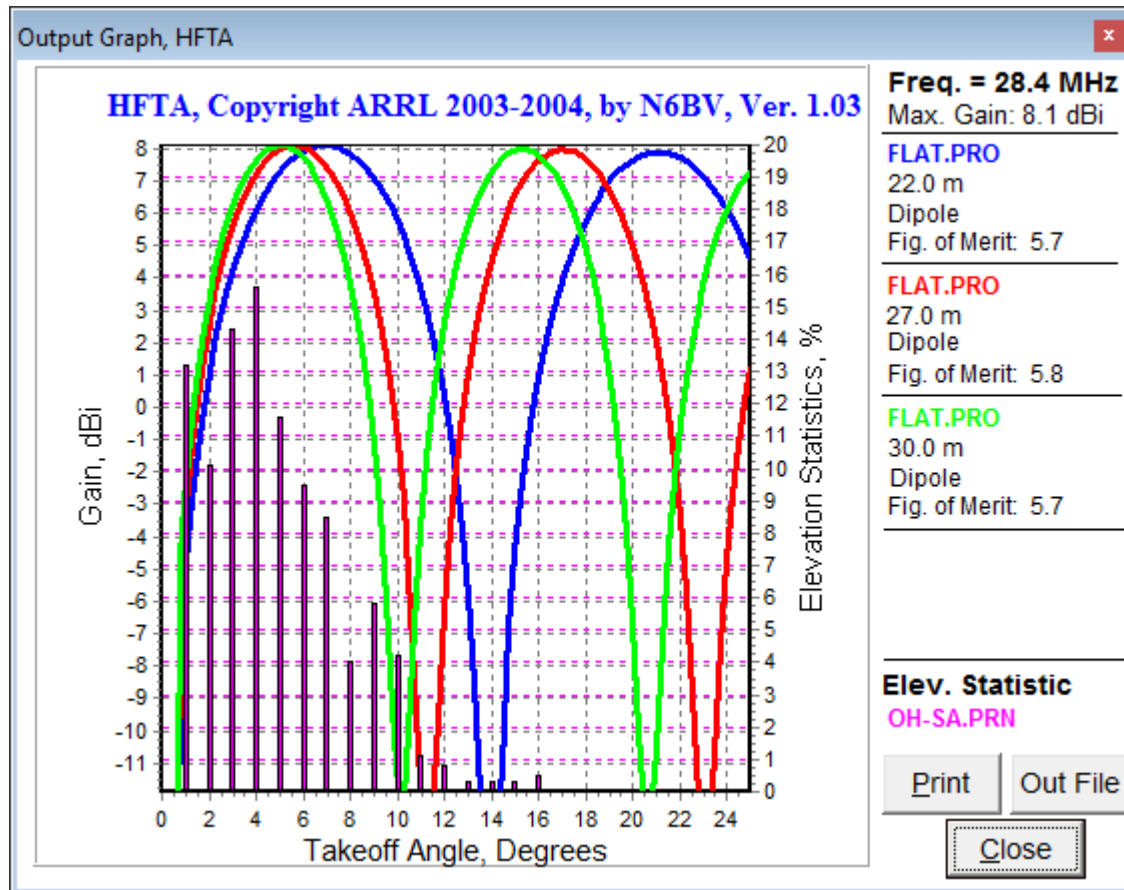
- Optimi korkeus 30-53m
- Tällöin Figure of Merit >5.6dBi
- FoM maksimi 5.7dBi
- > Korkeus $3-5\lambda$
- 2009 data base

3.5.6. Optimi korkeus dipolille 10 metrillä OH-Afrikka



- Optimi korkeus 20-27m
- Tällöin Figure of Merit >5.8dBi
- FoM maksimi 6.0dBi
 - Delta 0.2dB !
- > Korkeus $2-2.5\lambda$
- 2009 data base

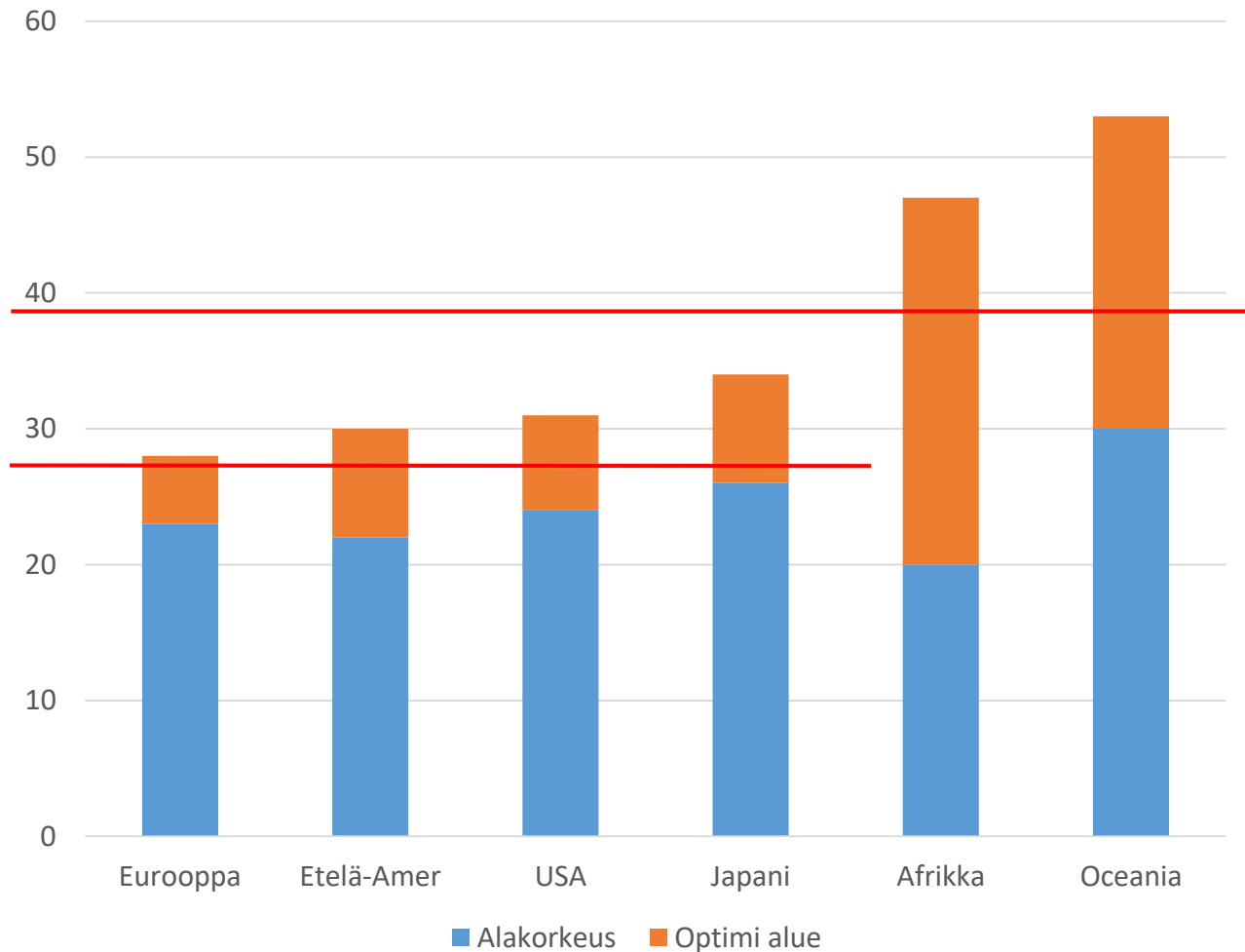
3.5.7. Optimi korkeus dipolille 10 metrillä OH - Etelä-Amerikka



- Optimi korkeus 22-30m
- Tällöin Figure of Merit >5.7dBi
- FoM maksimi 5.8dBi
- > Korkeus $2-2.5\lambda$

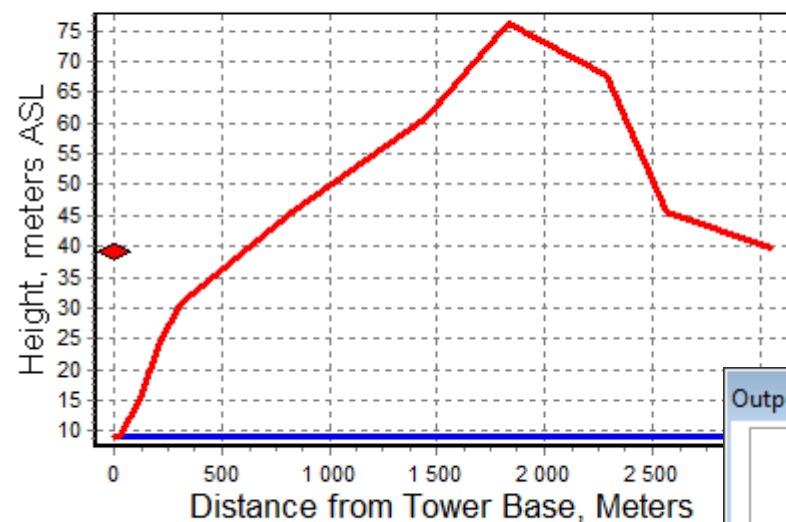
- 2009 data base

3.5.8. Yhteenveto: 10m optimi antennikorkeudet Suomessa



4. Kumpuilevan maaston vaikutus

Terrain Profile



FLAT.PRO

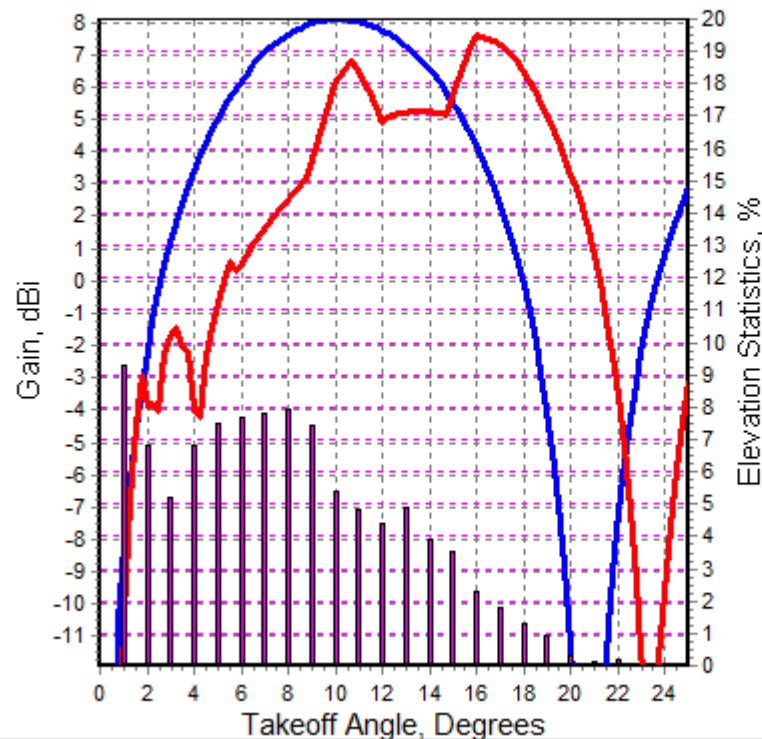
30.0 m

YLÄMÄKI.PRO

30.0 m

Output Graph, HFTA

HFTA, Copyright ARRL 2003-2004, by N6BV, Ver. 1.03



Freq. = 14.2 MHz

Max. Gain: 8.1 dBi

FLAT.PRO

30.0 m

Dipole

Fig. of Merit: 5.7

YLÄMÄKI.PRO

30.0 m

Dipole

Fig. of Merit: 3

Elev. Statistic

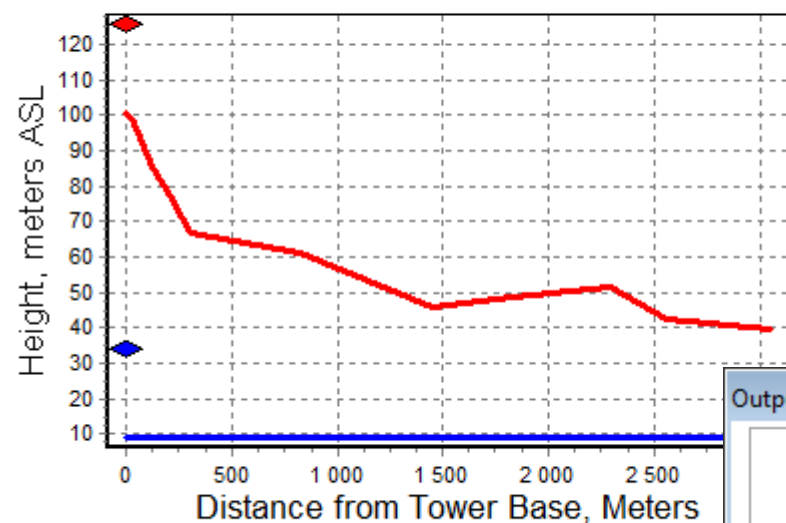
OH-JA.PRN

Print

Out File

Close

Terrain Profile



FLAT.PRO

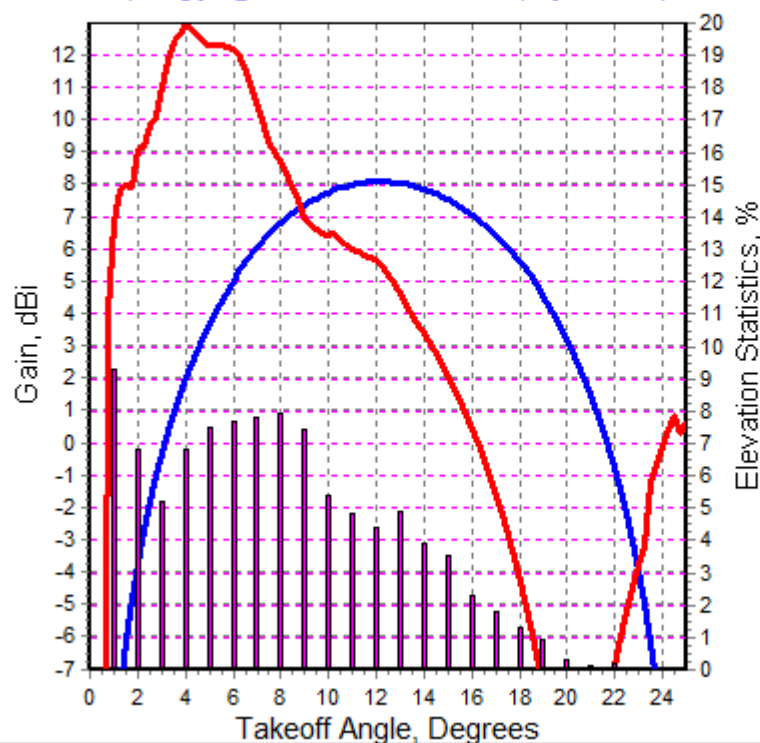
25.0 m

ALAMÄKI.PRO

25.0 m

Output Graph, HFTA

HFTA, Copyright ARRL 2003-2004, by N6BV, Ver. 1.03



Freq. = 14.2 MHz

Max. Gain: 13.0 dBi

FLAT.PRO

25.0 m

Dipole

Fig. of Merit: 5.6

ALAMÄKI.PRO

25.0 m

Dipole

Fig. of Merit: 9.2

Elev. Statistic

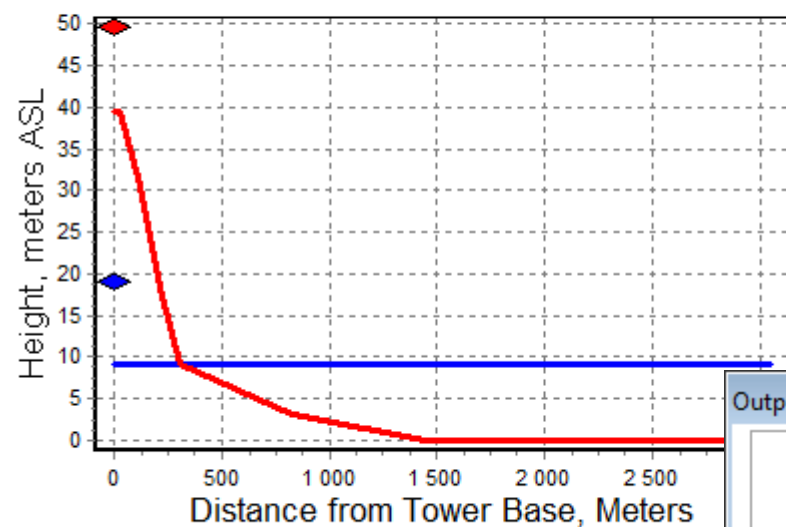
OH-JA.PRN

Print

Out File

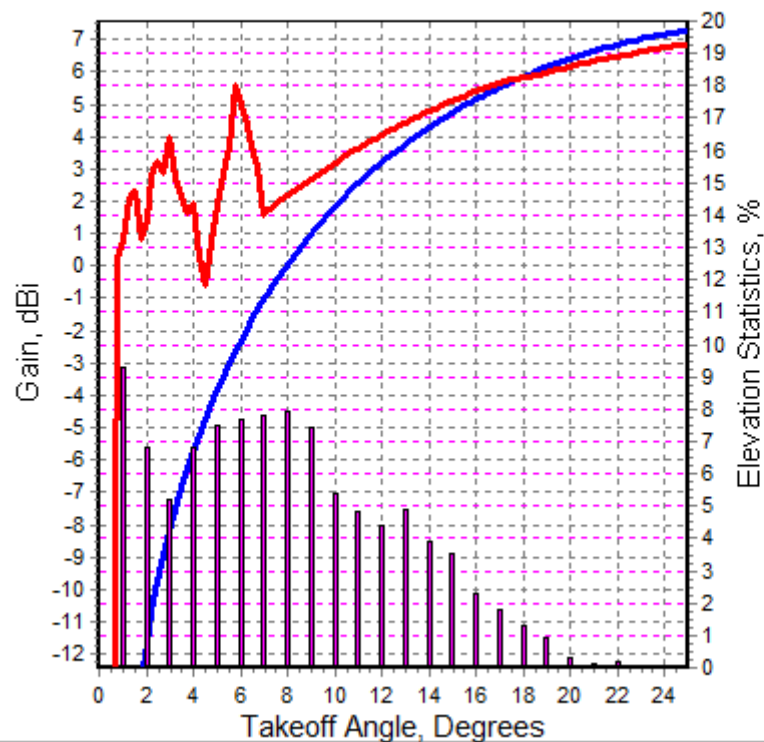
Close

Terrain Profile



Output Graph, HFTA

HFTA, Copyright ARRL 2003-2004, by N6BV, Ver. 1.03



Freq. = 14.2 MHz

Max. Gain: 7.6 dBi

FLAT.PRO

10.0 m

Dipole

Fig. of Merit: .7

JYRKÄNNE.PRO

10.0 m

Dipole

Fig. of Merit: 3.3

Elev. Statistic

OH-JA.PRN

Print

Out File

Close

5. Antennin suorituskykyyn vaikuttaa

1. Lähtökulma / tulokulma
2. Vahvistus lähetyksessä ja vastaanotossa (dBi)
 - Suuntaavuus, tärkeä erityisesti vastaanotossa

Nämä puolestaan riippuvat seuraavista

1. Antennin korkeus
2. Maasto
 - Maan ominaisuudet
 - Korkeuserot
3. Itse antenni

Lähtökulmaan

Häviöihin
Vertikaaleilla myös lähtökulmaan
Lähtökulmaan
Vahvistus, etu/taka-suhde

