

Několik poznámek k anténám (zejména na VKV)

Vladimír Petržílka Matěj Petržílka
ok1vpz@seznam.cz ok1teh@seznam.cz

připraveno pro Adventní setkání v Ústí nad Labem 2019

Proč i na takovém malém setkání otvírat otázku antén?

Protože sedíme v hospůdce, máme možnost odložit vědu a matematiku stranou. Co takhle pokecat si jen tak trochu o anténách a podívat se na ně selským rozumem?

- Proč vůbec mluvit o anténách? Protože je dobré si říci, co od nich požadujeme!
- KV versus VKV?
 - Vyzářit co největší výkon!
 - OK, ale kam ho vyzářit?
 - Postavíme optimálně namodelovanou anténu?
 - Kam s ní?
- Zásadní rozdíly! KV antény jsou typicky nízko na terénu!
 - To způsobuje štěpení vyzařovacího laloku ve vertikálním směru
 - Anténa je citlivá na pozemské rušení
 - Je libo magnetickou anténu?

Pár slov k historii

1926 – první anténa Yagi-Uda



Hidetsugu Yagi
(1886-1976)

První yagi anténa sloužila k testům japonského magnetronu na frekvenci 400 MHz vyrobeného podle objevu prof. A. Žáčka, s kterým bylo v létě 1928 navázáno spojení na vzdálenost několik kilometrů. V květnu roku 1932 byl vydán první U.S. Patent No. 1,860,123 na "zařízení generující proměnné směrové elektromagnetické vlny" a byl zaregistrován pro RCA.

První Yagi anténa byla vyvinuta na základě velice komplikovaných matematických výpočtu v Japonsku v únoru 1926, kdy byl její objev prezentován ve společném článku profesorů Udy a Yagi, nicméně první popis vyšel pouze v japonštině. O popularizaci se postaral až profesor Yagi, který byl kolegou pana Udy na Osacké univerzitě přednášel v USA.



Shintaro Uda
(1896-1976)

Pár slov k historii 1945 – 1980

1945 -1955 – dramatické rozšíření antén typu yagi-uda díky rozvoji radarové techniky v 2.světové válce a počátku televizního vysílání.

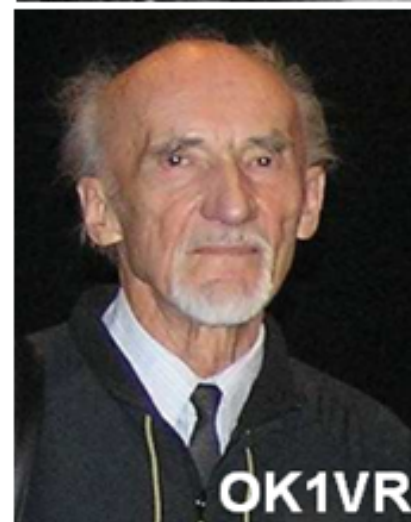
1955 – vznikají první radioamatérské konstrukce včetně přímo buzených a trapovaných prvků W3DZZ a hlavně HB9CV.

1959 – v AR vychází články Jindry Macouna OK1VR, ve kterých již tehdy navrhuje pro měření antén a přijímací soustavy využít šumu Slunce. Vychází knihy A. Rambouska „Technika VKV“ a Antennenbuch od od DM2ABK K. Rothammela. První antény K6MYC.

1962 - Ing T. Dvořák OK1DE publikuje antény yagi pro 144 MHz, které i dnes mají dle anténních simulačních softwarů velmi dobré parametry!

1969 – při návštěvě Československa Marc Tonna, F9FT a jeho syn Franck Tonna F5SE velmi zpopularizovali nový design antény. F9FT začal své první experimenty s konstrukcí yagi antén již v roce 1946 (!).

1970-1980 – nejrozšířenější Y. antény v Evropě typu OK1DE, F9FT, PA0MS, GW4CQT a první experimenty s dlouhou yagi anténou v kombinaci s HB9CV -> Swan, KLM



Pár slov k historii 1980 – 2020

1985 – první rozsáhlejší simulace yagi antén v počítači - K1FO, později DL6WU, DJ9BV, VE7BQH. Prapůvod SW: Mannu, EZNEC.

1986 – legenda EME provozu Mike Staal, K6MYC zakládá firmu M² Antenna Systems, která využívala SW modely antén K1FO – velký kvalitativní krok vpřed zejména na UHF frekvencích.

Znaky: lehké kulaté duralové odstupňované ráhno.

1990 – po revolucích v bývalém východním bloku postupný přechod od 75 Ω antén k 50 Ω.

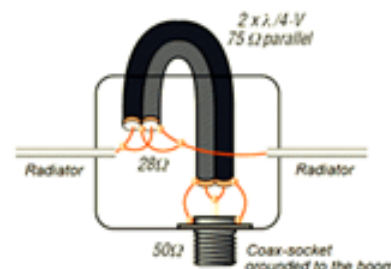
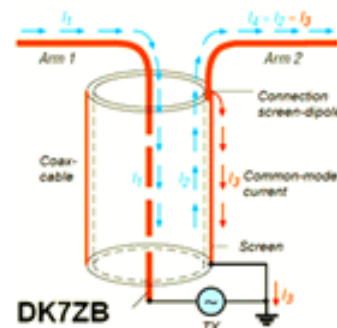
1995 – na základě konstrukcí DL6WU a DJ9BV vzniká populární design DK7ZB postavený na čtvercovém ráhně z jeklu a přizpůsobení s transformací z 28 na 50 Ohmů. Tento design má za cíl maximální zisk pro danou délku ráhna bez ohledu na boční laloky a co nejsnazší konstrukci (anténa je vhodná pro závody mimo město).

2006 – vznik nízkošumové antény podle designu YU7EF, která cílí na maximální potlačení bočních laloků za mírného potlačení zisku antény. Experimenty DG7YBN.

2010 – vznik 50 Ω antén Justina, G0KSC, parametry YU7EF bez imp. přizpůsobení.



Steve Powlishe, K1FO



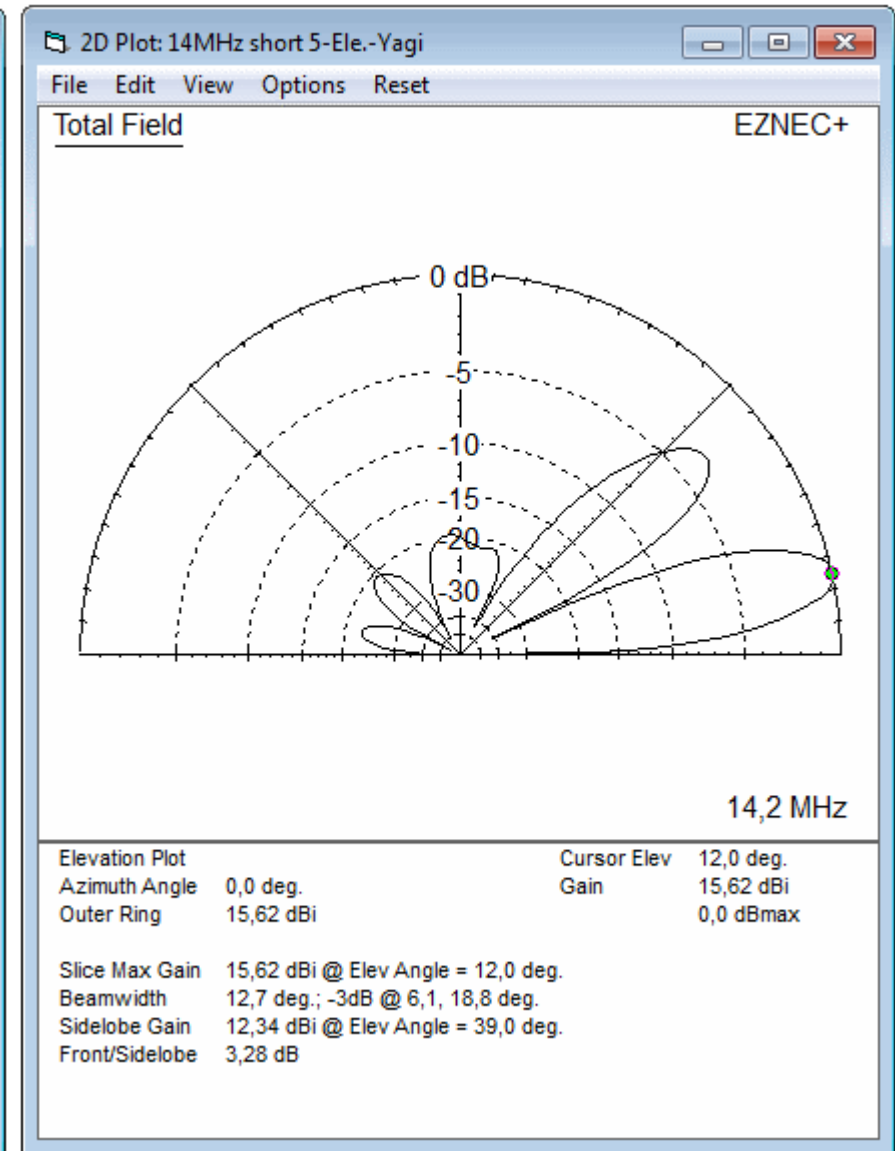
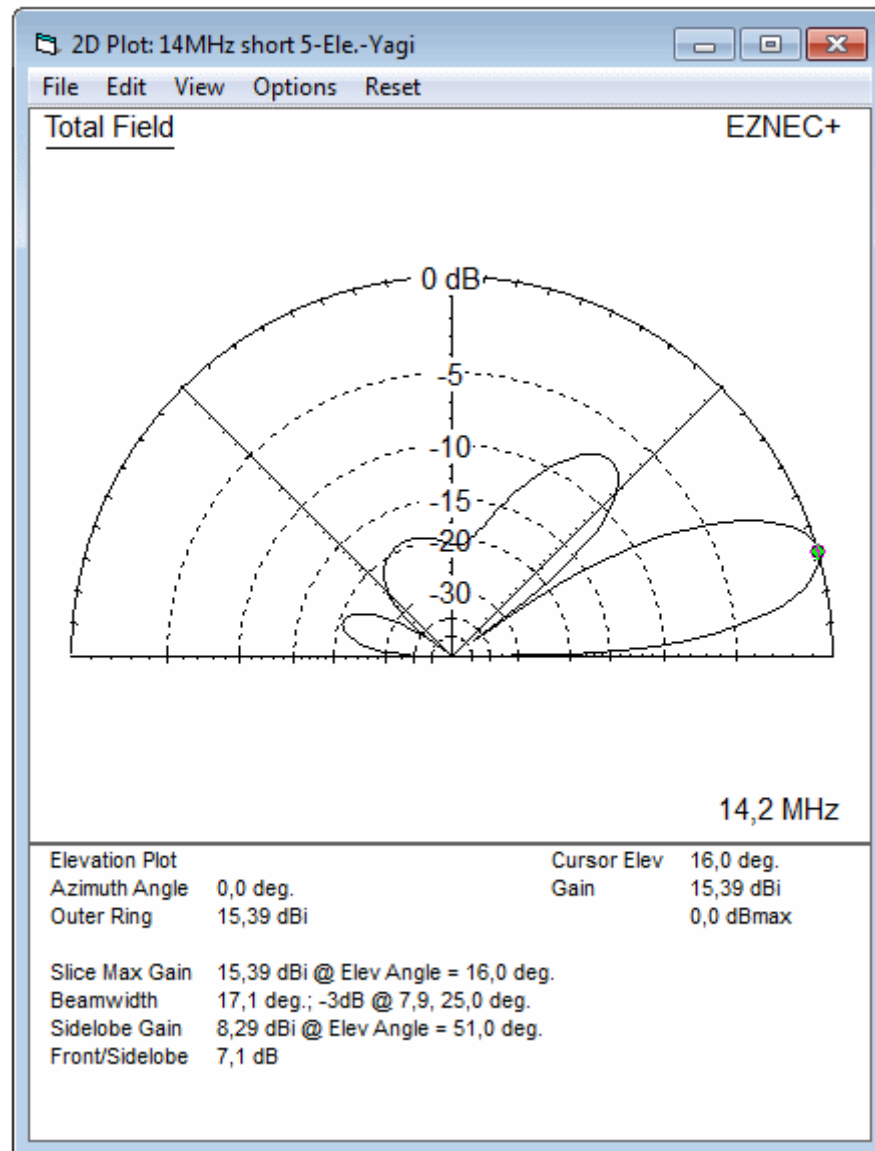
Zato s krátkovlnnými anténami je všechno složitější:

- Aby KV antény fungovaly podle očekávání - SW modely návrhů, musí být vysoko!
- Počítačové simulace uvádí, že výška antény Yagi by měla být alespoň 6 lambda, tedy v případě pásma 80m třeba 480m... To je samozřejmě nemožné.
- Pokud jsou antény nízko, štěpí se vyzařovací lalok a zvedá se. Tím se "dostanete" k požadovanému odrazu od ionosféry moc blízko a potřebujete vyšší MUF a nepodaří se vám udělat požadované DXy.
- Chcete-li tedy Yagi anténu alespoň trochu efektivně využívat, namontujte ji nejméně 2 lambda nad terénem.
- Realita štěpení vertikálního laloku se samozřejmě týká i VKV směrovek typu Yagi. Tam se používá jednoduchá zkušenost: dej anténu nejméně tak vysoko, jak je anténa dlouhá!
- Pokud antény nebudou dost vysoko - nejlépe co nejvýše (!) , nevyužijeme plně jejich vlastností.
- V praxi se proto směrové antény typu Yagi na KV prakticky nepoužívají ...

Vertikální vyzařovací laloky nízké KV antény

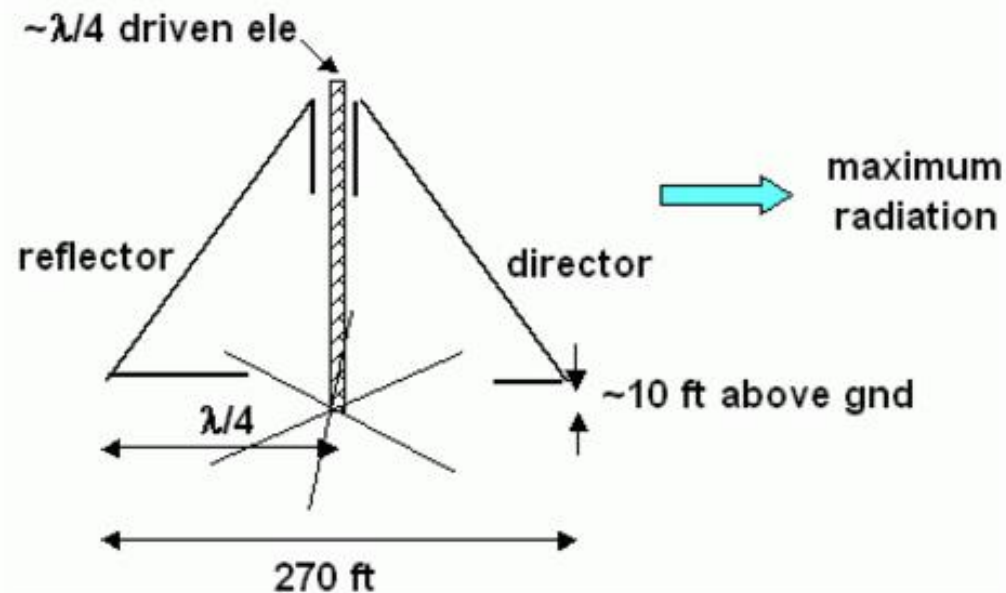
Azimuth plot at 14.2 MHz at height of 18 m (perfect gnd assumed)

Azimuth plot at 14.2 MHz at height of 24 m (perfect gnd assumed)



Jde to ale i jinak: FVR Spitfire Array (2 switching directions)

- 1/4 wave grounded tower as driven element and support for wire elements
- 1/2 wave ungrounded folded parasitic wire elements
- Conventional 1/4 wave radial system for tower driven element
- No additional radial system needed for 1/2 wave parasitic elements
- Avoids ground current loss in parasitic elements
- Inexpensive upgrade to existing tower
- 2-direction switching, expandable to 4 directions

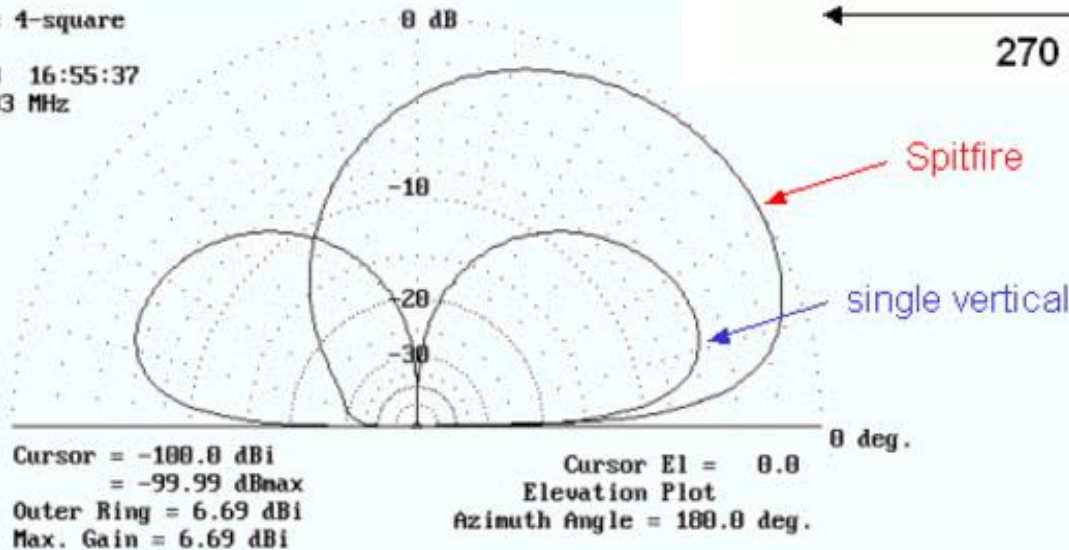


Poor nan's 4-square

05-03-1998 16:55:37

Freq = 1.83 MHz

PM1SQEL



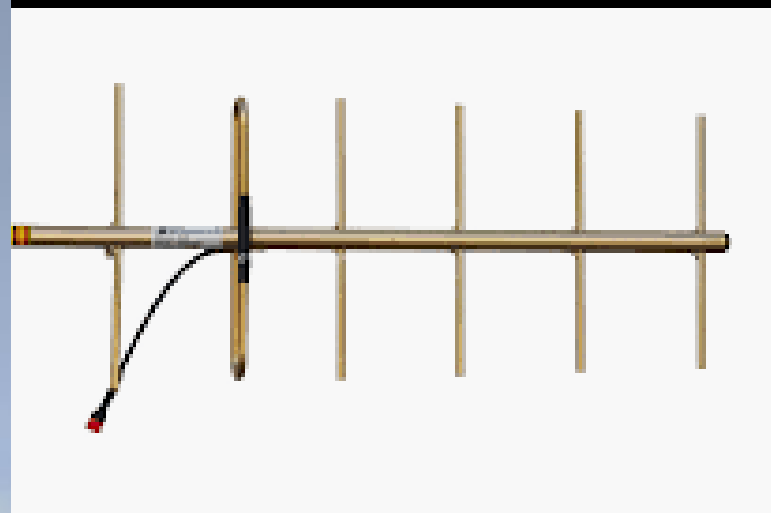
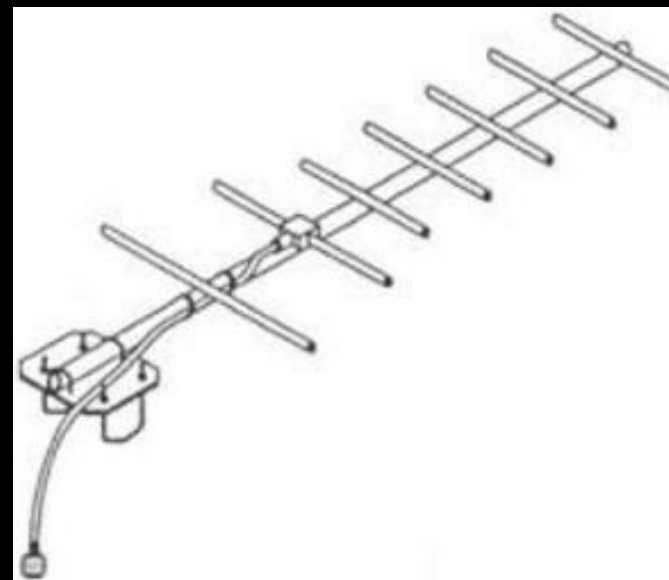
Proč nebudu dál mluvit o KV anténách?

- Protože nepatří mezi objekty mého zájmu a s ohledem na jejich různé umístění a vliv okolí jsou jen mizerně opakovatelné. To co jiní považují za umění stavby dobrých KV antén, mě nebaví. Vezměte na vědomí, že KV anténám prostě nerozumím. 😊
- Nicméně, řada věcí je totožných jako na VKV: kam namířit hlavní lalok antény? U KV antén do ionosféry, u VKV antén na horizont? Jak daleko bude odrazné místo? Kolik stupňů by měl být zvednutý nad horizont hlavní lalok antény?
- Z toho vyplývá design antény: dipól, vertikál, Yagi směrovka, stack? Magnetická anténa?
- Vše má své výhody a nevýhody! Nelze jednoduše říci, která anténa je lepší. Každá z nich je nejlepší v určitých podmínkách!
- YAGI antény jsou na KV problematické hlavně výškou nad terénem!
- Z toho důvodu lze KV antény jen složitě sdružovat do skupin. A proč vlastně? (HAARP?)
- Otázka rušení, resp. poměru signálu/pozadí. Signály na KV jsou řádově silnější než na VKV! Proto má většina antén na KV záporný zisk, ale široké vyzařování. Nemusí se směřovat! A radarové kolineární antény se dnes směřují fázovým posunem zářičů.



VKV antény

- Obrázky YAGI ANTÉN:



VKV antény



GTV 2-9n



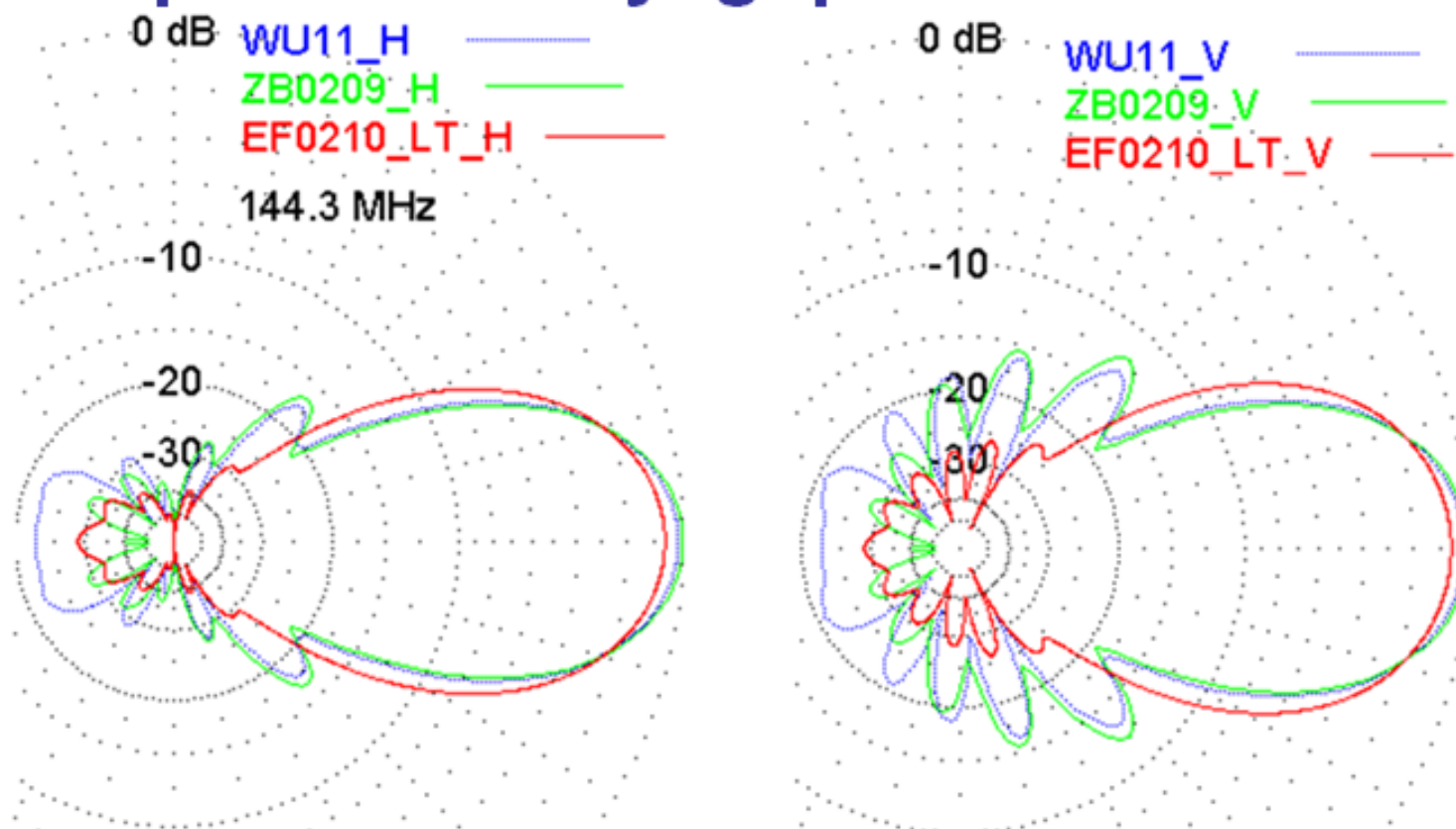
Jak by měla vypadat konstrukce VKV Yagi antény?

- Pro jaký účel anténu budujeme? Pro závody, DX provoz, EME, MS, z jiného důvodu?
- Podle účelu volíme antény – co největší pokrytí – co největší zisk – co nejmenší rušení?
- Jak vypadá terén okolo stanice? Máme tam překážky? Jaké? Jak daleko? Jsme ve městě?
- Je první Fresnelova zóna volná? Jakou máme dohlednost? Jaký kmitočet bude použit?
- Většinou je třeba zvolit určitý kompromis! Jak velký útlum bude mít napáječ?
- Opakovatelnost konstrukce i v amatérských podmínkách? Minimalizace ceny?

- Pro VKV závody: čím větší plochu signálem pokryjeme, tím větší bude pravděpodobnost odpovědi na naše CQ! Velké super ziskové soustavy pro EME nejsou nejvhodnější pro pozemský provoz, pokud nejsme na kopci, kde kolem dokola máme velké převýšení!
- Každé narušení Fresnelovy zóny vytváří útlum a vznik nehomogenního elmag. pole, takže co přijme anténa propojeného systému, která je v nejsilnějším poli, vyzáří anténa, jenž je v místě slabšího elmag. pole protistanice. Proto umístíme anténu co nejvýše! Třeba 50m!

Vývoj směrových antén typu Yagi:

Srovnání potlačení bočních laloků - příklad 10el yagi pro 144 MHz



DL6WU, DK7ZB, YU7EF (G0KSC)

(srovnání antén se stejnou délkou ráhna)

Jak by měla vypadat konstrukce VKV Yagi antény?

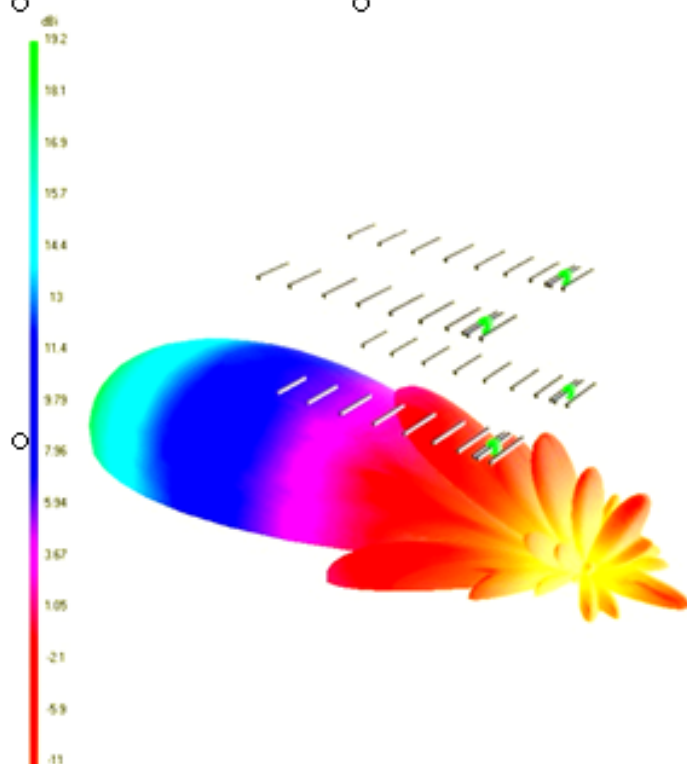
- Pro VKV závody: čím větší plochu signálem pokryjeme, tím větší bude pravděpodobnost odpovědi na naše CQ! Velké super ziskové soustavy pro EME nejsou nejvhodnější pro pozemský provoz, pokud nejsme na kopci, kde kolem dokola máme velké převýšení!
- Každé narušení Fresnelovy zóny vytváří útlum a vznik nehomogenního elmag. pole, takže co přijme anténa propojeného systému, která je v nejsilnějším poli, vyzáří anténa, jenž je v místě slabšího elmag. pole protistanice, zase pryč.
- Proto ve směru, kde je narušený profil, umísťujeme spíše single Yagi antény a co nejvýše je to možné! Naopak ve směru, kde je volný profil (alespoň 30km) použijeme vertikální stacky, které mají široký lalok v horizontální rovině a velmi úzký lalok ve vertikální rovině!
- Ale co když máme velké převýšení (Alpy) třeba stovky km daleko? Znovu si položíme otázku: jak vysoko nad horizont má anténa vyzařovat?
- A co místní rušení? Pokud zvedneme u vertikálního stacku hlavní lalok nahoru, potlačíme vzájemné lokální rušení. A nezapomínejte, že spoustu QSO děláme odrazem od letadel!

Řazení antén (stacking)

- Řazení antén nad sebe vede k zúžení hlavního laloku antény bez změny šířky horizontálního laloku – vhodné řešení pro závody, VKV DX provoz Meteorscatter, Auroru
- Sloučení dvou stejných antén přinese teoretický zisk +3dB, reálně díky ztrátám 2,2 až 2,5dB.
- Velké ztráty na fázovacím vedení zejména na $F > 1\text{GHz}$, zejména zvýšení šumu -> nad 1GHz je vhodné fázování antén pomocí otevřeného vedení
- Značení: Plane H vertikální lalok, Plane E horizontální lalok

Klasický vzorec DL6WU pro zjištění optimálního stackingu pro maximální zisk.

Při větších vzdálenostech vznikají postranní laloky, při menších vzdálenostech klesá šum antény & vliv bočních laloků, ale také zisk.



$$d = \frac{\lambda}{2 \cdot \sin(\Phi/2)}$$

8el 10JXX
Plane H = 37.74°
Plane E = 34.54°

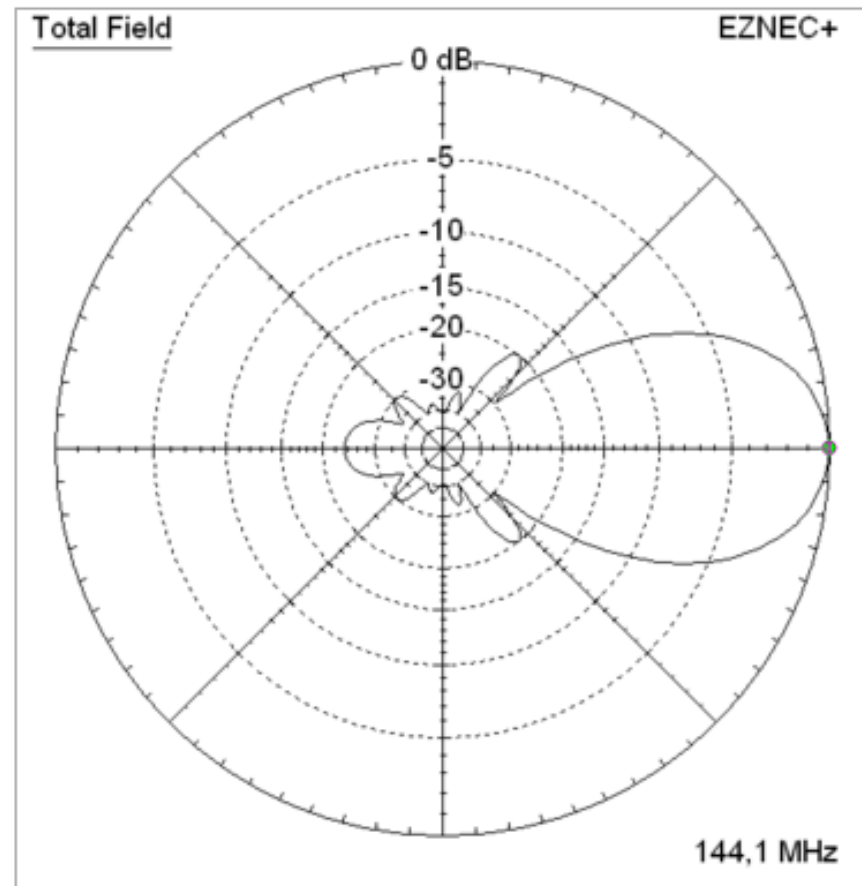
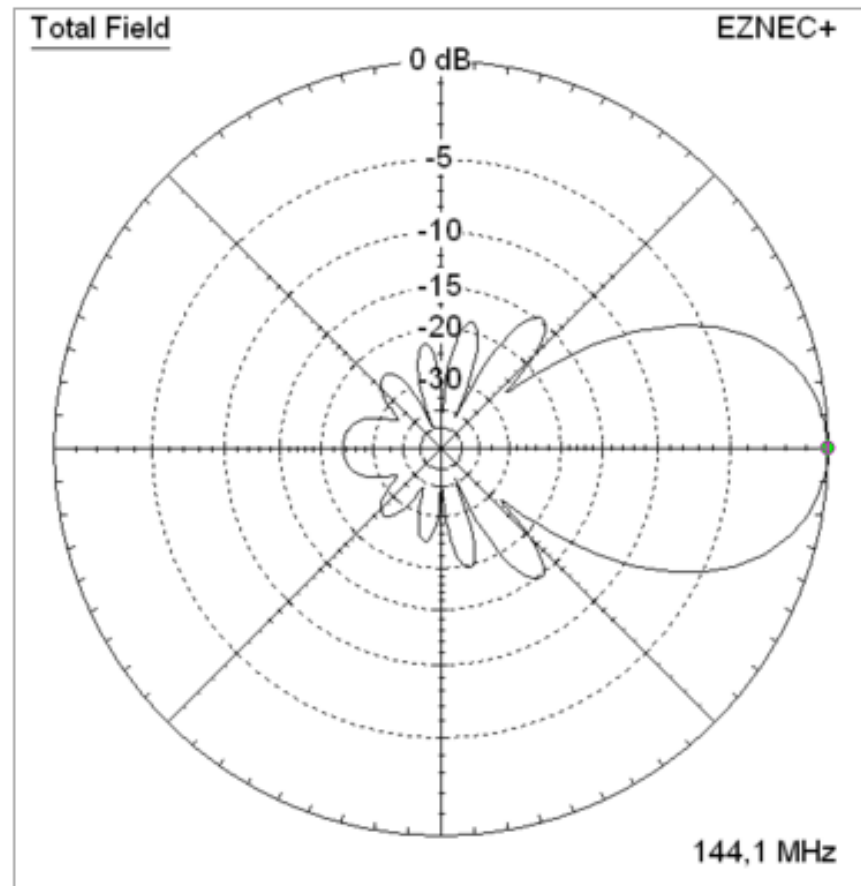
$$d = \frac{2079}{2 \cdot \sin(34.54 / 2)} = \frac{2079}{0.5937} \cong 3550 \text{ mm}$$

$$d = \frac{2079}{2 \cdot \sin(37.74 / 2)} = \frac{2079}{0.6468} \cong 3270 \text{ mm}$$

VKV antény

- Vyzařovací laloky:

Elevation and Azimuth plot at 144.1 MHz - Version with Folded Dipole from WiMo EF0208c

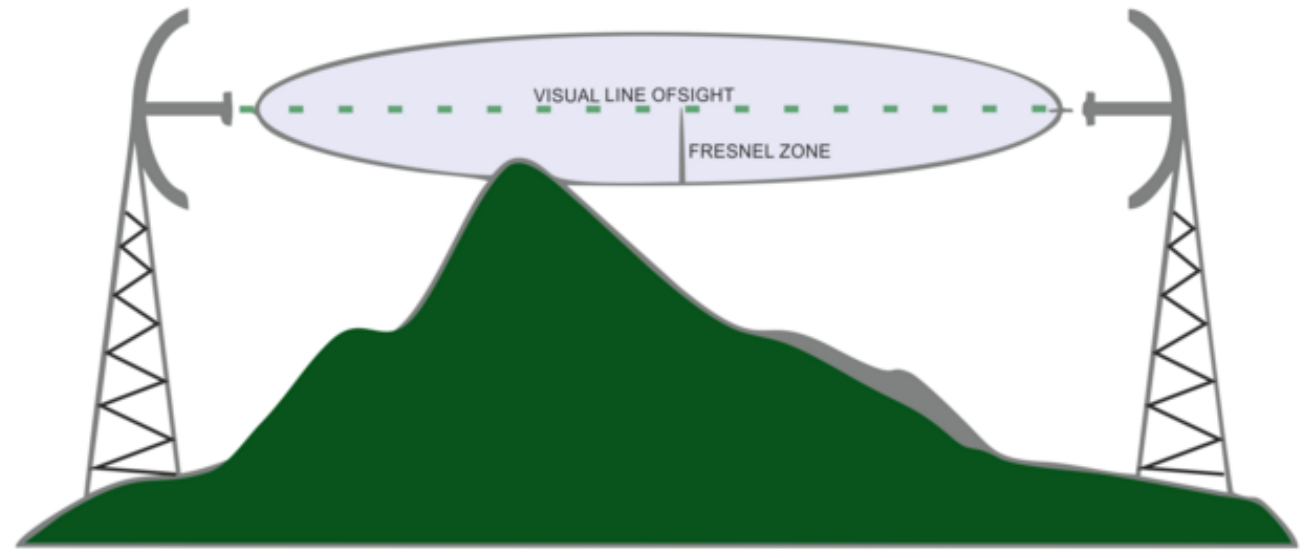


- **Fresnelova zóna:**

<https://interline.pl/information-and-tips/fresnel-zone-loss>

Fresnel Zone Interference –

The Fresnel Zone is a circular area perpendicular to and centered on the line of sight. In radio wave theory, if 80% of the first Fresnel Zone is clear of obstacles, the wave propagation loss is equivalent to that of free space.



The equation for calculating the first Fresnel Zone utilizes distances to a point in the line of sight with a possible obstruction in the path is:

$$\text{where } FZ = 72.1 \times \text{sq. root } (D1 \times D2) / (f \times Rm)$$

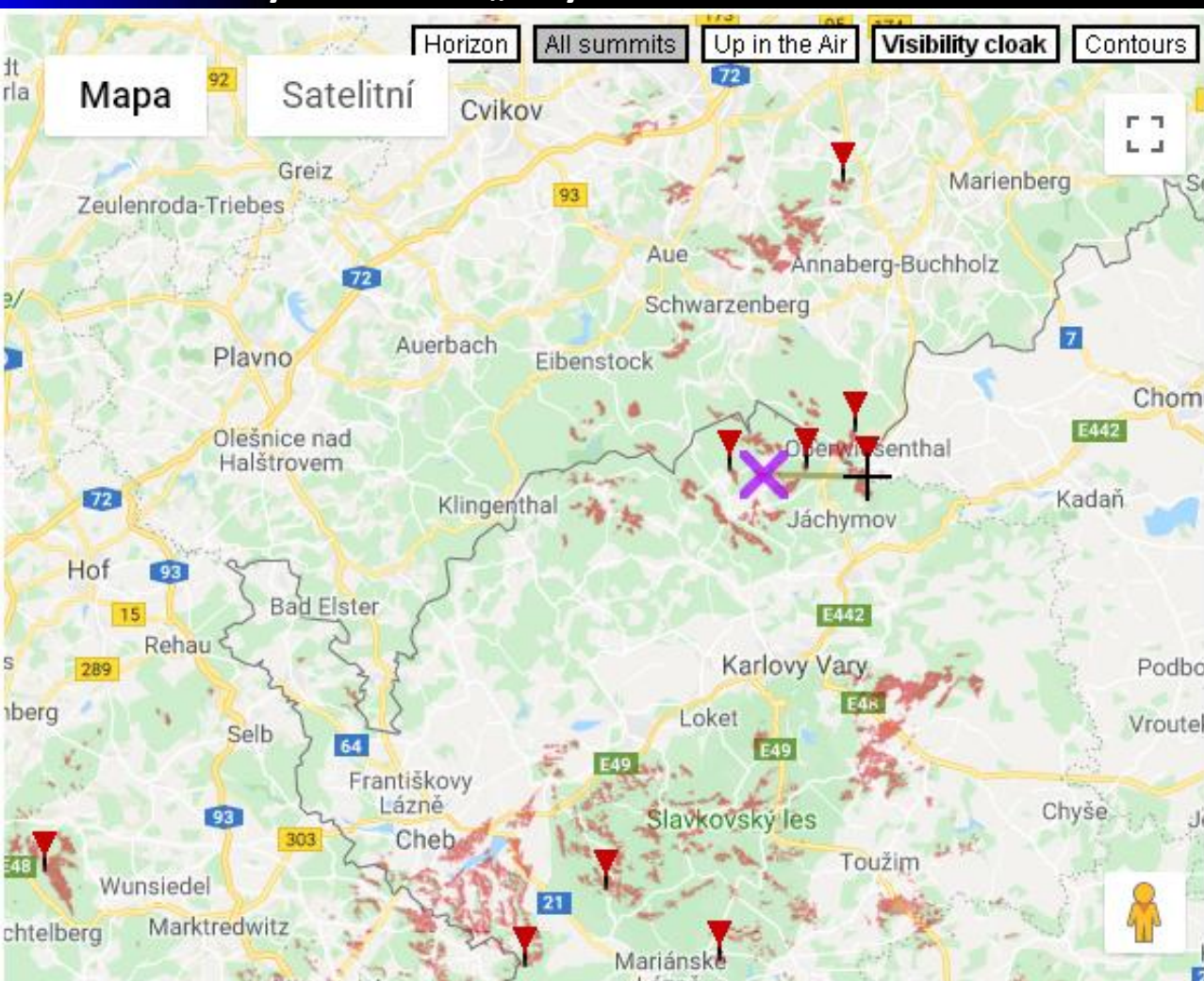
f = frequency in GHz

Rm = distance between antennas in miles

D1 = first distance to obstruction in miles

D2 = second distance to obstruction in miles = Rm - D1
 FZ = radius of Fresnel Zone in feet from direct line of sight

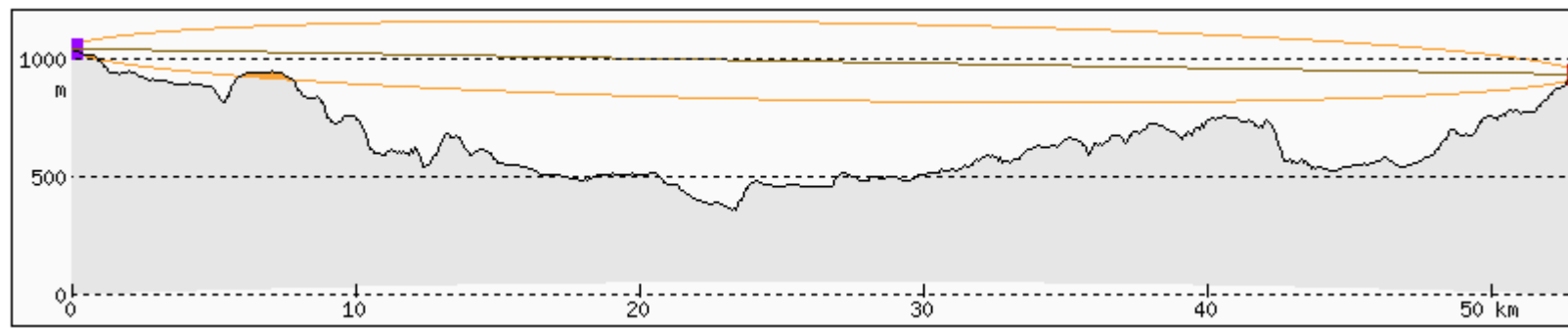
- Pokrytí terénu – „Heywhatsthat-com“:



15° Greifen-Stein	18 miles	0 ft
65° Fichtelberg	6 miles	0 ft
84° Špičák	3 miles	0 ft
92° Klínovec	6 miles	4236 ft
177° Schwarzriegel	80 miles	0 ft
185° Podhorní vrch	29 miles	2707 ft
201° Judenhau	27 miles	0 ft
206° Dyleň	33 miles	0 ft
241° Schneeberg	49 miles	0 ft
276° Blatenský	2 miles	0 ft

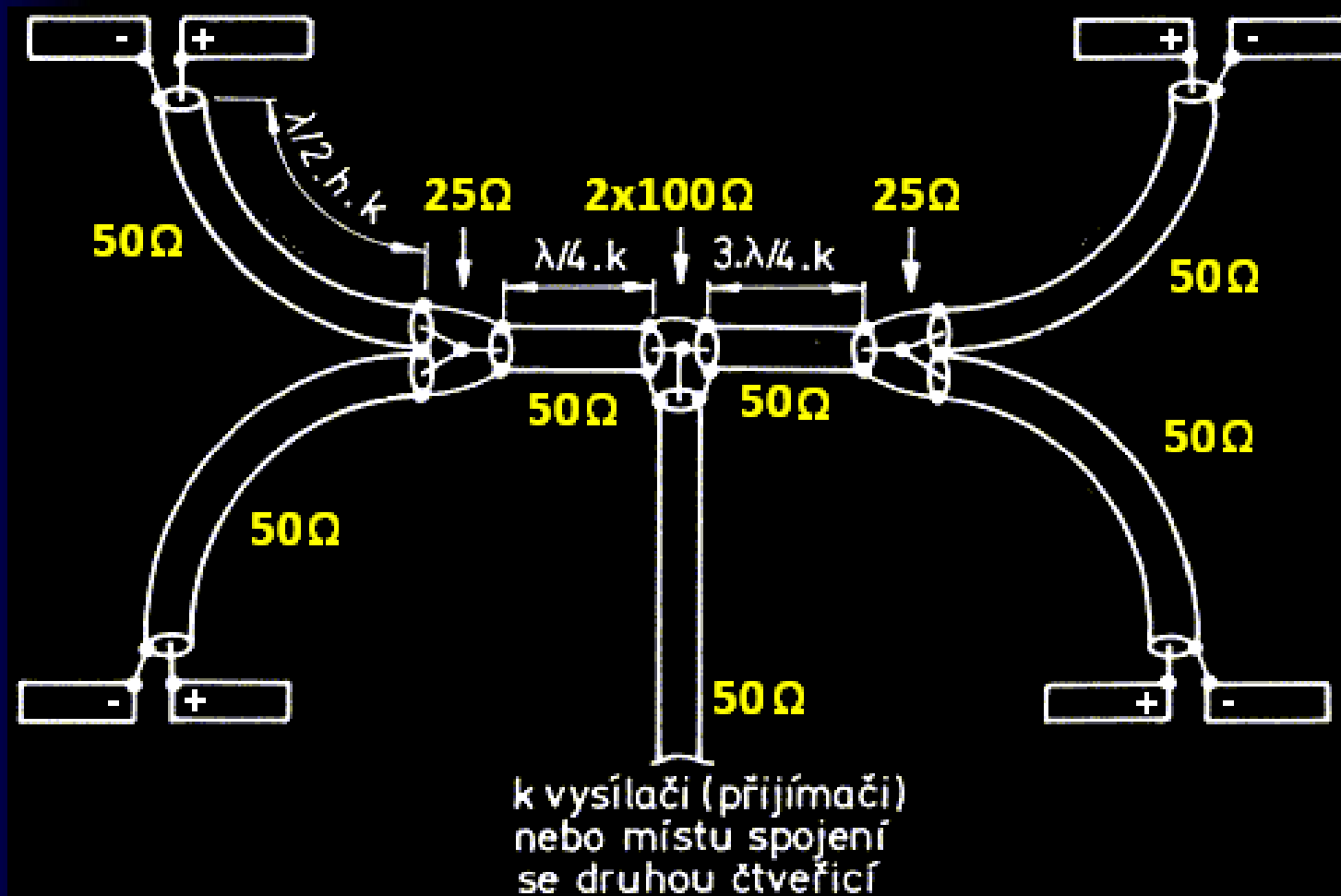
(Bearings are true; for magnetic bearings subtract 2° or click [here](#))

show alts



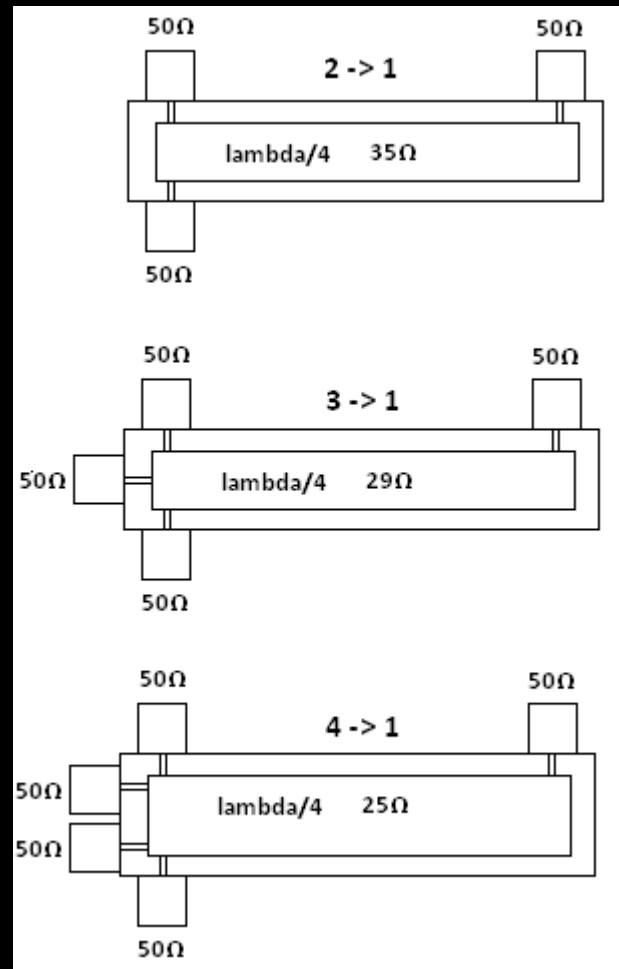
Anténní systémy pro VKV

- Schema zapojení: 2 x 2:



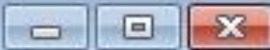
Anténní systémy pro VKV

- Sdružovače antén 2/1, 3/1, 4/1:

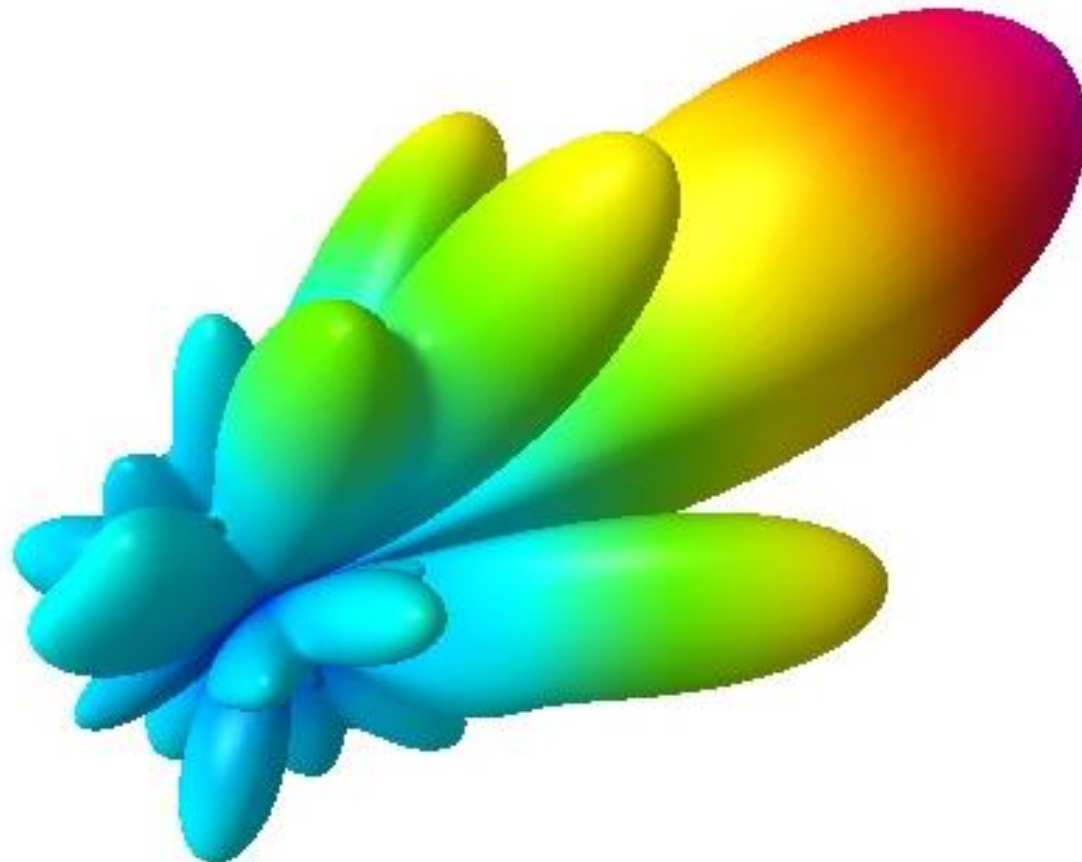


- Mechanické rozměry: <https://www.everythingrf.com/rf-calculators/coaxial-cable-calculator>

3D Viewer (F9) [4x_gtv70_7w_6_35mm_6wu.out]



dBi



432.1 Mhz

Axis 0.5 mtr

Theta Phi

25 234

< zoom >

Ident Res

Rotc Col

True rad.

< >

Axis

Ground

Surfaces

Hide struc

Multi-colo

Quality

< >

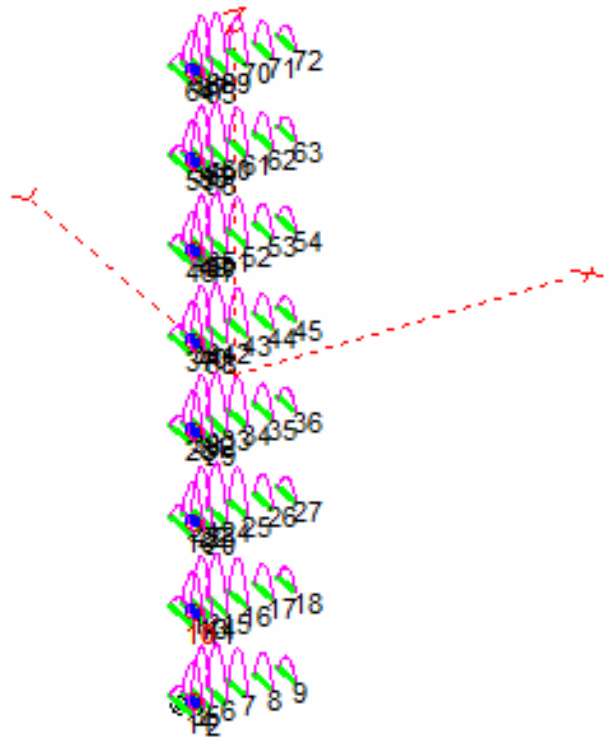
FPS Tri's

31 129600

8 x vertical Stack at 770 mm each

View Antenna: GTV 70-7w

File Edit View Options Reset

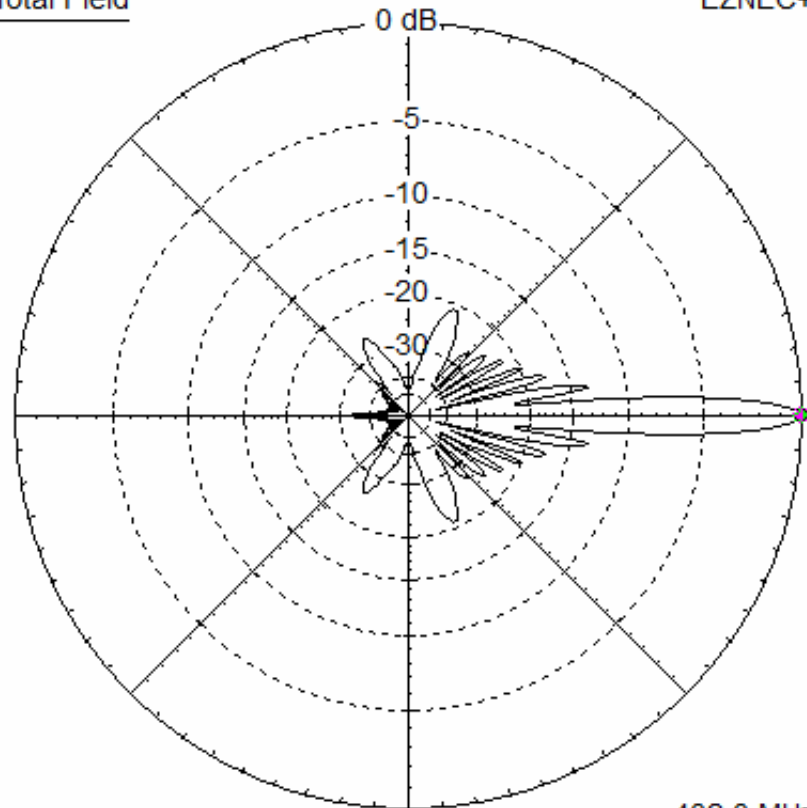


2D Plot: GTV 70-7w

File Edit View Options Reset

Total Field

EZNEC+



432,3 MHz

Elevation Plot

Azimuth Angle 0,0 deg.

Outer Ring 21,17 dBi

Cursor Elev 0,0 deg.

Gain 21,17 dBi

0,0 dBmax

Slice Max Gain 21,17 dBi @ Elev Angle = 0,0 deg.

Front/Back 32,65 dB

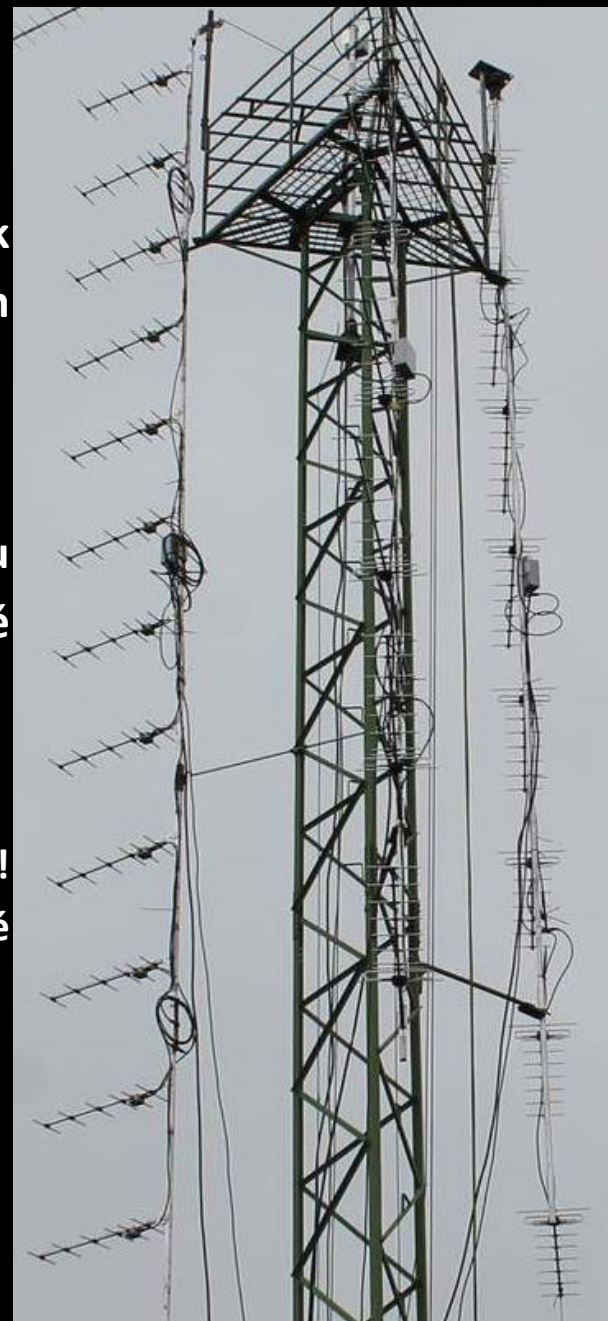
Beamwidth 5,6 deg.; -3dB @ 357,2, 2,8 deg.

Sidelobe Gain 8,0 dBi @ Elev Angle = 9,0 deg.

Front/Sidelobe 13,17 dB

Anténní systémy pro VKV

- **Elektrické směrování vertikálních stacků (beamforming):**
- Vysoká anténa typu stack má velmi úzký vyzářovací lalok ve vertikální rovině = nefunguje dobře pro QSO odrazem od letadel, MS a v prostředí narušené Fresnelovy zóny.
- Je zapotřebí její hlavní lalok „přiohnout“ směrem nahoru
- To je možné naklopením stacku – spodní antény budou více vpředu – tedy signál od TX na ně přijde fázově „dříve“, než na horní antény stacku.
- To nemusí být řešeno mechanicky, ale délkou kabelů!
 - Propojovací kabely nesmí být transformační (rezonanční)! Musí při přenosu signálu zachovávat impedanci po celé svojí délce!
 - Kabely ke spodním anténám budou kratší, než k horním!
 - Nezapomeňte na zkracovací koeficient kabelů.
 - Elektrické délky měřte elektricky, ne metrem a přepočtem!



Nejčastější problémy u soustav antén typu Yagi

- špatné konektory (na VKV nepoužívejte konektory typu PL259 aneb „stíněný banánek“)
- špatně namontované konektory
- voda v konektoru (konektorech)
- špatné / špatně naměřené kabely
- špatná délka kabelů (záměna kabelů)
- chybně navržené / vyrobené sdružovače
- zlomený kabel (stínění v konektorech – zejména u kabelů s Cu fólií...)
- obecně práce kvapná, málo platná
- chybějící měřicí přístroje
- chybějící znalosti, jak použít měřicí přístroje
- Není třeba se honit za absurdně vysokými útlumy odrazu! Stačí - 20dB.
- Naučte se používat hodnotu útlumu odrazu, ne PSV (SWR)

<http://www.ok2kkw.com/swrtable.htm>

A co třeba EME antény?

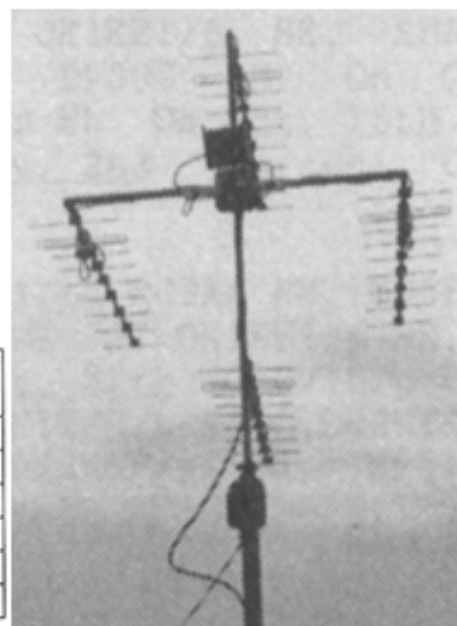
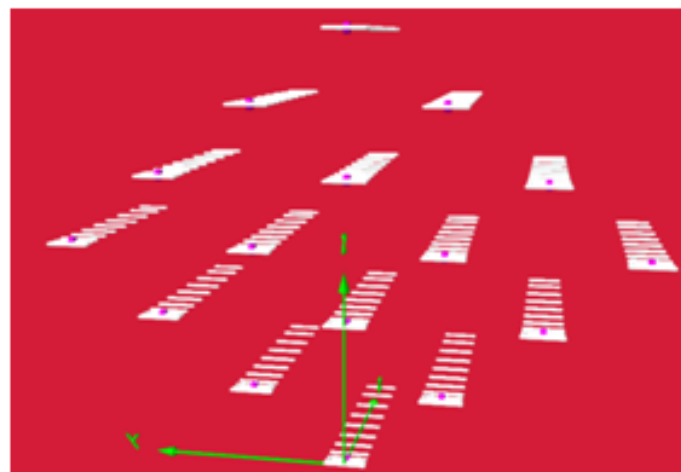
- Kde je chcete stavět? Ve městě nebo na venkově? Šumové pozadí velkého města! Ztrácíme až 8dB! Je nutno používat soustavy antén z důvodu potlačení postranních laloků! A budou směřovat nahoru!

Co to je poměr G/T? Proč je to důležité? Tabulka nejlepších antén podle VE7BQH:

- http://dg7ybn.de/GT_Tables/432_MHz_GT.htm
- Poměr G/T (zisk/šum) kde šum je vyjádřený jako šumová teplota, vlastně vyjadřuje zisk Yagi antény v porovnání k jejím vlastním ztrátám a šumu prostředí, který zhoršuje odstup signál/šum vlivem parazitním příjmům přes boční laloky antény. Je to hodnota zjištěná výpočtem při modelování konstrukce antény a jejím postranním lalokům při elevaci antény 30° vzhůru.

Řazení antén - diamant

- Řešení vyvinuté OK1VR ve VÚSTu v 60-tých letech pro minimalizaci bočních laloků u TV ve městě pro zlepšení jakosti příjmu – odstranění „duchů“.
- Nejlepší známý způsob řazení antén pro potlačení bočních laloků.
- Nevýhoda – problematické mechanické uchycení, protože v rovině prvků se nesmí nacházet vodivý materiál
- Obrázek 70cm antény OK1DIG z UHF Contestu 1986



Srovnání YU7XL (Dubus 3/2010)

http://www.qsl.net/de/member1/yu7xl/diamond_stacking_for_more_gain.htm

ANTENNA Y21105XL7B	Material	G (dBi)	F/B (dB)	F/Sh (dBi)	F/Sv (dBi)	Hor (°)	Ver (°)	Temp (K)	G/T (dB)
Single antenna	No loss	15.07	40.60	24.86	19.01	35.2	38.4	218.7	-8.33
	Aluminum	14.98	41.46	24.81	19.01	35.0	38.2	220.5	-8.45
Classic stack 340x300 cm	No loss	20.75	41.87	12.79	13.09	16.6	18.0	215.4	-2.58
	Aluminum	20.66	42.01	12.83	13.14	16.6	18.0	217.2	-2.71
Diamond stack 420x530cm	No loss	21.01	38.89	31.26	21.14	18.2	15.0	207.3	-2.16
	Aluminum	20.91	38.55	31.17	21.20	18.2	15.0	209.4	-2.30

DG7YBN / 432 MHz VE7BQH G/Ta Table

Issue 17, Oct. 2019

[Home](#)
[50 MHz Ant.](#)
[144 MHz G/Ta](#)
[432 MHz G/Ta](#) ✓
 [AGV Correction](#)
[G/Ta Online Calc.](#)

The 432 MHz G/Ta Table is a compilation of simulations of 4 Yagi-Bays at 432.1 MHz. The main purpose of this table is to enable you to select a Yagi design by its performance level for non-terrestrial weak signal work such as EME. Thus the G/T number presented is computed for an elevation of the array of 30 degrees as a typical position of the moon. Some theoretical details about G/Ta and G/T-System can be found here [▶](#)

[432 MHz G/T table as chart](#)

This is the 2nd Interactive G/Ta Chart VE7BQH: "Tsky and Tearth is now Interactive or changeable by the user." Preset Tsky and Tearth have changed and now are acc. ITU recommendations P.372-13, Radio Noise. He thanks Vladimir, UR5EAZ for coming up with the idea and developing the actual MS Excel ©.

Interactivity is not available online, sry.

Old Reference: Tsky=20K Tearth=350K Reference: Estimated Values for man made noise (Tearth) on 432 MHz:

New Reference: Tsky=27K

Rural = 760K
 Residential = 1800K
 City = 8200K

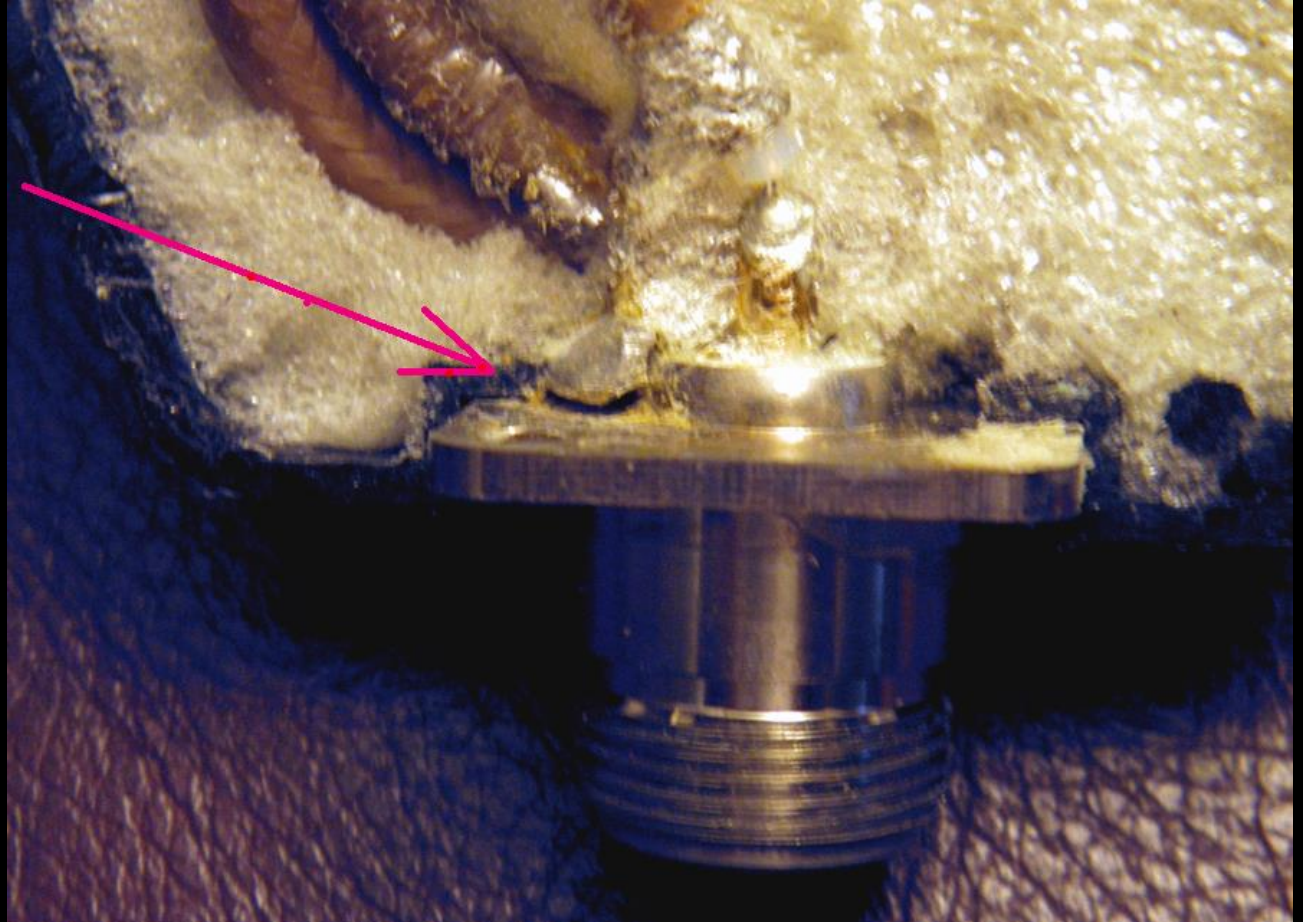
Man-Made Noise in Our Living Environments
 U.R.S.I. Radio Science Bulletins No. 334, 09.2010

Enter Tsky > **27K** Enter T_earth, K > **1800K**

TYPE OF ANTENNA	DL6WU Optimal Stacking				1 Ant.										
	L λ	GAIN (dBi)	E (M)	H (M)	Ga (dBi)	Tlos (K)	Ta (K)	Ant G/T (dB)	F/R (dB)	1st SL (dB)	2nd SL (dB)	Z (ohms)	VSWR Bandwidth	Feed System	Conver Correcti
KF2YN Boxkite 4	0,44	13,24	1,20	0,85	19,30	4,93	183,91	-3,35	26,1	21,5	none	52,5	1.10:1	Bent Dipole	Ye
KF2YN Boxkite 7	1,34	15,64	1,40	1,17	21,56	8,14	114,17	0,98	27,6	27,5	21,3	51,7	1.05:1	Bent Dipole	Ye
DG7YBN GTV70-8n	1,84	13,60	1,07	0,93	19,56	4,90	124,39	-1,39	24,8	16,5	21,7	49,8	1.83:1	Bent Dipole	Ye
KF2YN Boxkite 10	2,37	16,55	1,50	1,30	22,46	8,73	90,67	2,89	28,3	19,2	28,0	48,7	1.08:1	Bent Dipole	Ye
InnoV 10 LFA	2,43	14,43	1,12	1,03	20,36	3,67	100,00	0,36	23,8	17,2	23,3	50,7	1.13:1	LFA-LOOP	Ye
InnoV 10 LFA 2018	2,47	14,35	1,11	1,01	20,27	3,65	96,27	0,44	22,1	18,6	21,4	48,8	1.25:1	LFA-LOOP	Ye
YU7EF EF7010-5	2,59	14,64	1,14	1,05	20,56	5,00	98,21	0,64	22,5	16,9	24,1	50,0	1.06:1	Dipole	N
+DG7YBN GTV 70-11w	2,81	14,97	1,18	1,09	20,90	2,70	84,82	1,62	27,8	15,9	23,4	50,0	1.06:1	Bent Dipole	N

Konstrukce Yagi antén:

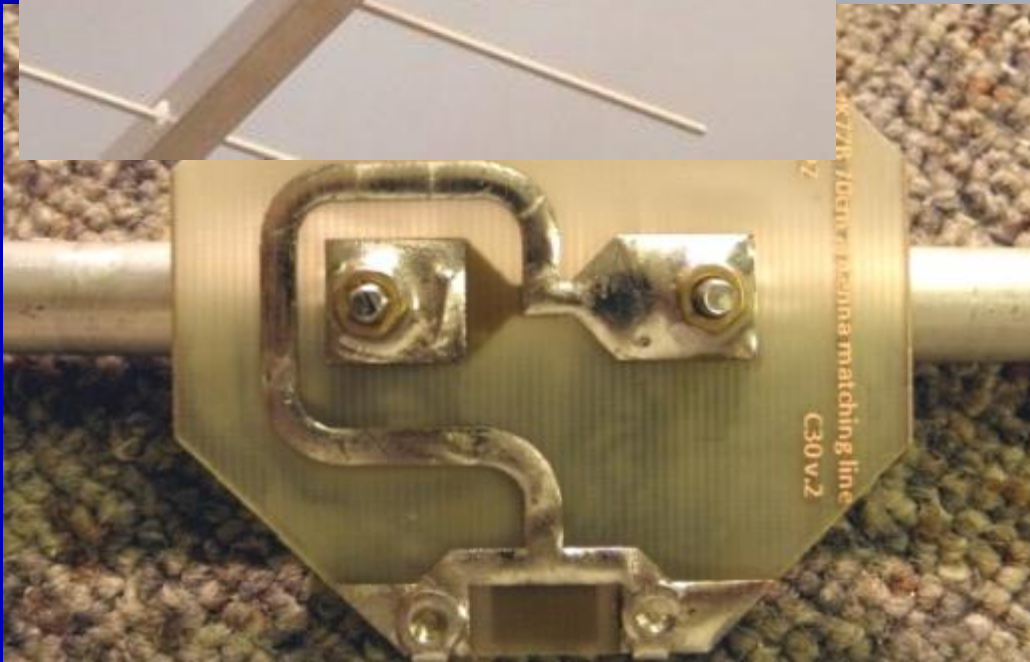
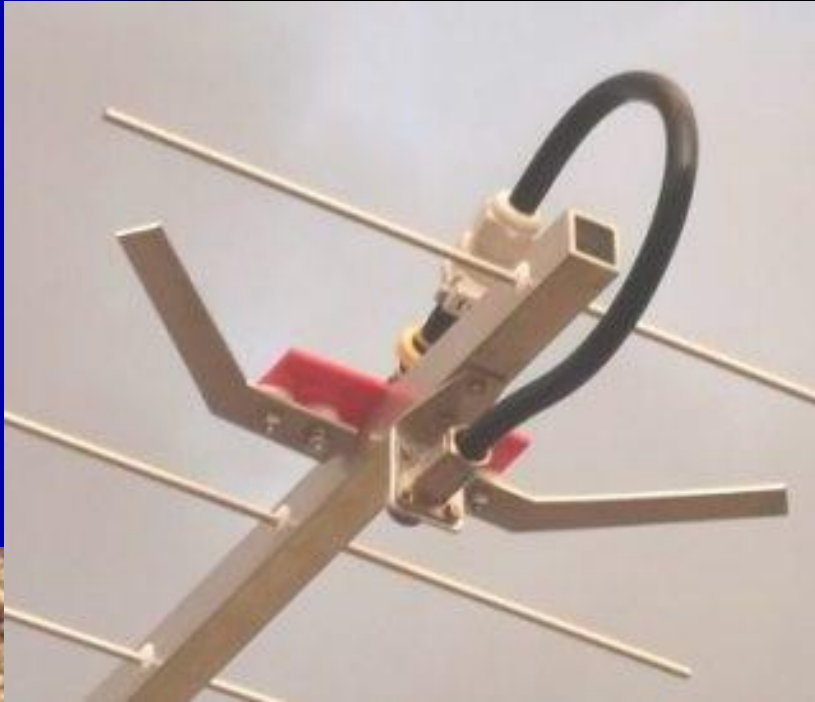
- K jakému účelu je anténa konstruována? Pro závody, nebo pro EME?
- Jaká je kvalita její výroby?



- Má skládaný, nebo jednoduchý (či ohnutý) dipól?
- Budete anténu vyrábět doma? A budou všechny antény stejné?

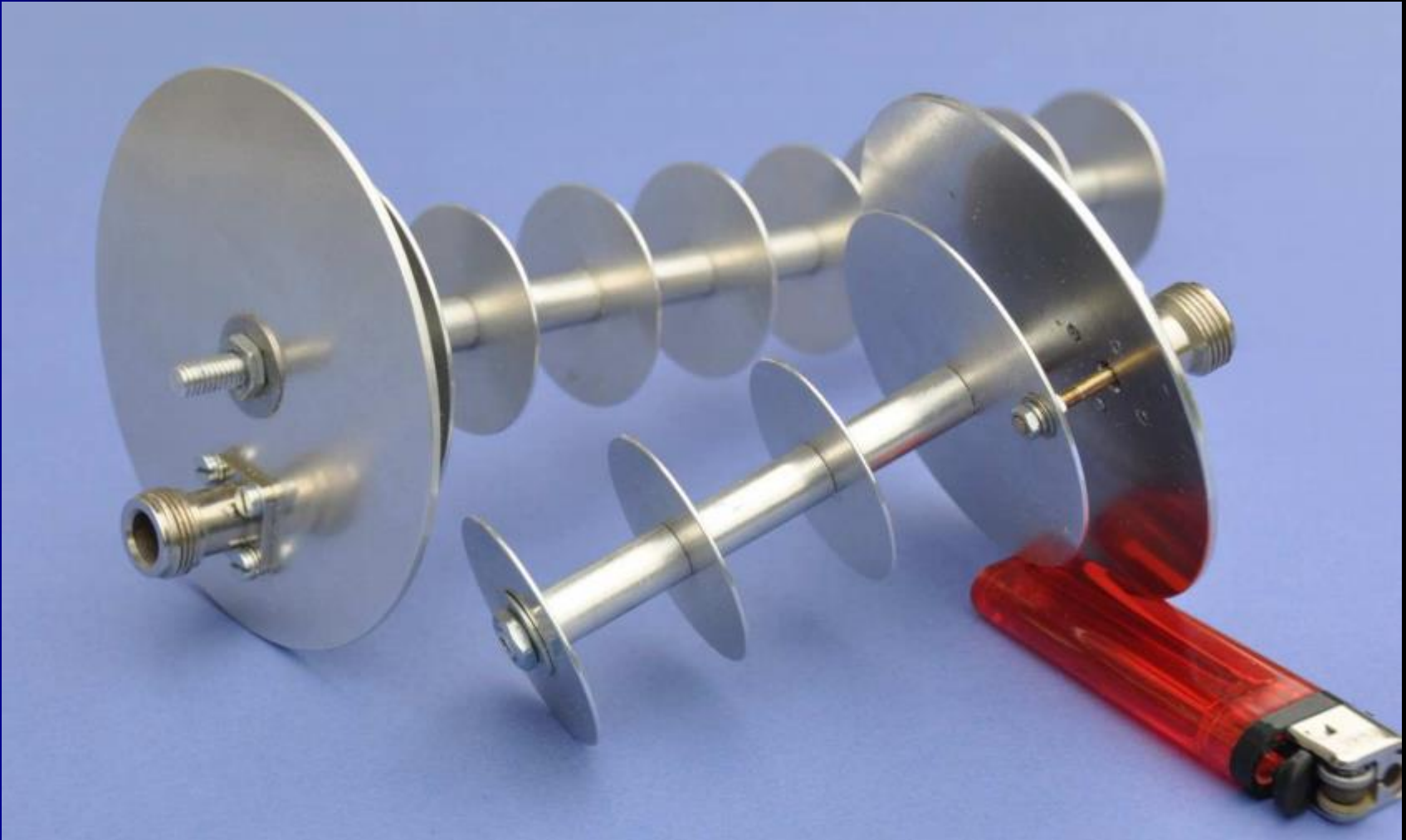
Přizpůsobení zářiče Yagi antény na 50 Ohmů.

Výhody a nevýhody různých řešení: transformovat impedanci, či použít symetrizaci?

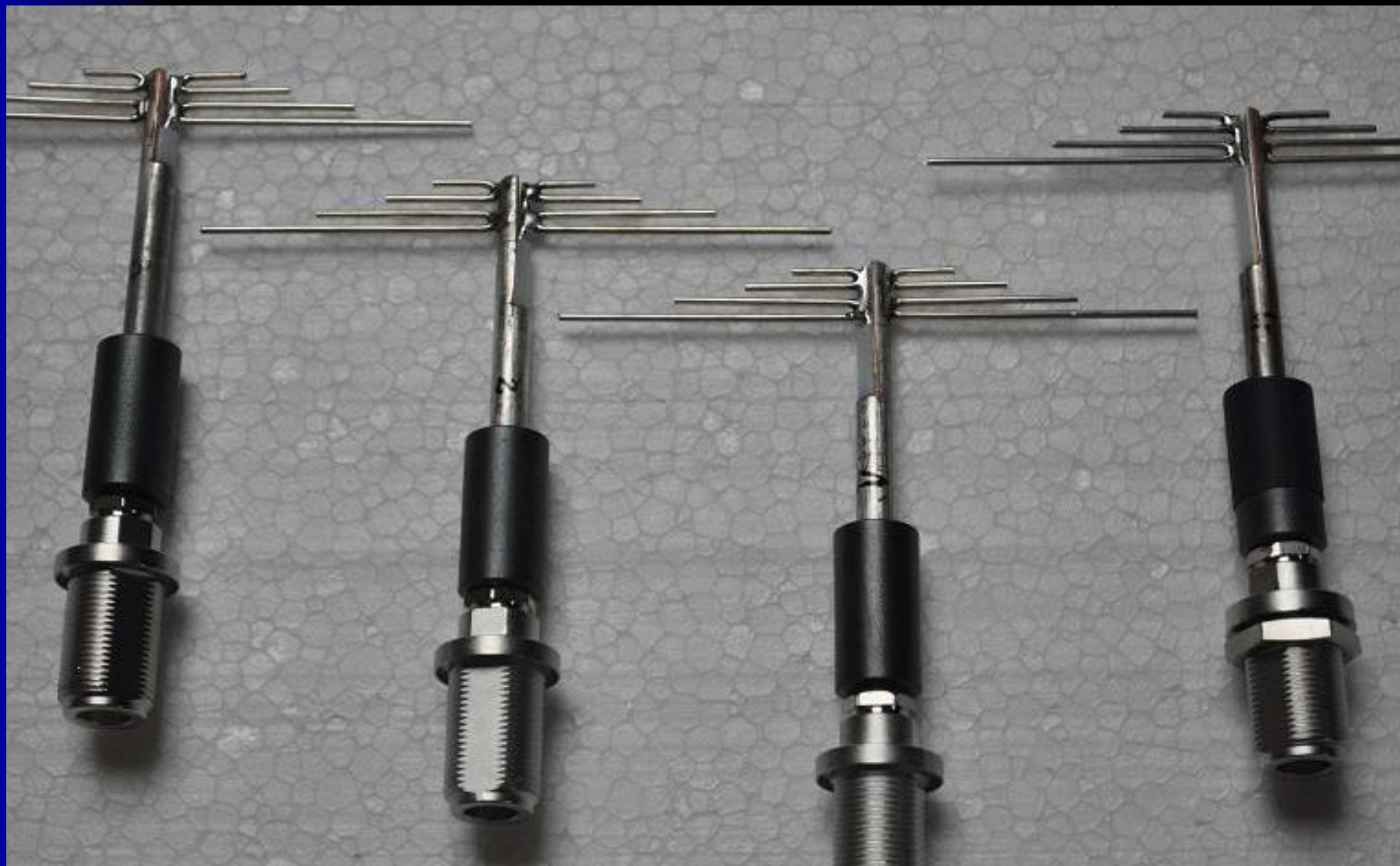


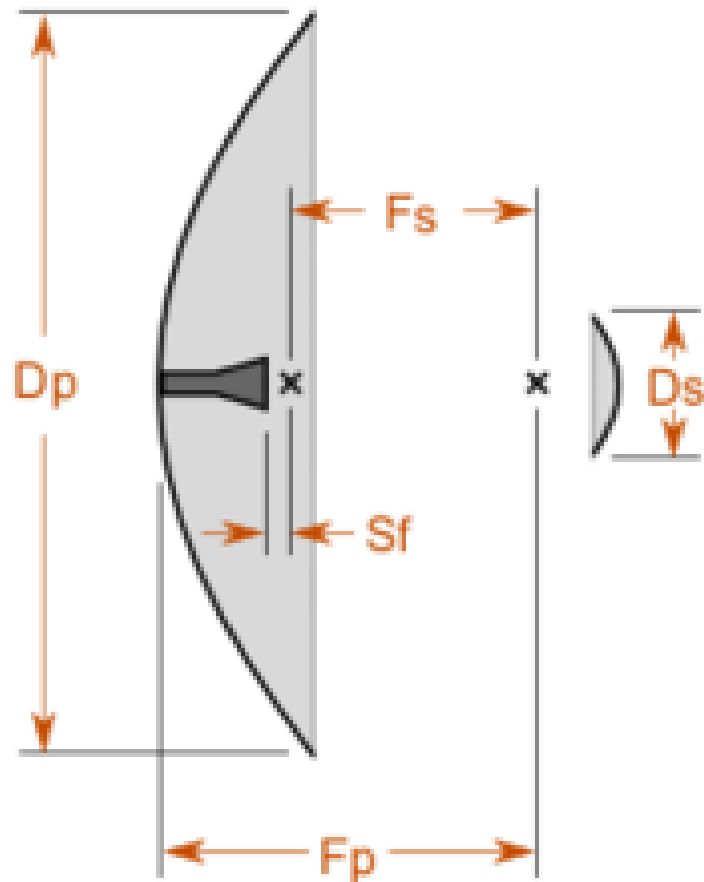
Jiné antény: kroužkové Yagi antény, soufázové, parabolické

- Otázka opakovatelnosti a přesnosti antén pro kmitočty nad 1GHz:

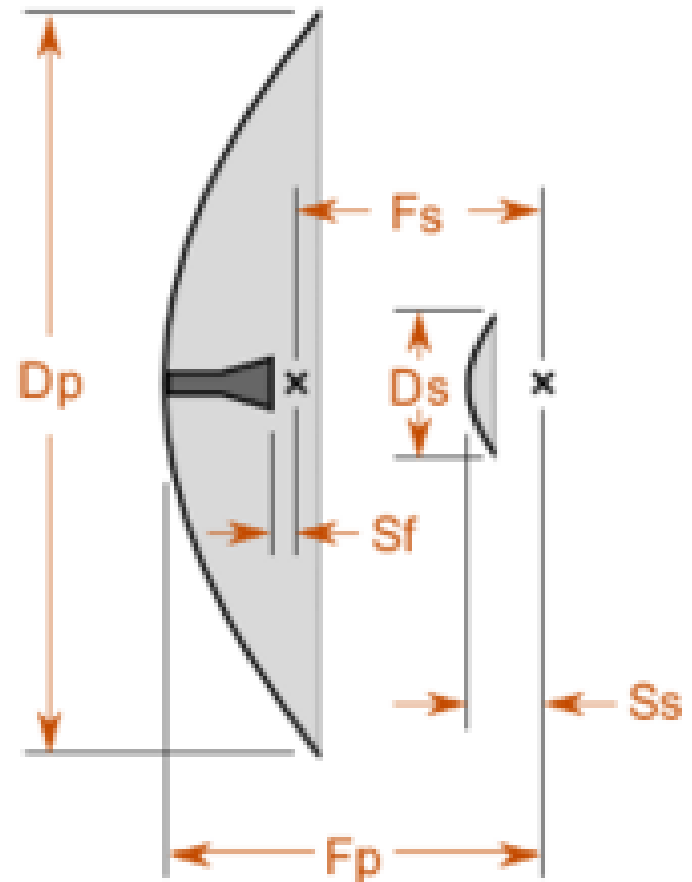


- Ozařovače parabolických antén: multibandový ozařovač DJ6EP pro 23, 13, 9 a 6cm





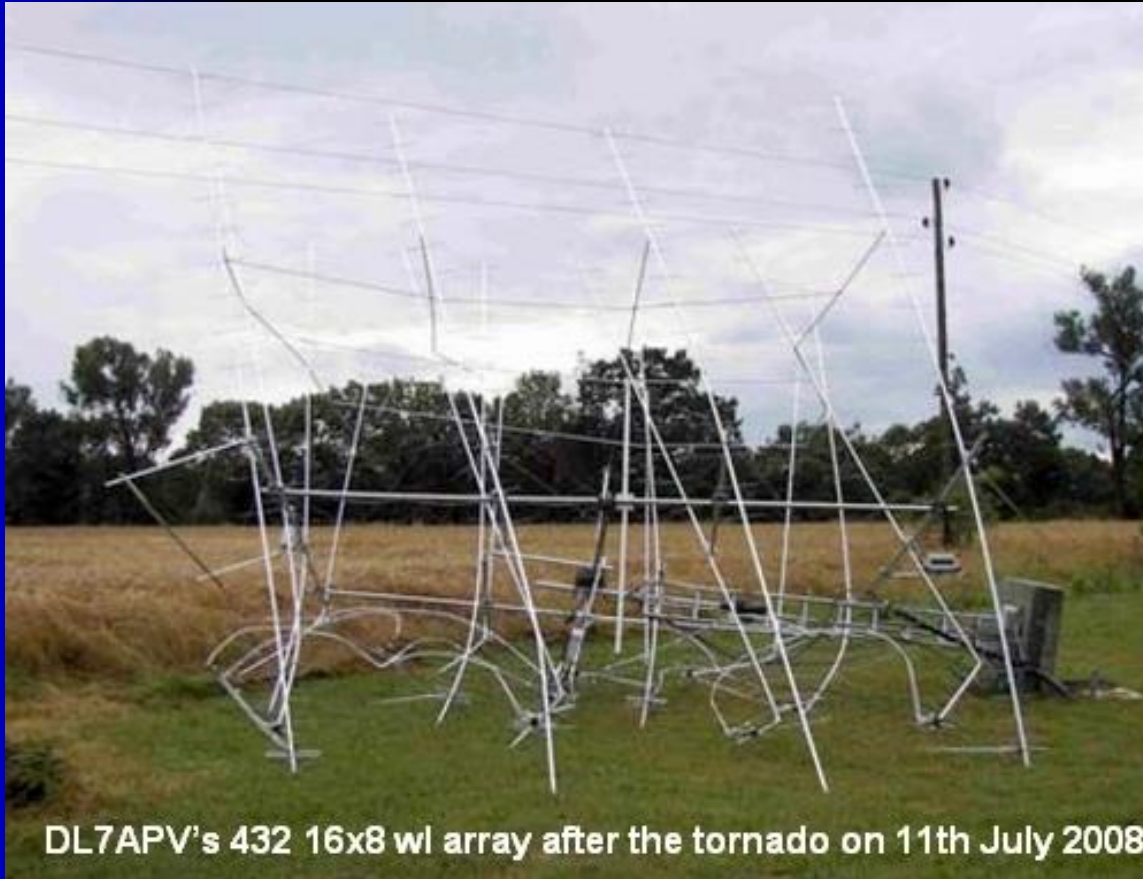
Gregorian diagram



Cassegrain diagram

Safety first!

- Anténa, která v zimě nepadne je malá? Ale kdo má platit stále ty nové a nové?



- A co atmosférická elektřina? Elektrický déšť? A co normální déšť? A námraza?

A poslední dnešní výkřik:

Nejlepší zesilovač je anténa!

- Dvoj pásmová anténa nikdy nebude stejně dobrá jako jednopásmová anténa.
- To že někdo umí pracovat se simulátory antén EZNEC4 ještě neznamena, že anténám rozumí.
- LNA nikdy nezlepšuje poměr signál šum (SNR), tento poměr je určen pouze šumovou teplotou antény! LNA pouze kompenzuje ztráty na cestě od LNA do RX.
- Při montáži přizpůsobení je vždy lepší použít v krabičce odvodňovací díru, kvalitní konektory s fosforbronzem, kabely s hustým opletením, nespolehat na gumičku v N-ku a všechna možná místa raději zaizolovat samovulkanizační páskou, případně přetřít Resistinem.

A pro dnešek dost!

Děkujeme za pozornost. Tuto prezentaci najdete brzy i na našem klubovním webovém portálu

www.OK2KKW.com

73! de OK1TEH & OK1VPZ

ok1teh@seznam.cz

ok1vpz@seznam.cz