

# Kterak vyrobit výkonnou anténu nejen pro PMR

Předmluva:

Pokud už jste se rozhodli podívat se, co že v tomto článku je, předpokládám, že občas experimentujete, nebo byste rád experimentoval s externí anténou na PMRku (i když je předpisy jasně stanovená hodnota vyzářeného výkonu na 0,5Wattu a anténa musí být součástí radiostanice). Toto rozhodnutí, jestli a jak hodně budete tento předpis porušovat, nechám na vás.

Zaobírat se budeme stavbou jednoduché yagi a následně výkonné sektorové antény pro PMR, 70cm a po přepočtu by se takto jistě dala postavit i anténa na 2m,

Koupit lze dnes PMR antény počínaje J-dipólem, u kterého jde jen o přesunutí vysílací antény za zeď, přes různé Ground Plany až po yagi antény do počtu 10 prvků a zisku okolo 11dBd, pomocí kterých se již dají lovit z kopců „DXy“. Říkal jsem si tenkrát, že deset prvků je málo, že musí jít vytvořit ještě něco výkonnějšího. Stáhl jsem si tedy program „vk5dj yagi calculator“ a začal navrhovat. Výsledkem bylo tohle:



Třímetrová anténa se ziskem překračujícím 14dBd, tudíž efektivní vyzářený výkon před anténou je zhruba 25x vyšší, než výkon, který do ní pustíme. S velkými nadějemi jsem ji vyvezl až na na špičák v Orlických horách na poslech PMR štafety a udělat nějaká pěkná spojení, výsledek byl i přes vydařené 236km spojení na výzvu (protistanice byla na šumavě) poněkud zklamáním. Anténa měla příliš úzký vyzařovací diagram a vzdálený signál „vyzývatele“ přicházel jako naschvál zrovna ze směru, kam anténa nebyla nasměrována, nebo naopak při výzvě v daném směru antény žádný zájemce o spojení nebyl. Člověka pak nenapadne nic lepšího, než zvýšit výkon, což způsobí jen to, že nás začnou slyšet i stanice mimo hlavní směr vyzařování, zachytíme slaboučký signál s nadějí, jak je ta stanice daleko, pak se dozvíme QTH, otočíme anténu a slaboučká stanice je u nás najednou 59.

To našťve, že ano?

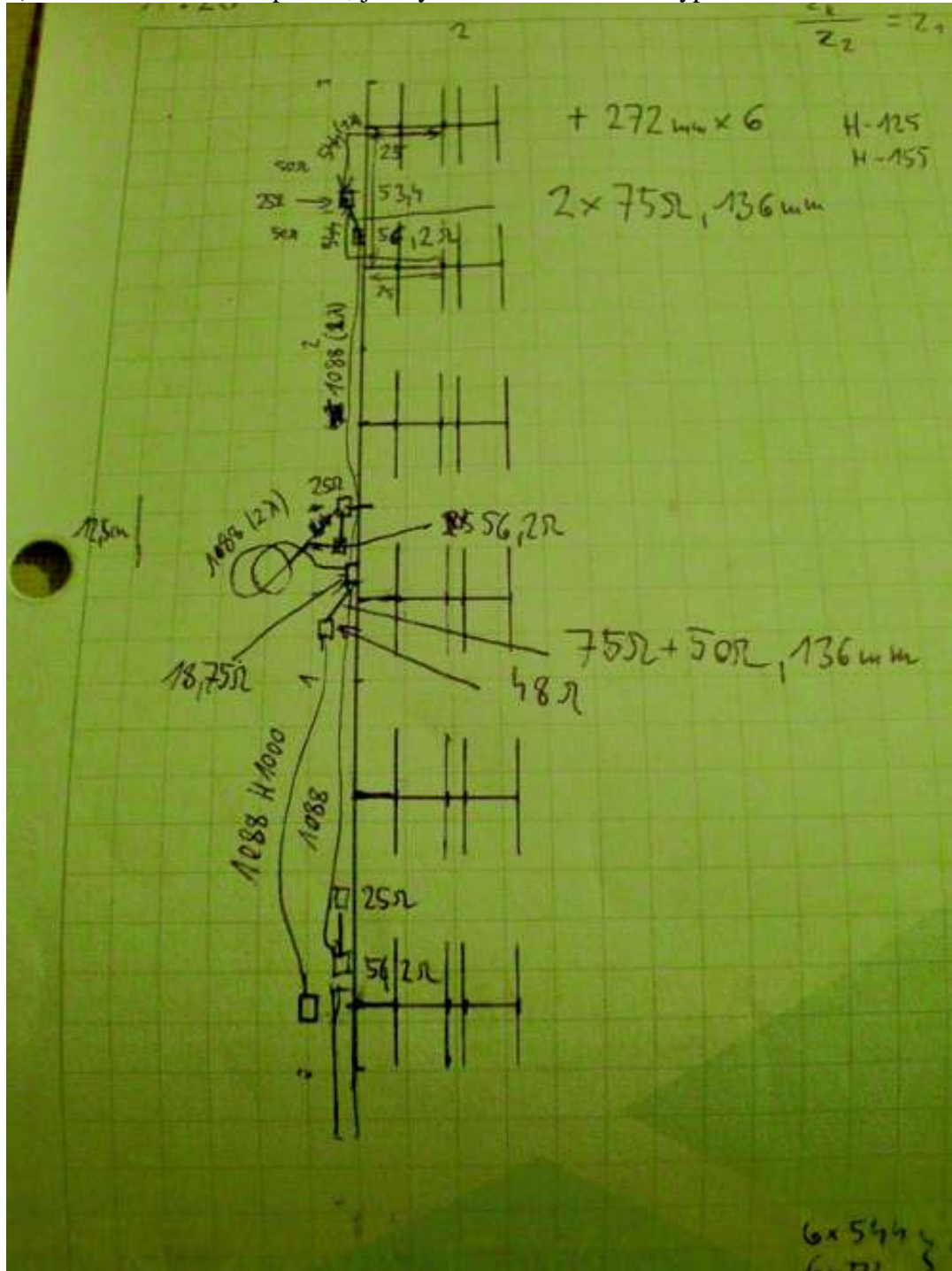
Chtělo by to něco ziskového, jako ona třímetrová anténa, ale přitom, aby měla co nejširší vyzařovací úhel. Dlouho jsem přemýšlel a zjišťoval informace, jak onu anténu vyrobit, pak jsem objevil na internetu jakousi konstrukci, kde na jednom stožáru bylo několik dipólů nad sebou. Takzvaná offsetová anténa, neboli všesměrová anténa se zvýhodněným směrem vyzařování, zkrátka vysílá dopředu o něco lépe, než dozadu. Anténa o zisku oné třímetrové by ale takto vycházela neúměrně vysoká, tudíž jsem se rozhodl za cenu zúžení vyzařovacího úhlu na cca 90° rozměry zmenšit na přijatelnou úroveň, tj. 3 metry. Opět pomohl s návrhem antén, ale i jejich roztečí program yagi calculator, už zbývalo jen nakoupit materiál a začít stavět. Vydařilo se a tak máte zde návod, abyste si to mohli doma vytvořit taky. :-)



Připraveni?

Tak fajn, jdeme na to.

1) Takže si navrhne plánec, jak by měla taková anténa vypadat:



Měřítko 1:25, ale berme to zatím jako skicu.

Vypadá to složité a nevěříte si, že to zvládnete? Pak nepřestávejte číst, můžete si podle tohoto návrhu postavit i jen jednu yagi, nebo dvojici, nemusí to být toto šesterče.

Je to velice jednoduché, uvidíte. ☺ Začneme tedy prozatím jednou samostatnou yagi anténou o zisku cca 6dBd.

## 2) Výstup programu Yagi calculator pro jednu yagi na kmitočet 446MHz, ráhno antény 15mm, prvky vetknuty přímo do ráhna a skládaný dipól zcela izolován od ráhna:

### VK5DJ's YAGI CALCULATOR

Yagi design frequency =446,00 MHz  
Wavelength =672 mm  
Parasitic elements contacting a square section metal boom 15,00 mm across.  
Folded dipole fully insulated from boom  
Director/reflector diam =6 mm  
Radiator diam =6 mm

### REFLECTOR

335 mm long at boom position = 30 mm (IT = 160,0 mm)

### RADIATOR

Single dipole 314 mm tip to tip, spaced 134 mm from reflector at boom posn 164 mm (IT = 149,5 mm)  
Folded dipole 320 mm tip to tip, spaced 134 mm from reflector at boom posn 164 mm (IT = 152,5 mm)

### DIRECTORS

Dir (no.)	Length (mm)	Spaced (mm)	Boom position (mm)	IT (mm)	Gain (dBd)	Gain (dBi)
1	295	50	215	140,0	4,2	6,3
2	292	121	336	138,5	6,1	8,3

### COMMENTS

The abbreviation "IT" means "Insert To", it is the construction distance from the element tip to the edge of the boom for through boom mounting

Spacings measured centre to centre from previous element  
Tolerance for element lengths is +/- 2 mm

Boom position is the mounting point for each element as measured from the rear of the boom and includes the 30 mm overhang. The total boom length is 366 mm including two overhangs of 30 mm

The beam's estimated 3dB beamwidth is 78 deg

### FOLDED DIPOLE CONSTRUCTION

Measurements are taken from the inside of bends  
Folded dipole length measured tip to tip = 320mm  
Total rod length =649mm  
Centre of rod =325mm  
Distance HI=GF=147mm  
Distance HA=GE=160mm  
Distance HB=GD=173mm  
Distance HC=GC=325mm  
Gap at HG=10mm  
Bend diameter BI=DF=17mm

If the folded dipole is considered as a flat plane (see ARRL Antenna Handbook) then its resonant frequency is 443,6MHz and K is 0,947

V tomto případě platí skoro vše, jen bychom za reflektorem neměli dost prostoru, abychom mohli anténu řádně uchytit. Proto provedeme úpravu polohy jednotlivých prvků tak, aby za reflektorem zbylo ještě 10cm místa, reflektor nebude tedy na pozici 30mm, ale o 70mm dál, tj. 100mm, takže rozmístění bude takto:

Reflektor:                    pozice na ráhnu 100mm  
Skládaný dipól:                    234mm  
První direktor:                    285mm  
Druhý direktor:                    406mm  
Ráhno každé yagi antény tedy bude potřeba 415mm dlouhé.

**Takže soupis, co budeme všechno potřebovat na výrobu jedné yagi antény:**

**Jekl 15x15x2mm** o délce 415mm

**Kulatina 6mm** nařezaná na délky 335mm, 649mm, 295mm a 292mm

Jako úchyt k ráhnu sestavy se ještě bude hodit **U-profil široký 20mm, vysoký 60mm a dlouhý minimálně 45mm**. Vše lze koupit například v pardubické firmě alupa, kde to i nařezou, je to za babku.

Nezapomeneme na **krabici dipólu KM02** (GES 072 038 06) od GES electronics a rovnou tam koupíme i potřebný **kabel belden H155** (žádné náhražky od nordixu apod, jsou s tím špatné zkušenosti co do mechanických vlastností a na RG58 zapomeneme úplně). Na jednu anténu ho budeme potřebovat necelý metr.

Taky zajedeme do železářství pro nějaké **šroubky**. Pro jednu yagi budeme potřebovat **2 samořezné 4x15mm, 4 samořezné 2,9x5mm a 2 metrické 4x25mm+podložky a maticky**, bude se taky hodit jedna jednoduchá **plastová přichytka na zed'** pro cyky kabel o tloušťce 6mm a nějaký **1mm tlustý kousek plastu** pro izolaci dipólu. Cín, pájedlo a další standardní výbavu předpokládám máte.

**3) Nakoupeno? Začneme dipólem:**

Nejdříve si připravíme 649mm dlouhý kus kulatiny, který jsme koupili, tak, aby na něj šlo pájet. Vyvtráme přiměřeně malou díрку na každou stranu, naťukáme nýt nebo zašroubujeme železný šroubek a ocínujeme. Bude pravděpodobně potřeba použít kyselinu, která se ovšem nesmí dostat na hliník a už vůbec ne mezi tyto 2 různé kovy, to by to dlouho nefungovalo, koroze je svině, takže co nejopatrněji a pak pořádně umejt. Obrázek mluví za vše:



V případě použití nýtu je nutné následně štípačkama zmáčknout prvek tak, aby se hliník do nýtu zakousl a už nepustil. Siláci opatrně, abyste prvek neuštípli.

Dále vezmeme onu tyčku a namalujeme na něj lihovkou značky dle výstupu yagi calculatoru, viz výše, ono je to v angličtině, já vám to radši přeložím:

**Konstrukce skládaného dipólu**

Všechny míry se týkají vnitřní strany dipólu a jsou v mm.

Úplná délka hotového dipólu (vnější rozměry) = 320mm

Délka materiálu pro dipól v rozloženém stavu = 649mm

Střed na pozici = 325mm

Vzdálenost HI=GF=147mm

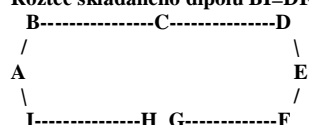
Vzdálenost HA=GE=160mm

Vzdálenost HB=GD=173mm

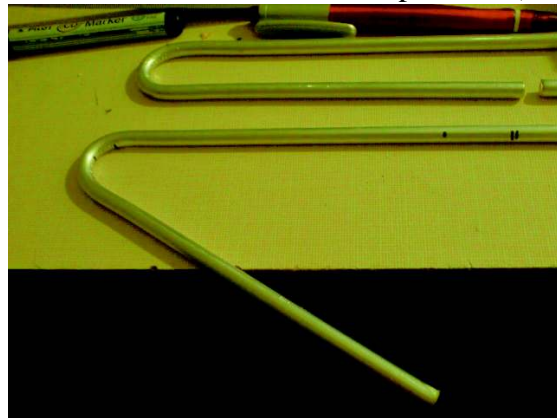
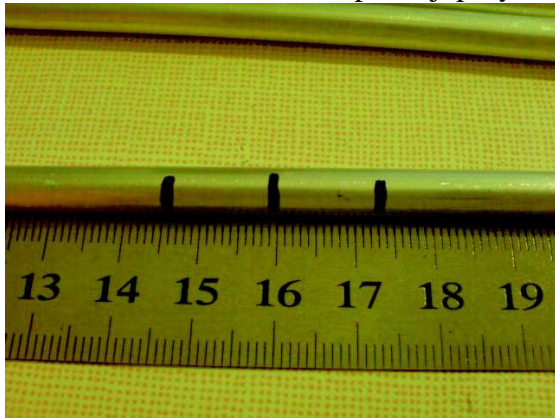
Vzdálenost HC=GC=325mm

Mezera v napájecím bodě HG=10mm

Rozteč skládaného dipólu BI=DF=17mm



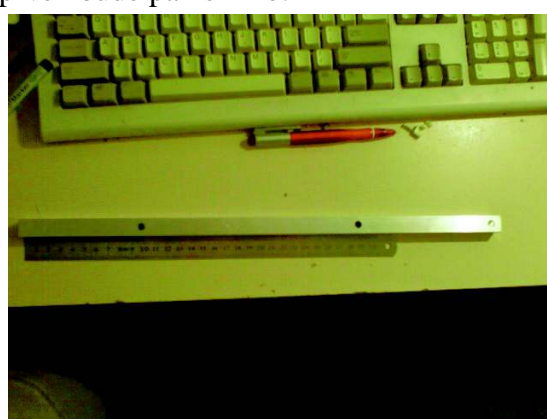
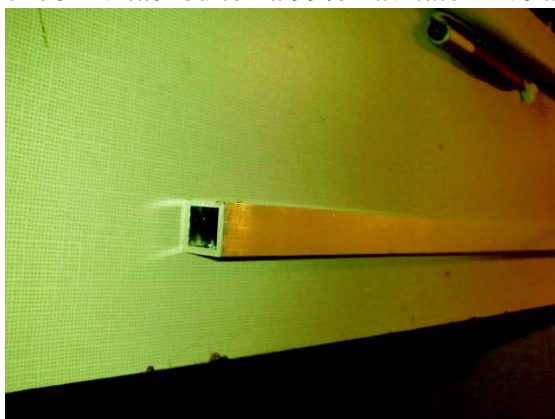
Můžeme začít ohýbat, upozorňuji, že je to tvrzený materiál o tloušťce 6mm, který ohýbáme na vnitřní rozteč 17mm mohl by po vícečetném ohybu prasknout, tak se to pokusme udělat na první pokus, přitom si hlídáme střed a délku dipólu, která musí být 320mm. Docela se u toho nadřeme. V případě potíží lze použít i 4mm hliníkový drát, který lze ohýbat snadno, ovšem můžeme se později potýkat s deformací během následného provozu (transportu)



Hotovo? Dejte si panáka, jednu z těch složitějších věcí máte za sebou 😊.

#### 4) Příprava ráhna:

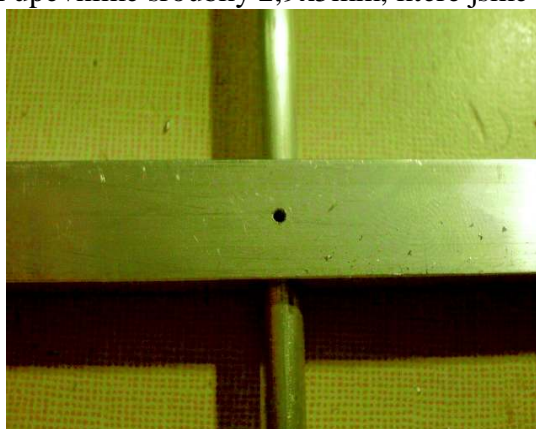
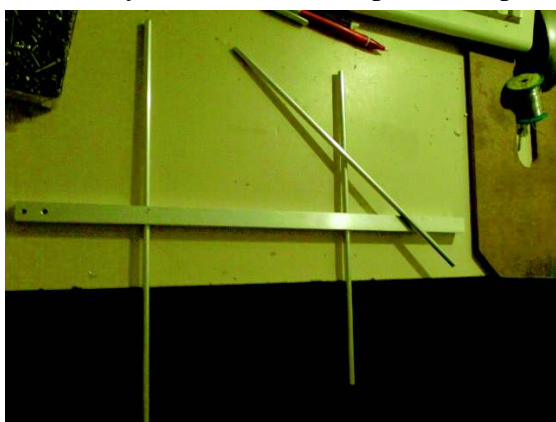
Označíme a následně navrtáme díry do ráhna 6mm vrtákem v pozicích prvků, ovšem kromě dipólu, tam pouze označíme, nic nevrtáme! Na vrtání je vhodné použít stojanovou vrtačku, s ruční vrtačkou to na 99% navrtáte křivě a prvek bude pak šikmo.



Nyní ráhno otočíme „na bok“ a pokračujeme se značením a vrtáním, tentokrát 4mm vrtákem vyvrtáme 2 díčky pro úchyt k ráhnu. Ideálně svrtat rovnou s kouskem U-profilu, který se následně svrtá a sešroubuje s hlavním ráhnem celé sestavy. Vpravo vidíte úchyt v detailu.

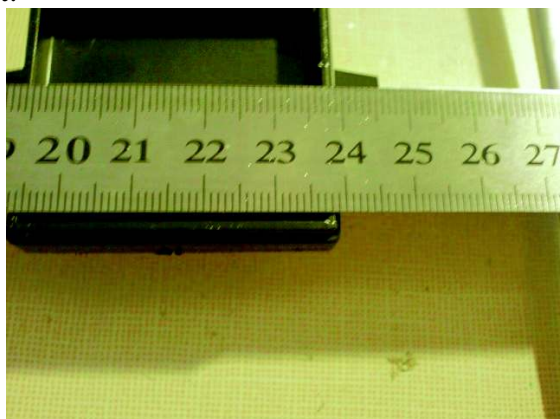


Prozatím do ráhna nasázíme (nebo opatrně natlučeme) prvky a v případě sebemenších pochybností, že by mohl prvek časem z ráhna vypadnout, vrtáme malou vrtačkou do ráhna další dírky (2mm) těsně nad prvkem a prvek upevníme šroubky 2,9x5mm, které jsme koupili.

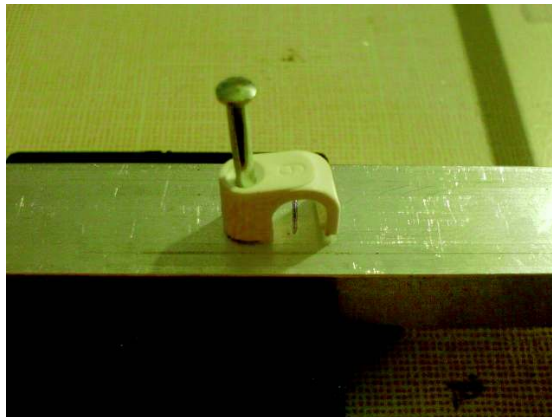


**5) Hotovo? Jdeme na dipól.**

Vezmeme krabičku KM02, oměříme pozici na ráhnu tak, aby dipól byl na jejím kraji a na předem označené pozici ráhna 234mm, vrtáme 2 dírky 3mm vrtákem do ráhna, abychom později mohli krabičku k ráhnu přišroubovat.



Na druhé straně si přichystáme příchytku cyky kabelu 6mm, kterou tu použijeme pro uchycení horní části dipólu k ráhnu. Dipól opět přiložíme na označené místo, přiložíme příchytce, a lehce klepneme kladívkem do hřebíku na příchytce, čímž označíme na ráhnu místo, kde vyvrtáme 1,5mm díрку. Následně odšroubujeme krabičku z ráhnu a vyřežeme (vyfrézujeme) na daném místě 6mm mezeru až na dno krabičky, vložíme kus kulatiny 6mm a podle ní následně upravíme i víčko tak, aby nevznikla příliš velká mezera.



Jdeme na kabel, nejprve kabelový balun.

Prořízneme kabel H155 5mm od konce až ke středovému vodiči tak, abychom přeřízli i stínění a izolaci vnitřního vodiče, vodič jako takový musí zůstat neporušen. Stáhneme oříznutou část, a 3mm od nynějšího začátku kabelu (když nepočítáme trčící středový vodič) opatrně ořízneme vnější izolaci, stínění teď nesmíme nijak poškodit, takže ho ani nepřehýbáme, nestahujeme, prostě ho necháme tak, jak je. Konec kabelu pak bude vypadat, jako na fotce vlevo. Nyní ustříhneme kabel od počátku stínění v délce cca 280mm a druhý konec opracujeme stejným způsobem, řez až ke středovému vodiči provedeme ve vzdálenosti 272mm od počátku stínění.





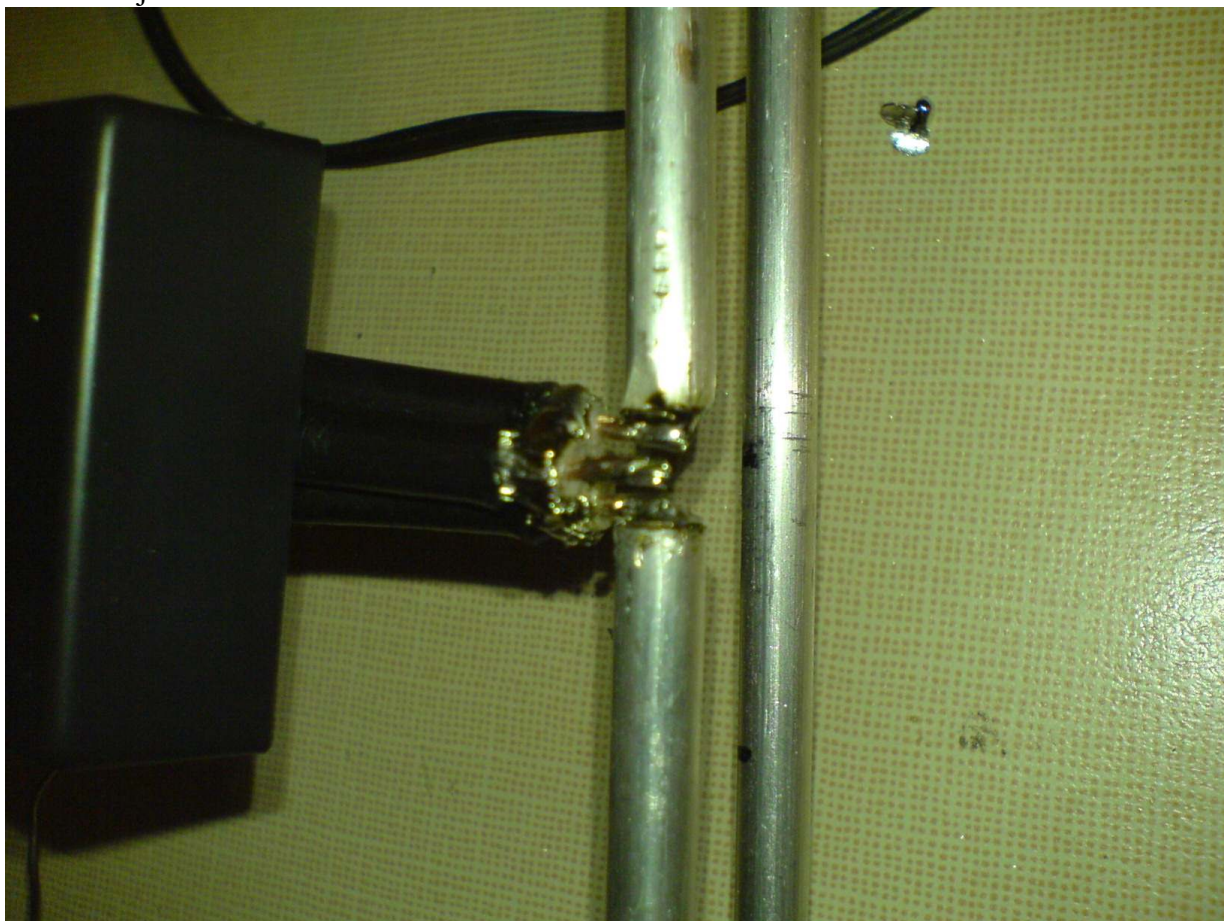
Právě jsme vyrobili kabelový balun 4:1 pro přizpůsobení  $200\Omega$  dipólu na  $50\Omega$  kabel.

Kabelu H155 nám zbývá ještě něco přes 70cm, takže jeho jednu stranu odizolujeme opět stejným způsobem, jako jsme to provedli na balunu, ve vzdálenosti 544mm od počátku stínění (ze směru od dipólu, **zájemci o stavění různých sestav kromě šesterčete, odskočte si na moment na str. 13!**) uděláme na kabelu viditelnou neszmatelnou značku, prozatím ale nic nestříháme. Vezmeme víčko krabičky, vyvrtáme do něj 3 díry o velikosti přesně na kabel kousek od sebe podle obrázku a protáhneme kabely tak, že kabelový balun bude v krajních dírách, napájecí kabel pak bude uprostřed a blíže ráhnu. Následně kabel **opatrně** ocínujeme, cín musí do stínění a vnitřního vodiče nevzlínat, ale dáváme pozor na izolaci, abychom ji příliš nepoškodili, změnily by se nám pak parametry kabelu! Konce uspořádáme dle obrázku a stínění navzájem spájíme. Opět **pozor na izolaci**, takže rozžhavit pájedlo na dostatečně vysokou teplotu a pájíme co nejkratší dobu.





Tak a teď můžeme chystat další složitější věc, připojení dipólu. Vyžaduje to trochu více zručnosti. Nyní pájíme už jen vnitřní vodiče. Jako první připájíme kabelový balun, dipól musí být přitom „nastojato“ a dáváme pozor na případnou deformaci vnitřní izolace, dipól je proto vhodné nějak zafixovat.

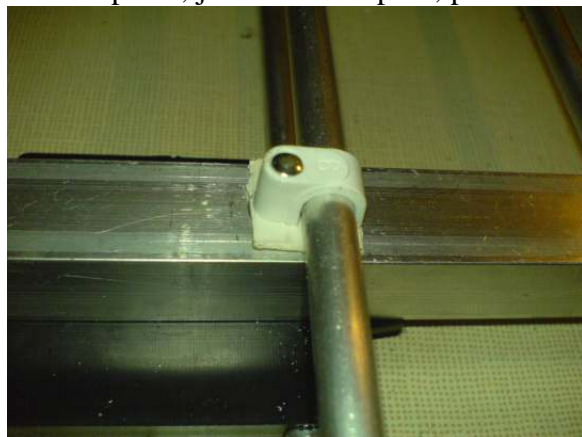


V poloze, jak ji vidíme na předešlém obrázku, u prostředního (napájecího) kabelu přihneme opatrně vnitřní vodič dolů ke spodnímu napájecímu bodu dipólu připájíme vodič paralelně ke středovému vodiči balunu. Zkušený amatér teď jistě namítne, že je úplně jedno, jestli napájíme dolní, nebo horní stranu dipólu, ale věřte mi, je lepší si zavést nějaký standard, abychom měli v případě stavění sestavy všechny antény stejné. Samozřejmě napájenou stranu dipólu označíme viditelně na vnější straně krabičky. Vezmeme multimetr a změříme vnitřní vodič koaxu vůči stínění, musíme naměřit nekonečný odpor.

6) Nyní nastal čas na instalaci dipólu na anténu.

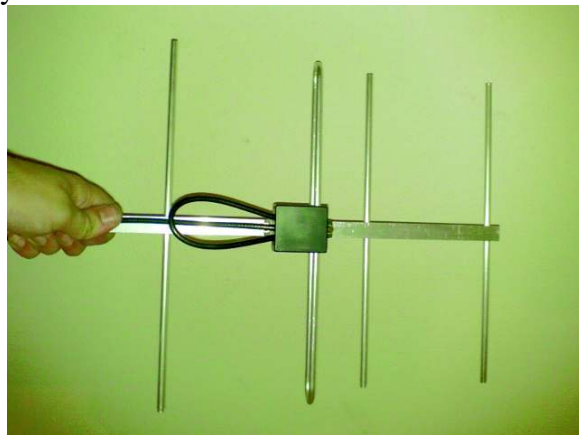
Opět přišroubujeme spodní část krabičky na ráhno, opatrně protáhneme ráhno dipólem tak, aby byl dipól na požadovaném místě, tj. na pozici 234mm od zadní strany ráhna, musí přesně zapadnout do vyříznutých otvorů v krabičce a kabely směřovat směrem k reflektoru. Jako první uchytneme dipól na spodní straně, tj. ne v krabičce. Přichystáme si kousek (15x15mm) 1mm tlustého plastu, přiložíme mezi dipól a ráhno a do připravené díry silou zamáčkne (anebo zašroubujeme, pokud máme díru moc velkou nebo se něco nepovedlo☺) plastovou přichytku. Spodní stranu krabičky pak v místě, kde bude dipól, potřeme lepidlem „chemoprén“ (**nepoužívat silikon – nedrží**), dipól přilepíme, vystředíme a stáhneme tak, aby se nehýbal, tak hodku počkáme, než lepidlo trochu seschne a potřeme lepidlem víčko v místech, kde se bude dotýkat spodku. Přitlačíme, případné mezery ještě vyplníme lepidlem a celou krabičku stáhneme „zadržovačkama“ a pro jistotu ještě jednou multimetrem ověříme vysoký odpor mezi vnitřním vodičem a stíněním koaxu.

Dneska padla, jděte třeba na pivo, protože to bude tuhnout dost dlouho.



Už jste zpátky? Tak ještě kápněte trochu vteřinového lepidla mezi kabely a krabičku.

7) Máme skoro hotovo, pokud máme PSV metr vhodný pro UHF pásmo, můžeme již ověřit parametry antény, na konec kabelu dočasně nainstalujeme PL konektor (který pak nahradíme N konektorem), protože běžné PSV metry jiným nedisponují. Jestli jste byli přesní, bude PSV na PMR pásmu lepší, než 1,2:1, v mém případě bylo lepší než 1,1:1, ani na 70cm HAM pásmu není výrazně horší. Můžete ověřit i směrovost indikátorem VF pole, ale při tomto PSV je to možná i zbytečné. Ve svislé polarizaci bude vyzářovací úhel cca 85° a ve vodorovné 78°.



Vše v pořádku? Právě jste vyrobili anténu o zisku 6dBd, pro efektivní vyzářený výkon půl wattu budete smět do antény pustit 125mW, můžete ji jít provětrat někam na kopec.

### 8) Troufnete si pokračovat?

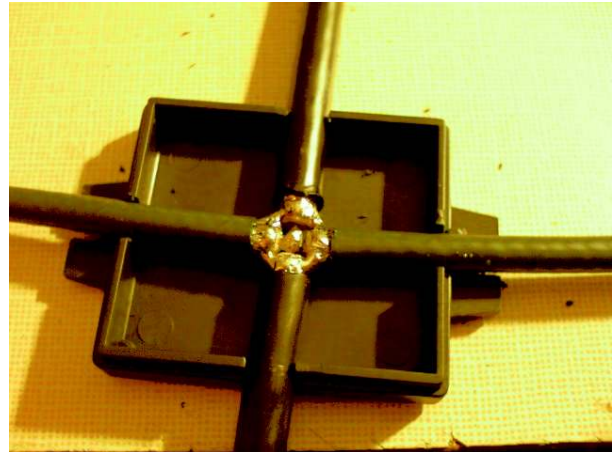
Fajn, pro velký úspěch si můžete celý návod zopakovat, skočte si pro materiál, místo jedné kupte hned 3 krabičky, budete taky potřebovat kousek  $75\Omega$  kabelu **Belden H125Cu** (opravdu tenhle, protože u lečjakého televizního kabelu neznáme činitel zkrácení) a jekl  $20 \times 20 \times 2$ mm o délce minimálně 80cm. Postavte ještě jednu yagi anténu.

Už ji máte?

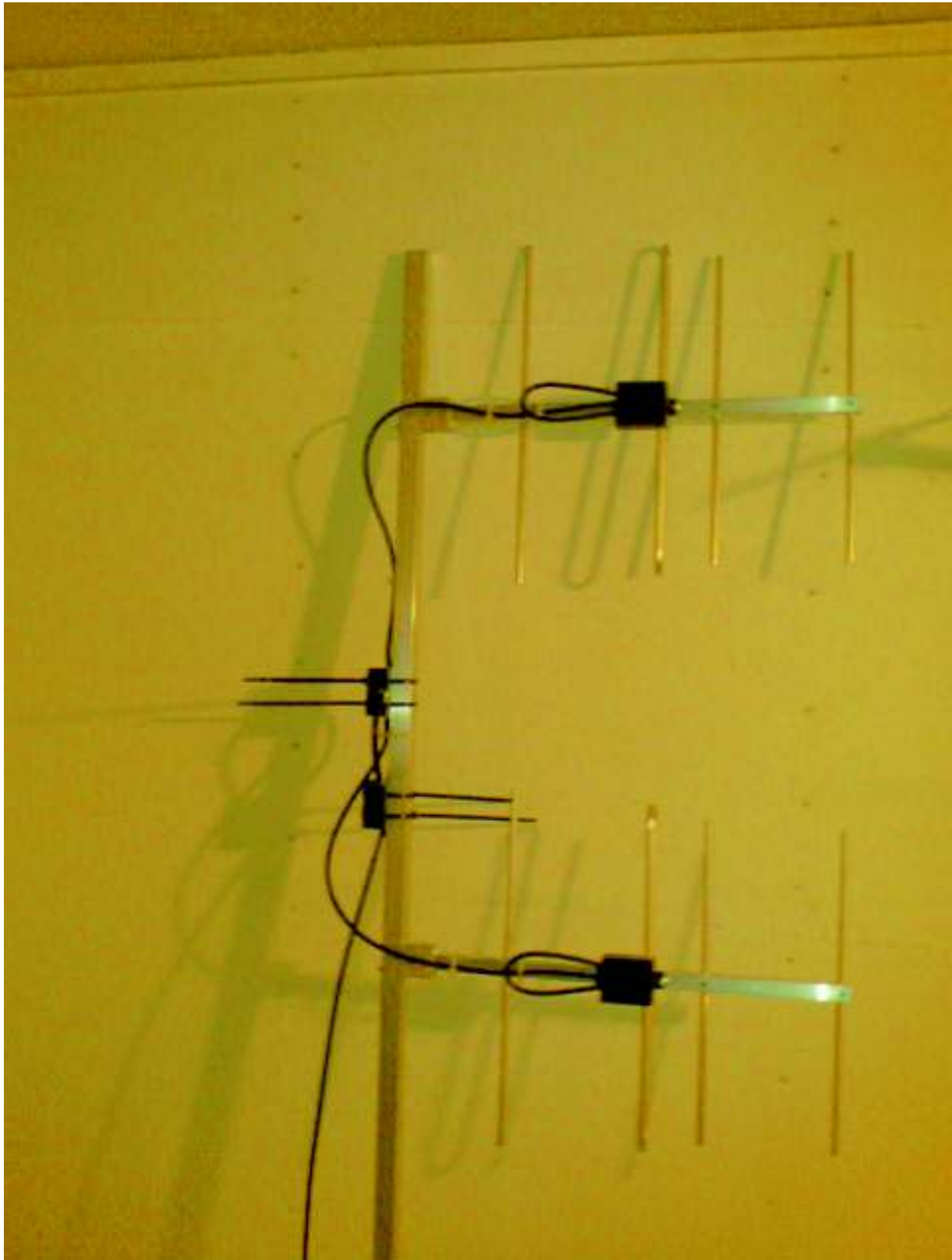
Jdete do toho, takže už tu práci nemusím tolik rozepisovat, předpokládám, že o této problematice něco víte.

Během výroby yagi antén jste si udělali za napájecím kabelem značku na pozici 544mm od napájecího bodu, takže nyní kabel stříhneme tak o 5mm dál a odřízneme vnější izolaci, stínění i vnitřní izolaci stejným způsobem, jako jsme to udělali u balunu a napájecím kabelem při výrobě yagi antény a odřízneme další 3mm vnější izolace, opět pozor na stínění.

Stejným způsobem, jako jsme vyráběli balun, nyní připravíme 2 stejné 141mm dlouhé úseky kabelu H125Cu, samozřejmě měřeno od počátku do konce stínění, středový vodič bude pochopitelně delší. A spájíme s napájecími kabely yagi antén - vždy budou dva  $50\Omega$  a dva  $75\Omega$  ležet proti sobě. Pozor na překroucení, takže ideálně obě yagi antény položit vedle sebe stejným směrem a pak patřičně upravíme krabičky. Přichystáme opět padesátiohmový kabel H155, připravíme jeden konec tak jako pokaždé před tím a uděláme na něm nesmazatelnou značku ve vzdálenosti 1088mm(str.14) od počátku stínění na opracované straně. Vyrobíme sloučení 2 yagi antén. Bude to vypadat takto:



Označíme místa na 20mm jeklu, kam přijdou přidělat antény, tyto antény musí být od sebe vzdáleny přesně 534mm, ostatně si to lze ověřit opět yagi calculatorem, pokud zadáme správně vše potřebné. Navrtáme otvory a přišroubujeme antény k jeklu, označíme a navrtáme otvory pro přidělení krabiček, přišroubujeme je, přilepíme nejprve kabely ke dnu a následně víčko krabiček a máme anténu se ziskem 8,8dBd, ovšem při vertikální polarizaci má tato přesně stejný vodorovný vyzařovací diagram, jako anténa jedna.



Nestačí? Můžeme pokračovat.

**Můžeme dát do sestavy antény 3**, pak ale musíme mít delší napájecí kabely k anténám. 544mm dlouhý, který zmiňujeme na str. 9, nebude stačit, protože rozstup antén musí být oněch 534mm, kabely pak musí mít délku o násobku 272mm.

Samozřejmě kabely ze všech antén jsou přesně stejně dlouhé!

Sloučení antén provedeme stejně, jako u dvou, jen nepoužijeme 2 úseky  $75\Omega$ , ale jeden  $75\Omega$  o délce 141mm a druhý  $50\Omega$  o délce 136mm. Zisk antény bude pak při započtení odhadovaných ztrát asi 10,5 dBd, tedy asi jako 8prvková anténa, ale s 2x širším vyzářovacím diagramem.

**Můžeme také dát do sestavy antény 4**, pak použijeme ke sloučení 2  $50\Omega$  úseky kabelu o délce 136mm. Zisk bude necelých 12dBd, jako má 10prvková anténa.

## A konečně, jak vytvořit ono monstrum, co mám na střeše?

Tady už musíte slučovat nadvakrát.

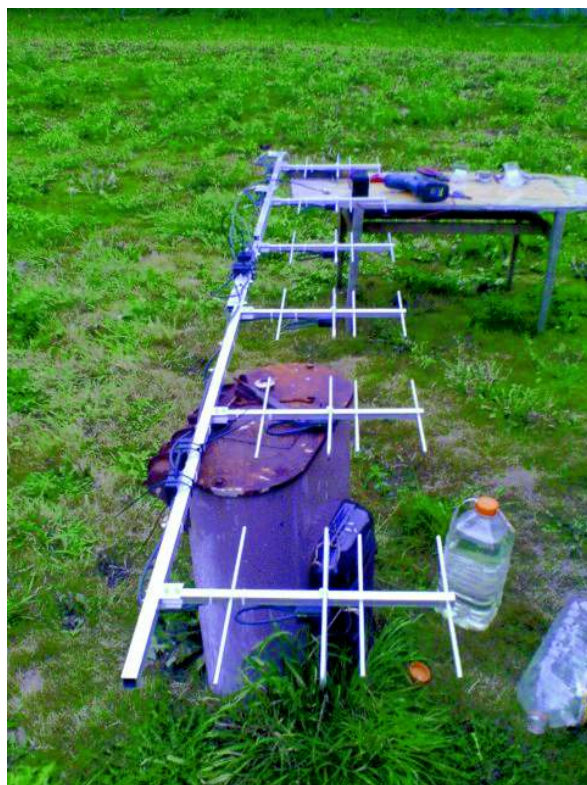
Potřebujete 3m dlouhý jekl 20x20x2mm, pak ještě 120cm dlouhý ten samý pro zpevnění spodní části kvůli větru (sešroubovat k sobě), 6 yagi antén, a k tomu ještě 8 krabiček + jednu delší na úschovu 2 šroubovacích N konektorů před vlivy počasí.

Slučovat se budou nejprve antény po 2, pak ze 3 míst následně do jednoho.

Nyní využijeme ty značky 1088mm na kabelu, které jsme si udělali při slučování dvojic antén, takže se vrátíme na stránku 12 a provedeme to úplně stejně, jako s těmi 544mm dlouhými koaxi z yagi antén. Tentokrát ovšem musíme sloučit kabely 3, další 2 povedou ven z krabičky v podobě jednoho 50Ω 136mm dlouhého a jednoho 75Ω 141mm dlouhého kabelu, takže 5 kabelů v jedné kalí krabičce, to zvládnete;-)

Pak už zbývá jen na konci ty dva kablíky spojit, vyvést ven jeden 1088mm dlouhý kabel.

Krabičky zalepit, kabely přisponkovat, v dolní části antény přidělat tu delší krabičku, do ní přivést kabel, přidělat N konektor, na ráhno přišroubovat úchyty na stožár (já použil 2 staré z malých satelitních antén).



PSV by nemělo být horší, než asi 1,4:1, v mém případě bylo 1,3:1.

Můžeme anténu nainstalovat a užívat si zisku 13,5dBd, na vybuzení 0,5W ERP nám stačí pouhých 25mW a máme přitom vyzařovací úhel široký skoro 90°. Anténa hravě zvládne celé 70cm HAM pásmo a stanice, která dle kalibrovaného Smetru byla u mě při použití antény Diamond X300 slyšet 55 až 56, byla na tuto novou anténu čistých 58 a objevily se další, které jsem předtím neslyšel.

Přímo se nabízí něco podobného udělat do 4 světových stran, svést 4 kabely, ty přepínat a úplně se obejdeme bez anténního rotátoru.

Ještě než se rozloučím, pokud Vás zajímá, co je to za anténu na pravém obrázku v levé části, je to 23el. WiFi anténa, opět navržená yagi calculatorem a šlape jak vínko;-)

Mnoho úspěchů při stavbě přeje autor:

**Jirka Třibřichy, OK2JN**

hranicka@seznam.cz