

RTV KLUB MURSKA SOBOTA

DIGITALNI MOSTOVI

"HITRI PACKET RADIO"

Murska Sobota, september 2000

Gumirepek in sevalna učinkovitost paličastih anten

Matjaž Vidmar, S53MV

1. Kam s štrlečim nebodigatreba?

Današnja tehnika omogoča, da stlačimo elektroniko radijske postaje v skoraj poljubno majhno škatlico poljubne oblike. Seveda ni vse tako enostavno. Baterije, zvočnik in antena radijske postaje imajo neke končne izmere in zelo točne zahteve, kje naj bojo postavljeni. Baterije, zvočnik in antena radijske postaje so zato trn v peti industrijskim oblikovalcem na poti do privlačnejšega končnega izdelka za širne množice tehnično čedalje bolj neukih kupcev.

Mogoče pa za oblikovalce ni vse tako slabo, kot izgleda na prvi pogled? Majhna baterija se prej izprazni, torej bo uporabnik kmalu kupil se eno ali dve novi bateriji kot zelo drage rezervne dele. Tudi manjši zvočnik je vsekakor cenejši v proizvodnji. Slab odziv majhnega zvočnika na nizkih frekvencah se da delno popraviti v elektroniki. Navsezadnje odziv zvočnika sploh ni ena od veličin, ki bi nastopala v običajno objavljenih tehničnih karakteristikah radijske postaje.

Antena ročne radijske postaje je v očeh oblikovalca vsekakor štrleči nebodigatreba, ki strašansko kazi estetski izgled izdelka. Tudi večini uporabnikov je antena samo v napoto, še posebno takrat, ko bi radi lično majhno radijsko postajo stlačili v žep. Električne lastnosti antenice na ročni radijski postaji je težko izmeriti na ponovljiv način, zato ne zanimajo nikogar in se nikoli ne objavljajo v tehničnih karakteristikah radijske postaje.

Nekateri uporabniki opazijo, da je majhna baterija hitro prazna. Tisti z bolj muzikaličnim ušesom včasih slišijo, da se govor iz mini zvočnika težko razume. Baterije in zvočnika se zato ne da manjšati v nedogled. Kaj pa anteno? Za slab sprejem in nikakršen domet zveze so gvišno krivi Marsovci, ki nam Zemljanom grenijo življenje z raznovrstnimi motnjami.

Pred mnogimi leti je bil razpoznavni znak tranzistorskega radijskega sprejemnika ali toki-voki-ja teleskopska paličasta antena, ki se pri izključeni napravi enostavno popravi v napravo samo. Toki-voki z raztegnjeno anteno je seveda silno nerodna reč in antena se zlahka

polomi. Proizvajalci so sprva poskusili ustreči kupcem tako, da so izgube skrajšane antene nadomestili z boljšo elektroniko v toki-voki-ju.

Raztegljivo teleskopsko anteno je najprej nadomestila skrajšana palčka iz poltrde žice, ki se pri upogibanju ne prelomi. Ker kupci niso opazili razlike, se je krajšanje štrlečega nebodigatreba nadaljevalo. Iz žične palčke je nastal gumijast rep, iz repa je nastal rep in iz repka končno komaj opazen gumijast štrcelj na radijski postaji.

2. Gumirepek in osnove elektrotehnike

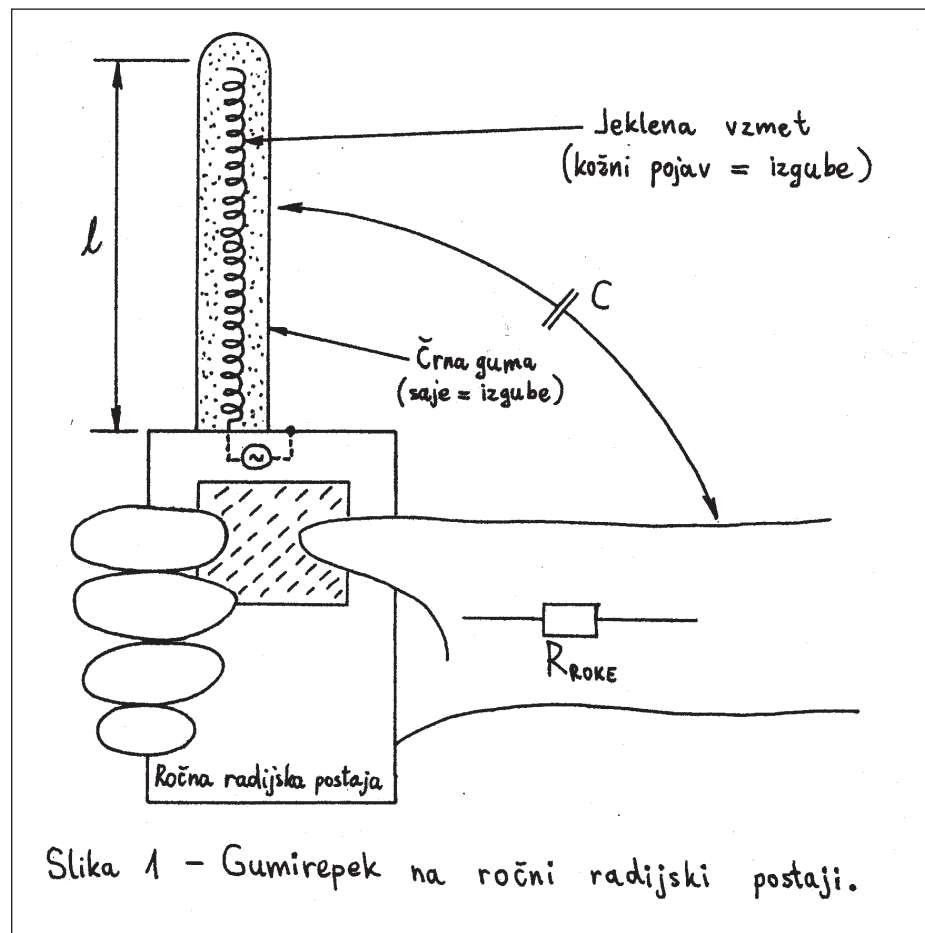
Običajna izvedba gumijastega repka na radijski postaji je prikazana na sliki 1. Rep ek vsebuje v svoji notranjosti vijajčno vzmet iz jeklene žice. Da antena lepše izgleda, je vzmet vtopljena v črno gumo. Z zmanjševanjem izmer radijske postaje je seveda nujno krajšati tudi

dolžino repka "l", sicer novega modela radijske postaje kupci sploh ne bi opazili.

Radioamaterji se običajno zavedajo, da je na kratkih valovih zelo težko prilagoditi impedanco antene, ki je dosti krajša od četrt valovne dolžine. Še težje je s kratko anteno izsevati neko uporabno moč iz oddajnika. Isti radioamaterji pri tem pozabljajo, da veljajo iste naravne zakonitosti tudi za gumirepek na UKV toki-voki-ju.

Električno nadomestno vezje gumirepka je prikazano na sliki 2. Izmenični izvor, radijski oddajnik, napaja zaporedje sestavnih delov. Gumirepek običajno uporabljamo na rezonančni frekvenci, kjer se induktivna impedanca vijajčne vzmeti in kapacitivna impedanca med repkom in ohišjem postaje ter roko uporabnika natančno kompenzirata v zaporednem nihajnem krogu.

Razen reaktivnih impedanc tuljave in kondenzatorja sestavlja vezje vrsta uporov, na katerih se troši delovna



Slika 1 - Gumirepek na ročni radijski postaji.

moč oddajnika. Sevalna upornost nam opisuje, kako se izhodna moč oddajnika pretvarja v elektromagnetno valovanje v prostoru. Ostale upornosti predstavljajo izgube, ki moč oddajnika neposredno pretvarjajo v toploto. Pri delovni (običajno rezonančni) frekvenci antene naj bi vsota vseh upornosti znašala približno 50 ohmov, da je izhod oddajnika pravilno zaključen na nazivno delovno upornost.

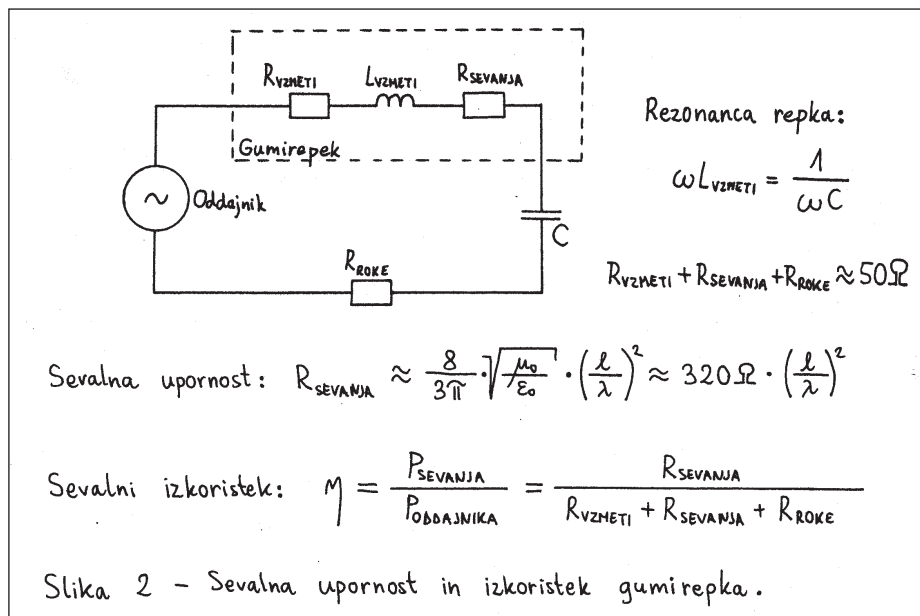
Sevalno upornost električno kratke antene (manj kot četrta valovne dolžine) lahko ocenimo po približnem izrazu na sliki 2. Približnem zato, ker ne poznamo točne porazdelitve toka vzdolž antene, niti prispevkov sevanja tokov po ohišju radijske postaje in roki uporabnika. Sevalna upornost kratkih anten je zelo majhna (manj kot 20 ohmov) in je sorazmerna kvadratu zunanje dolžine "l" gumijastega repka. Vijajčna žica znotraj repka je sicer lahko daljša, vendar dolžina same žice v repku nima prav nobenega vpliva na sevalno upornost.

Prilagoditev nizke sevalne upornosti gumirepka na 50-ohmski izhod oddajnika bi zahtevala kompliciran transformator impedance. Razen tega bi takšna prilagoditev impedance delovala le v zelo ozkem frekvenčnem pasu. Ker danes kupci zahtevajo širokopasovno postajo in širokopasovno anteno, je takšna rešitev neuporabna.

Različne izgubne upornosti sicer znatno olajšajo prilagoditev impedance gumirepka, saj so preprosto vezane zaporedno z muhasto sevalno upornostjo, ki se podreja samo naravnim zakonom sevanja radijskih valov in se za želje kupcev in proizvajalcev radijskih postaj prav nič ne zmeni. Gumirepek sploh ne potrebuje nobenega transformatorja za prilagoditev impedance, če ostale (izgubne) upornosti toliko povečamo, da bo vsota vseh upornosti v bližini 50 ohmov.

Gumirepki vsebujejo vijajčno vzmet iz jeklene žice, saj je bakrena žica dražja. Še pomembnejša lastnost jekla pa je zelo izražen kožni pojav v feromagnetikih. Električna upornost jeklene žice se na visokih frekvencah še dosti bolj poveča kot upornost bakrene žice. Če upornost žice ne zadošča, izdelamo gumirepek iz črne gume, obarvane s sajami, ki poskrbijo za dodatno povečanje električnih izgub.

Skupni rezultat dodatnih upornosti je širokopasovna antena, kot si jo



Slika 2 - Sevalna upornost in izkoristek gumirepka.

kupci želijo. Proizvajalci pri tem nič ne omenjajo, katero lastnost antene so pri tem žrtvovali. Moč oddajnika, ki se troši na izgubah upornostih, se neposredno pretvarja v toploto, zato ne more prispevati k sevanju elektromagnetnega valovanja v prostor.

3. Sevalni izkoristek gumirepka

Sevalni izkoristek antene je podan kot razmerje med izsevano močjo v prostor in izhodno močjo oddajnika. V slučaju gumirepka je sevalni izkoristek enak razmerju sevalne upornosti proti vsoti vseh upornosti v vezju. Če je repka kratek, je sevalna upornost zelo majhna in je sevalni izkoristek antene temu primerno slab.

Sevalne upornosti in sevalni izkoristki gumirepkov različnih dolžin

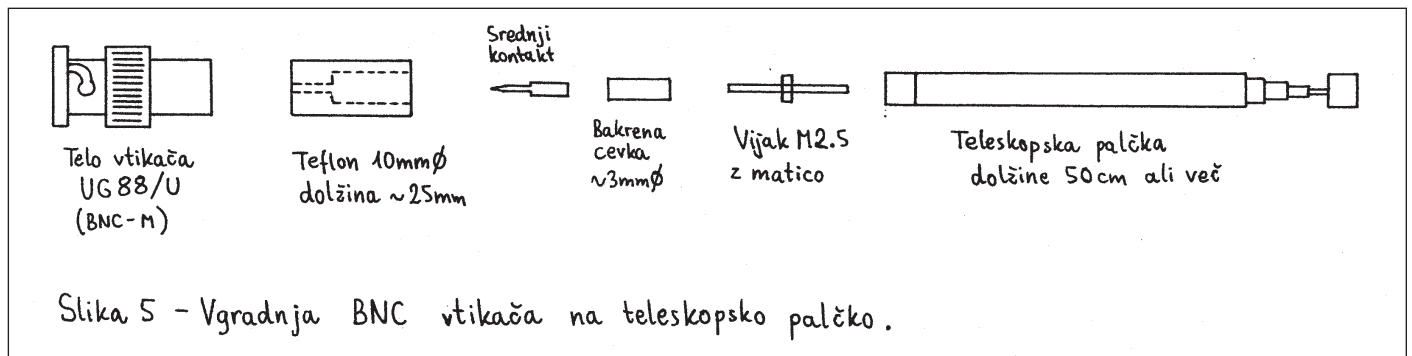
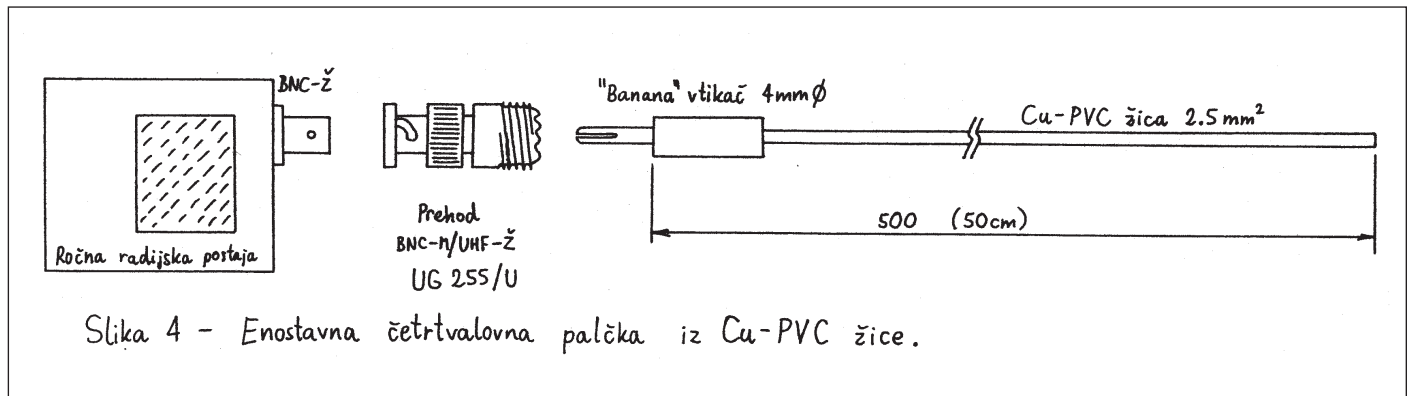
so prikazani za valovno dolžino $\lambda = 2\text{m}$ na tabeli na sliki 3. Kot najznačilnejši primer, običajni gumirepek dolžine 10cm ima sevalni izkoristek komaj 1.6%. To pomeni, da pri izhodni moči oddajnika 1W izseva antena komaj 16mW. Ostalih 984mW se pretvori v toploto v anteni sami oziroma njeni bližnji okolici.

Sevalni izkoristek 1.6% z drugimi besedami pomeni, da bo pri 10cm dolgem gumirepku naš signal za 18dB šibkejši od tistega, kar bi izsevala spodobna neusmerjena antena z izkoristkom blizu enote (GP, rokavni dipol ali "J" antena). Izguba 18dB se seveda ne pozna samo kot izgubljena moč oddajnika, pač pa tudi kot poslabšanje občutljivosti našega sprejemnika, saj so vse omenjene antene recipročne naprave.

Številke na tabeli na sliki 3 se spremenijo za drugačne radijske po-

Dolžina repka l	Sevalna upornost $R_{SEVANJA}$	Sevalni izkoristek η	Moč oddajnika $P_{ODDAJNIKA}$	Izsevana moč $P_{SEVANJA}$	Izguba dobilka antene	Relativni domet - ena postaja	Relativni domet - dve postaji
5cm	0,2Ω	0,4%	1W	4mW	-24dB	34,6%	10%
7cm	0,4Ω	0,8%		8mW	-21dB	37,4%	14%
10cm	0,8Ω	1,6%		16mW	-18dB	44,7%	20%
15cm	1,8Ω	3,6%		36mW	-14,4dB	54,8%	30%
20cm	3,2Ω	6,4%		64mW	-12dB	63,3%	40%
30cm	7,2Ω	14,4%		144mW	-8,4dB	77,5%	60%
50cm = $\lambda/4$	20Ω	40%		400mW	-4dB	100%	100%
10cm	0,8Ω	1,6%	5W	80mW	-18dB	66,9%	29,9%

Slika 3 - Dolžina repka, izsevana moč in domet ročne radijske postaje.



staje, ki delajo na drugih frekvencah oziroma valovnih dolžinah. V slučaju CB toki-voki-ja na frekvenci 27MHz oziroma valovni dolžini 11m je sevalni izkoristek še slabši. Vsi CB toki-voki-ji so zato opremljeni z daljšimi gumirepki oziroma z raztegljivimi teleskopskimi antenami.

Obratno bi morale biti številke boljše na višjih frekvencah, pri manjših valovnih dolžinah. V 70cm področju je večina gumirepkov že primerljiva s četrt valovne dolžine in bi morala imeti temu ustrezno boljši sevalni izkoristek. Žal to ne drži za takomenovane "dual-band" gumirepke. Zaradi drugačne porazdelitve toka vzdolž "dual-band" gumirepka je sevalni izkoristek na 70cm skoraj enako slab kot na 2m.

Razmeroma dober sevalni izkoristek imajo gumirepki na GSM telefonih v frekvenčnem pasu 900 MHz. Gumirepki na GSM telefonih so razmeroma veliki, vsaj četrt valovne dolžine in včasih celo pol valovne dolžine. Gospodinje so vsekakor tehnično dosti bolje podkovane od današnjih radioamaterjev in ne dopustijo, da bi jim nekdo prodal šlampasto narejene radijske postaje.

Izguba dobitka antene zaradi slabega sevalnega izkoristka se v vsakem slučaju pokaže kot zmanjšanje dometa radijske postaje. V slučaju UKV radijskih postaj bi morala biti zveza zagotovljena, ko med antenama obstaja vidljivost. Ko je med antenama ena ali več ovir, moč

sprejetega signala ponavadi upada s četrto potenco razdalje. Praktično opazimo omejitve dometa samo v slučaju ovirane zveze in v tem slučaju se domet povečuje komaj s četrtim korenem moči oddajnika.

Pri opazovanju vpliva antene na domet razlikujemo dva slučaja: ko zamenjamo anteno na eni sami radijski postaji oziroma ko zamenjamo anteni na obeh radijskih postajah. V drugem slučaju je vpliv zamenjave anten seveda dosti večji. Iz zadnjega stolpca na sliki 3 razberemo preprosto zakonitost: domet toki-voki-jev je točno premosorazmeren dolžini gumirepkov.

V slučaju nezadostnega dometa nas trgovci skušajo prepričati, da kupimo močnejše oddajnike. Trgovskemu triku seveda nasedejo samo bedaki, saj se iz slike 3 jasno vidi, da ima povečanje moči oddajnika iz 1W na 5W le malenkosten vpliv na domet zveze. Iz tabele se lepo vidi, da imata toki-voki-ja z 1W oddajnikoma in 15cm dolgima gumirepkoma večji domet od dveh 5W toki-voki-jev z 10cm dolgima antenama. Celo v slučaju enostranske zamenjave antene (na primer pri vstopu v repertor) ima 1W toki-voki s 25cm gumirepkom prednost pred 5W toki-voki-jem z 10cm gumirepkom.

Pri nakupu sodobnih toki-voki-jev lahko izbiramo izhodno moč glede na uporabljeno baterijo. Večina toki-voki-jev da polno moč 5W pri napanju z 12V baterijo. Pameten ra-

dioamater bo seveda kupil baterijo za 7.2V in se zadovoljil z močjo 1W, manjkajoči domet pa bo nadomestil z boljšo anteno. Pri izhodni moči samo 1W bo življenjska doba izhodnega tranzistorja oddajnika precej daljša. Baterija za 7.2V ima pri enakih izmerah in teži dosti višjo kapaciteto (v miliamperskih urah) od 12V baterije, kar se bo vsekakor poznalo na času delovanja radijske postaje na sprejemu in oddaji.

Končno, uporaba toki-voki-ja s polno močjo 5W je lahko nevarna za človeka. Gumirepek toki-voki-ja držimo pri oddaji tik pred nosom v neposredni bližini oči, ki so slabo prekrvavljen organ in zato občutljiv na toplotne učinke elektromagnetnih valov. Razen tega se oči nahajajo v močnem bližnjem elektromagnetnem polju gumirepka.

Bližnje polje antene je lahko precej močnejše od sevanega polja na velikih razdaljah, še posebno v slučaju majhnih anten s slabim sevalnim izkoristkom. Domet bližnjega polja je majhen, saj sega le šestino valovne dolžine proč od antene. Čeprav bližnje polje prenaša le jalovo moč, lahko povzroči močno segrevanje stvari, ki so oddaljene manj kot 35cm od gumirepka v slučaju dvometrskega toki-voki-ja.

4. Enostavne četrtvalovne palčke

Dandanašnji dan verjetno ne

moremo več kupiti ročne radijske postaje brez gumirepka. Gumirepek je navsezadnje lahko povsem praktična antena, ko ne potrebujemo velikega dometa radijske postaje. Pri izbiri radijske postaje vsekakor pazimo, da je opremljena s standardno antensko vtičnico (BNC, TNC ali SMA), ki omogoča priključitev daljše palčke oziroma zunanje antene.

Ko domet postaje z gumirepkom ne zadošča, ga zamenjamo s četrtvalovno palčko. Na tržišču dobimo četrtvalovne palčke različnih izvedb: iz prožne žice ali pa teleskopsko raztegljive, vse opremljene z BNC vtičnikom na koncu. Četrtvalovno palčko za 2m področje lahko hitro izdelamo tudi sami. Nekaj zamisli je prikazanih na slikah 4 in 5.

Četrtvalovno palčko lahko na primer izdelamo iz zadosti debele bakrene žice, da palčka ne potrebuje drugih opornikov. Za gradnjo palčke je najprimernejša žica preseka 2.5mm^2 s trdo bakreno žilo in PVC izolacijo, ki se uporablja za električno napeljavo v hiši. Takšno žico brez težav zvijemo, ko anteno spravimo v žep, in jo ob ponovni uporabi spet poravnamo. Glede na položaj radijske postaje med uporabo žico preprosto zvijemo v željeno smer.

Četrtvalovna palčka iz Cu-PVC žice je prikazana na sliki 4. Ker je tako debelo žico težko vgraditi v BNC

vtikač, si pomagamo s prehodom (adapterjem) iz BNC-M na UHF-Ž (PL) z oznako UG255/U. V UHF vtičnico lahko potem vtaknemo navaden "banana" vtiikač, ki ga privijemo oziroma pricininimo na antensko žico. Četrt valovne dolžine na 144MHz znaša 52cm, palčka pa naj bo nekoliko krajša (okoli 50cm) zaradi kapacitivnega pojava na koncu žice.

Še lepšo palčko izdelamo s teleskopsko palčko zadostne dolžine, ki jo opremimo z BNC vtičnikom, kot je to prikazano na sliki 5. Manjše teleskopske palčke ponavadi pritrdimo z vijakom M2.5. Vijak spojimo na drugem koncu s srednjim kontaktom BNC vtiikača s kratko bakreno cevko ali koščkom bakrene folije, ki jo ovijemo okoli obeh delov in dobro zaspajkamo. Kot izolator uporabimo prevrtan kos teflona premera 10mm, ki ga z manjšo silo zavijemo v navoj BNC vtiikača UG88/U.

Dolžino teleskopske palčke lahko seveda sproti prilagajamo delovni frekvenci ročne radijske postaje. Daljšo teleskopsko palčko (več kot 1m) bo verjetno treba vgraditi v večji vtiikač (na primer UHF-M PL259) in uporabiti ustrezen prehod do BNC vtičnice na toki-voki-ju.

Palčka, ki je precej daljša od četrtvalovne dolžine, impedančno sicer ni dobro prilagojena na radijsko postajo,

ima pa lahko zelo dober sevalni izkoristek. Tudi skupni rezultat, izboljšani sevalni izkoristek minus neprilagoditev impedance, je pogosto boljši kot za običajno četrtvalovno palčko. Če imamo na razpolago dolgo teleskopsko palčko, lahko na sprejemu takoj preverimo, katera dolžina nam da najboljši sprejem.

Na oddaji moramo biti bolj previdni zaradi neprilagojene impedance antene, ko se dolžina palčke močno razlikuje od četrt valovne dolžine. No, pri uporabi oddajnika z zmanjšano močjo oziroma z baterijo z znižano napetostjo se izhodnemu tranzistorju oddajnika ne bo zgodilo nič hudega. Pri takšnih poskusih moramo paziti tudi na to, da oddajnik pri čudnem bremenu ne samooscilira oziroma povzroča škodljivih motenj drugim uporabnikom.

Končno, ko zamenjamo neučinkoviti gumirepek s četrtvalovno palčko ali z zunanjo anteno, se v slabo načrtovanih širokopasovnih sprejemnikih lahko pojavijo motnje zaradi intemodulacije. Rešitev je v tem slučaju frekvenčno pasovno sito (glej na primer CQ ZRS 5/95), ki ga vstavimo med anteno in sprejemnik oziroma radijsko postajo.