

# BALUNI: TEORIJA UN PRAKSE

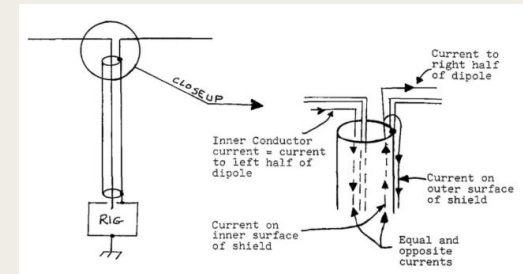
# SATURS



1. Baluni – kam tie domāti un ko tie dara
2. Kā, un kādus, Balunus veido
3. Kā izvēlas pareizo Balunu
4. Baluns, kā AF drosele
5. Kas vēl ir nozīmīgs Baluna darbā
6. Balunu konstruktīvie tipi
7. Ferīti
8. Baluna novērtējums ar VNA
9. Daži konstruktīvi izpildījumi
10. Q&A

# 1. Baluni – kam tie domāti un ko tie dara

**Baluns** ir antenas barošanas līnijas simetrizējoša iekārta.

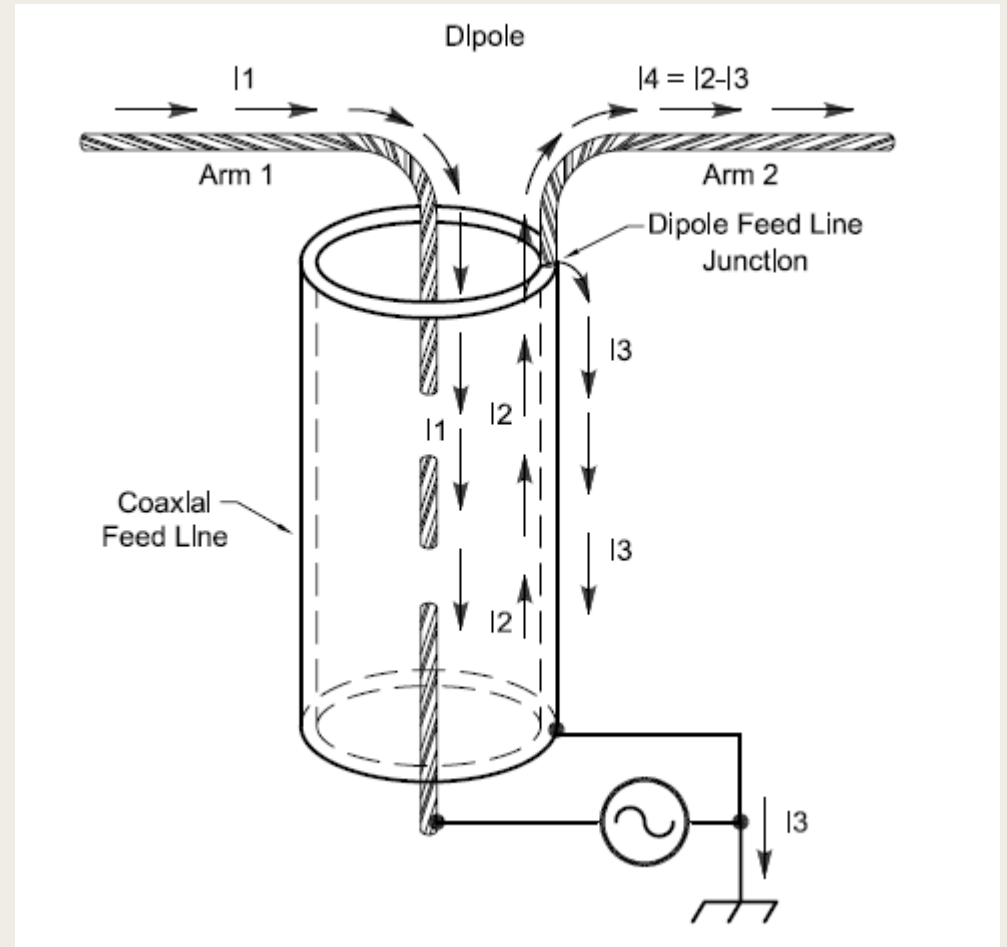
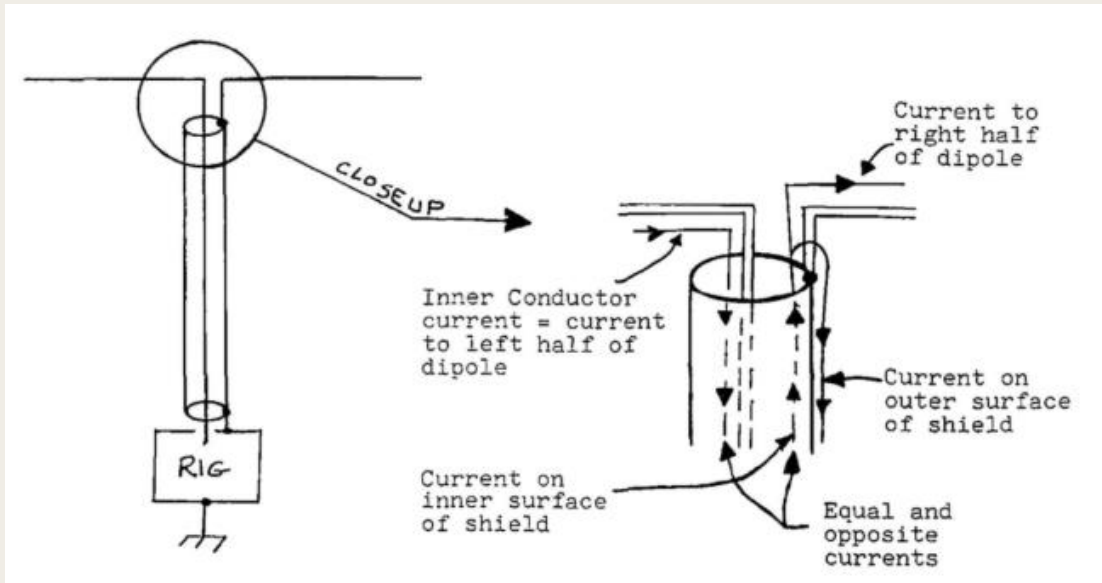


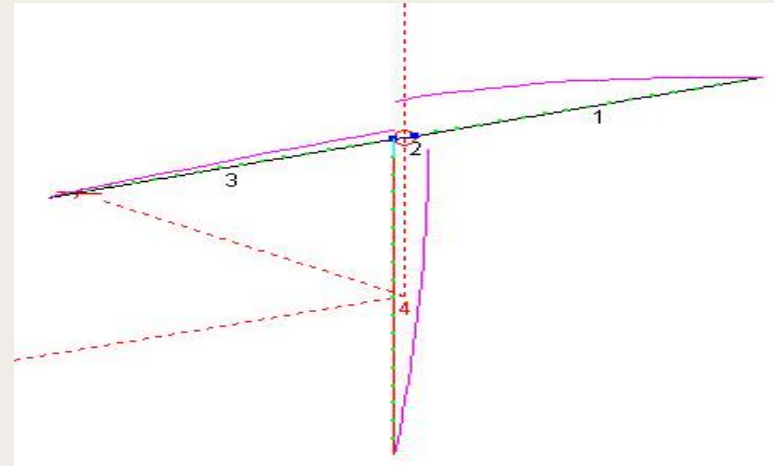
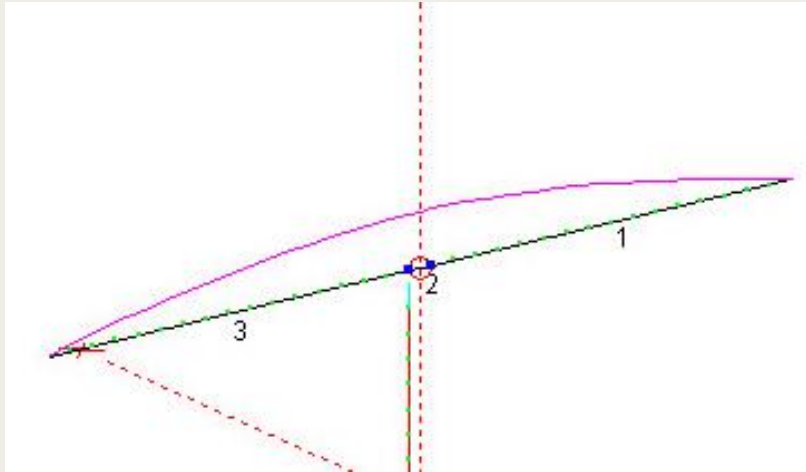
Antenu var barot trīs dažādos veidos: ar vienvadu līniju, ar divvadu līniju un ar koaksiālo kabeli. Vēl ir viļņvadu līnijas, bet amatieri tās nelieto.

Barot antenu ar vienvadu līniju nav laba prakse, jo šī līnija pati pārvēršas par elektromagnētisko viļņu izstarojošu elementu un strāvas, kas tajā plūst, atgriežas un turpina ceļu pa mājas elektroinstalāciju un metāla daļām, radot nevēlamus traucējumus (RFI).

Vislabāk antenu ir barot ar simetrisku divvadu līniju. Pa abiem vadiem plūstošās strāvas ir asimetriskas (pretējas, balansētas) un savstarpēji neitralizē elektromagnētisko viļņu izstarošanu.

Plaši pielietotais antenu barošanai - koaksiālais kabelis, ir nesimetrisks. Koaksiālā kabeļa iekšējā dzīsla ir “simetriska”, bet ārējais ekrāns ir – no iekšpuses simetrisks, bet no ārpuses – nesimetrisks. Strāvas centrālajā dzīslā un ekrānā ir dažādas. Strāvu starpību rada tas, ka uz ekrāna uzstarojās signāls, kam būtu jānonāk tajā antenas elementā, pie kura pieslēgts šis kabeļa ekrāns. Šī strāvu starpība kabeļa galos rada divus efektus – pie antenas tās izstarojošie elementi nav iebaroti ar vienādām strāvām, un pie raidītāja rada jaunu – klejojošu strāvu, kas nonāk uz raidītāja korpusa un klejo kaut kur tālāk pa māju.





Lai simetriskas antenas korekti iebarotu ar nesimetrisku koaksiālo kabeli tiek lietoti Baluni (simetrizējošie transformatori).

## 2. Kā, un kādus, Balunus veido

Nosaukumi BALUN un UNUN apzīmē iekārtas, kas domātas antenas barošanas līniju savienošanai savā starpā, vai - ar antenas aktīvo elementu. BALUN – no vārdiem "BALanced - UNbalanced" ir domāta nebalansētas līnijas (tāda ir koaksiālais kabelis) savienošanai ar balansētu līniju, vai balansētas (simetriskas) antenas aktīvo elementu. Savukārt UNUN (UNbalanced – UNbalanced) ir iekārta, kas savieno divas nebalansētas līnijas, un ir domāta pretestību transformācijai. UNUN iekārtas var savienot savā starpā arī divas balansētas līnijas

Ir divu veidu BALUN iekārtas – sprieguma tipa un strāvas tipa. Jau viņu nosaukums norāda uz ko tiek likts galvenais uzsvars to konstrukcijā. **Sprieguma** tipa balansējošā iekārta veidota tā, lai tā savās izejās nodrošinātu **vienādus spriegumus**, bet ne strāvas. Savukārt **strāvas** tipa iekārtas savā izejā nodrošina **vienādas strāvas**, bet spriegumi var atšķirties.

Sprieguma BALUN pēc konstrukcijas ir līdzīgs transformatoram ar diviem atdalītiem tinumiem, vai autotransformatoram - ar vienu, kopīgā ķēdē saslēgtu tinumu. BALUN-us ar atdalītiem tinumiem lieto potenciāla atsaistei, vietās, kur tas ir nepieciešams zemējuma cilpu likvidēšanai. Savukārt BALUN autotransformatora veidā – tur, kur gluži pretēji – ir nepieciešams drošs iekārtas zemējums statiskā potenciāla dēļ. Ar transformatoru palīdzību iespējams transformēt gan spriegumu, gan pretestību. Sīkāk skatiet nodaļā "Antenas – prakse", pie EFHW apraksta. Tur ir parādīts, kā aprēķināt šādu transformatoru. Dažreiz šo BALUN sauc par "Ruthoff balun"

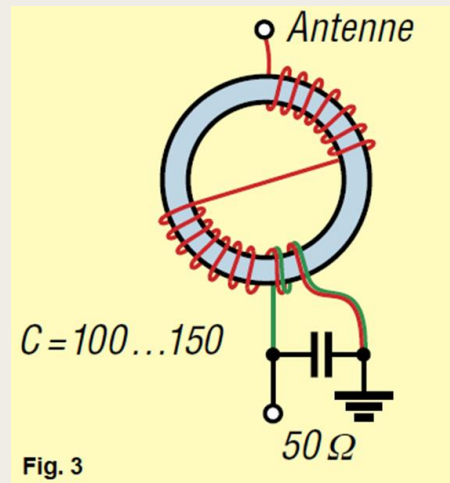
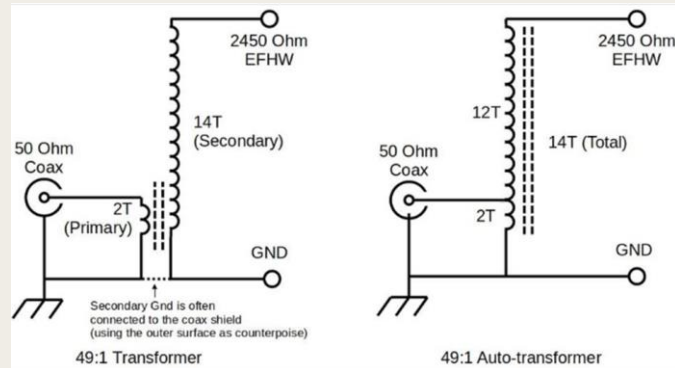
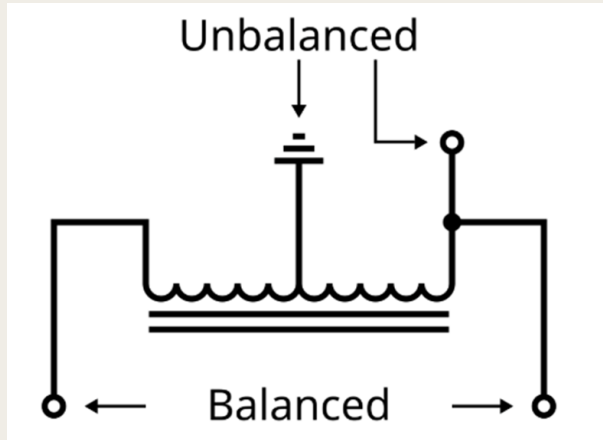


Fig. 3

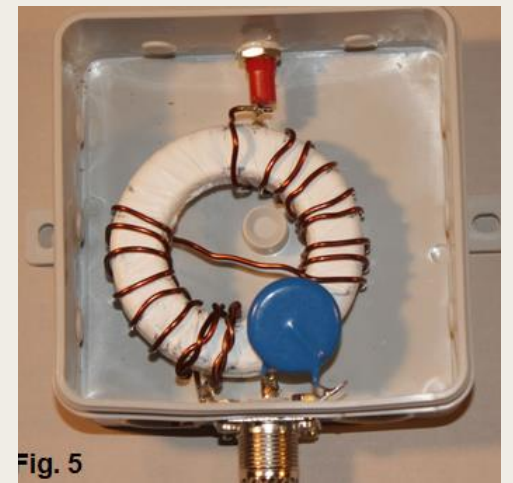
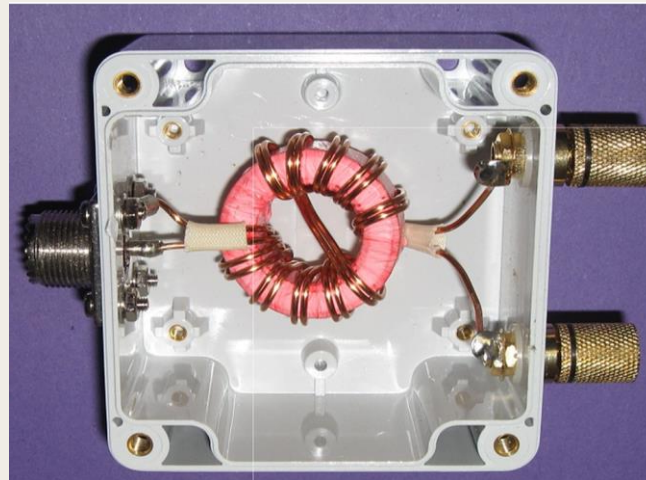
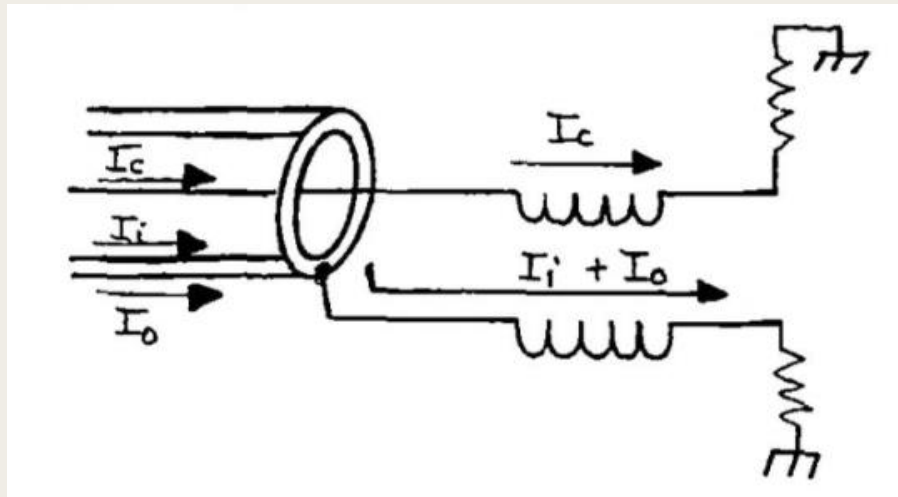
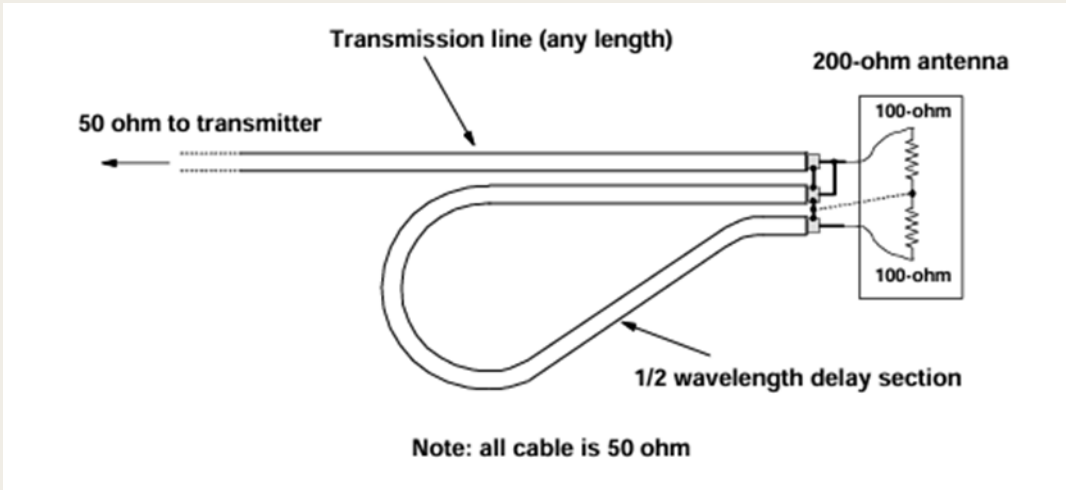
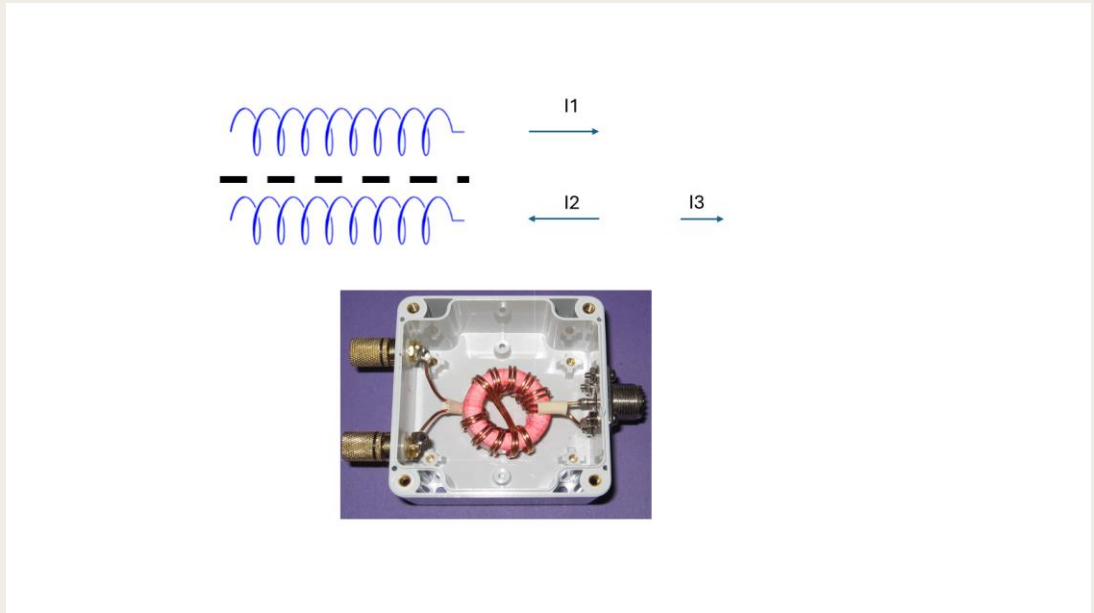
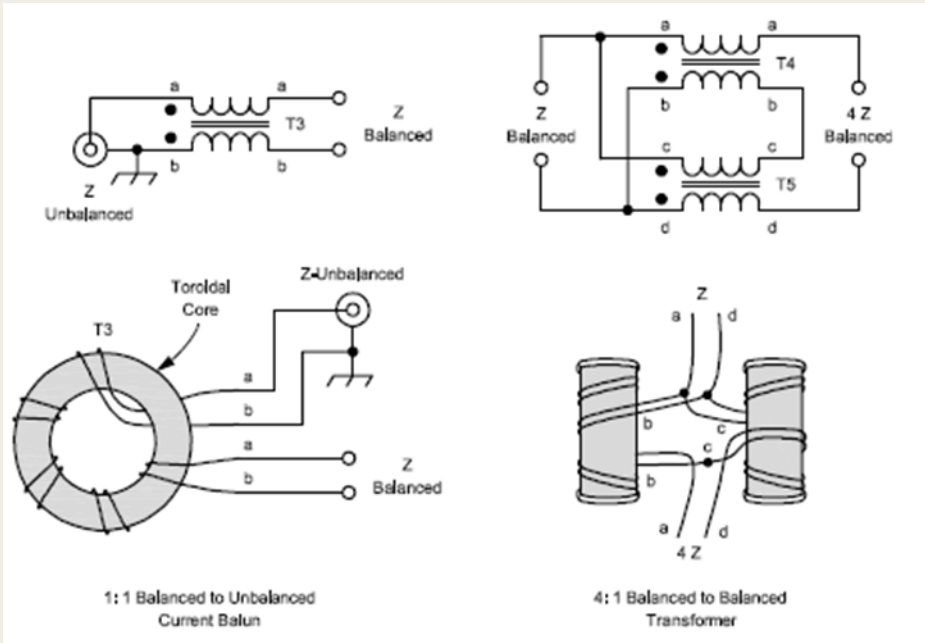


Fig. 5

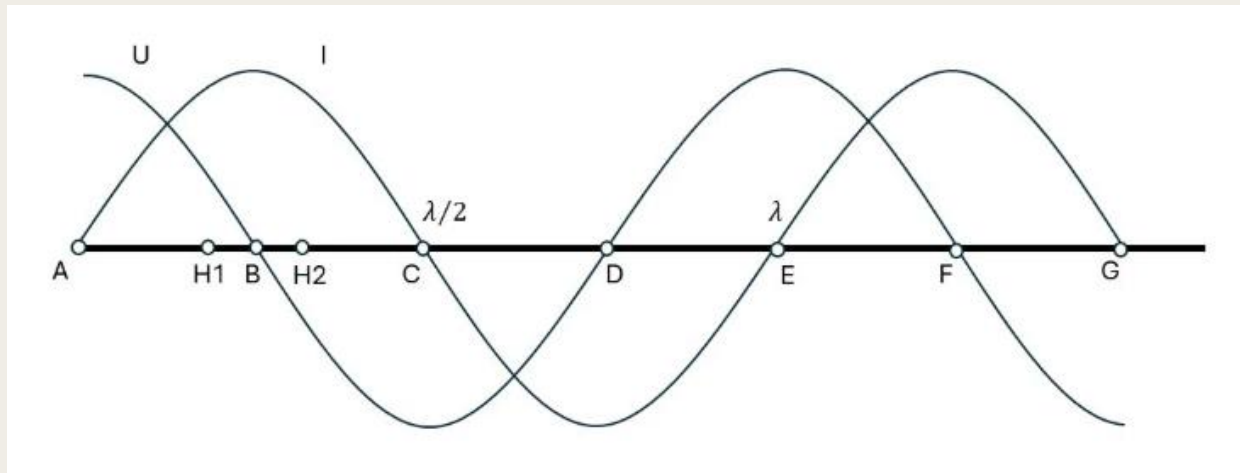
Strāvas tipa simetrizējošās iekārtas tiek veidotas no barošanas kabeļiem (koaksiālajiem, vai divvadu līnijām, veidotām no vadiem) un principā darbojas kā AF droseles. Tipisks piemērs tam ir koaksiālais kabelis, kas uztīts uz ferīta gredzena (pretestības transformācija 1:1). Tās tad sauc par UNUN iekārtām, jo tādā veidā var savienot arī nebalansētas līnijas. 1944. gadā Gustavs Guanella (Šveicē, Bādenā, ABB) izveidoja nedaudz atšķirīgu transformatoru uz šādu pat principu. Viņš 75 omu ieejas kabeli pieslēdza diviem paraleliem 150 omu kabeļiem, kurus uztina uz ferīta gredzena, un to otru galus saslēdza virknē. Rezultātā tika iegūta strāvas drosele, kas transformēja pretestību 1:4. To arī nosauca par Guanellas līnijas transformatoru. Šis dizains attīstījās tālāk un ar Guanellas transformatoru, uz ferīta uztinot vairākus tinumus un saslēdzot tos dažādās kombinācijās, varēja iegūt dažādu pretestību transformācijas koeficientu (no 1:1 līdz pat  $1:N^2$ , ar vienu gredzenu, bet var likt vairākus gredzenus paraleli, un katra uztinot savas spoles). Internetā ir daudz informācijas par strāvas (Guanella, Curant) transformatora slēgumiem. Tie BALUN, ko tirgo simetrizācijai praktiski visi ir strāvas transformatori (Guanella UNUN). Izņēmumi ir EFHW barošanai domātie, kas ir sprieguma tipa transformatori.





### 3. Kā izvēlas pareizo Balunu

Kādu Balunu kur lietot, nosaka antenas punkts, kurā pieslēdz barošanas līniju. Sprieguma un strāvas sadalījumu antena ir sekojošs:



Simetriska dipola **centrā** ir maksimālā antenas strāva, un tur būtu jālieto **strāvas** tipa baluns (Guanella), bet EFHW pieslēguma vietā (antenas vienā gala) – sprieguma (Ruthofa) tipa baluns.

#### 4. Baluns, kā AF drosele

Baluns ir AF drosele (RF Choke), kas aiztur augstfrekvences strāvu tur, kur tai nevajadzētu nonākt.

Drosele ir spole, kas laiž cauri līdzstrāvu, bet aiztur augstfrekvences strāvu. Par pieņemamu rezultātu tiek uzskatīts, 20 – 30 db liels signāla slāpējums, tas ir 10 līdz 30 reizes liels sprieguma samazinājums.

Droseli raksturo ar tās reaktīvo pretestību, kas ir frekvences atkarīga. To aprēķina pēc formulas

$X_l = 2 * \pi * f * L$ , kur:

$X_l$  – droseles reaktīvā pretestība, omos

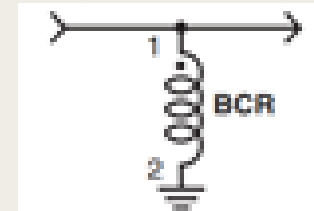
$f$  – frekvence signālam, kurā darbojas drosele, Hercos

$L$  – droseles induktivitāte, mērīta kā spolei, Henrijos

Tā, kā antenas parasti darbojas 50 omu sistēmā – kabeļiem ir tāda viļņu pretestība un antenas ieejai arī ir aptuveni tāda pretestība, tad droseli vajadzētu veidot ar 500 – 1500 omu lielu reaktīvo pretestību darba frekvencē. Priekš tā ir jāveido spole, kuras  $X_l$  būtu šajās robežās. Formula spoles induktivitātes aprēķināšanai pārveidojas:

$$L = X_l / (2 * \pi * f)$$

Mērvienības:  $L$  – mikrohenrijos,  $f$  – Megahercos,  $X_l$  - omos



Te aprēķinātas spoļu induktivitātes (uH) amatieru frekvencēm un dažādiem signāla slāpējumiem:

db	20	26	30	
U1/U2	10	20	30	
1.8	44.23	88.46	132.70	
3.5	22.75	45.50	68.24	
5.3	15.02	30.04	45.07	
7	11.37	22.75	34.12	
10	7.96	15.92	23.89	<- mikrohenriji droselei
14	5.69	11.37	17.06	
18	4.42	8.85	13.27	
21	3.79	7.58	11.37	
24	3.32	6.63	9.95	
28	2.84	5.69	8.53	
50	1.59	3.18	4.78	

Ja veidojiet viendiapazona antenu, tad tabulā redzami konkrēti dati. Ja veidojat daudzdiapazona antenu, tad jāmeklē kompromiss. Bet kompromisa dēļ kadam diapazonam nākas ciest. Te aprēķini signālu slāpējumi (db) droselēm, kurām izvēlējamies 10, 15, 20, 25, 30, 40 vai 50 uH spoles:

uH - >	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	40.00	50.00
1.8	1.06	7.09	10.61	13.11	15.04	16.63	19.13	21.06
3.5	6.84	12.86	16.38	18.88	20.82	22.40	24.90	26.84
5.3	10.44	16.47	19.99	22.49	24.42	26.01	28.51	30.44
7	12.86	18.88	22.40	24.90	26.84	28.42	30.92	32.86
10	15.96	21.98	25.50	28.00	29.94	31.52	34.02	35.96
14	18.88	24.90	28.42	30.92	32.86	34.44	36.94	38.88
18	21.06	27.09	30.61	33.11	35.04	36.63	39.13	41.06
21	22.40	28.42	31.95	34.44	36.38	37.97	40.47	42.40
24	23.56	29.58	33.11	35.60	37.54	39.13	41.63	43.56
28	24.90	30.92	34.44	36.94	38.88	40.47	42.96	44.90
50	29.94	35.96	39.48	41.98	43.92	45.50	48.00	49.94

No tabulas redzams, ka, piemēram, pareizu droseli frekvenču joslā no 10 līdz 50 Mhz var izveidot no 10 uH spoles. Ar dzeltenu krāsu iezīmēts lauks, kurā droseles sāks darboties pieņemami.

## 5. Kas vēl ir nozīmīgs Baluna darbā

Kāda strāva un kāds spriegums ir pie antenas pieslēguma punkta, lietojot 50 omu barošanas līniju?

$$P = U * I \quad \Rightarrow \quad I = \sqrt{P / R} \quad U = \sqrt{P * R}$$

P Vati	U Volti	I Ampēri
5	15.81	0.32
10	22.36	0.45
20	31.62	0.63
50	50.00	1.00
100	70.71	1.41
200	100.00	2.00
500	158.11	3.16
1000	223.61	4.47

Vadu diametri, atkarībā no pievadāmās strāvas. Pie pārāk lielām strāvām tievi vadi silst !

Ir divi strāvas tipi – līdzstrāva, pie kuras pieskaitāma arī barošanas maiņspriegums un augstfrekvences strāva, kas pārvietojas pa vada ārējo virsmu (Skin efekts).

Ir dažādi veidi kā šo strāvu var noteikt līdzstrāvai. Ir formulas no fizikas kursa, ir formulas dažādiem pielietojumiem, teiksim: formula drošinātējiem ( $d = 0.017 * I$ , vara stieplei), ir pieņemti standarti elektro instalācijai ( 1,5 kvadrāti,  $d=1.382$  mm, 19 Ampēri un 2,5 kvadrāti,  $d=1.79$  mm, 27 Ampēri un citi), ir vada diametru formula transformātoriem ( $d= 0.02 \sqrt{I}$  mA), 1 Ampērs –  $d=0.63$  mm).

Ar augstfrekvences strāvu ir sarežģītāk. Strāva izplatās pa vada ārējo virsmu (skin efekts). Literatūrā ir atrodami šādi augstfrekvences strāvu lielumi dažādiem vadiem, (d – vada diametrs, AWG – vadu klasifikācija ASV - American Wire Gauge):

d mm	Līdzstrāva A	AF strāva A	AWG
1.63	32.00	5.90	14.00
1.45	28.00	4.70	15.00
1.29	22.00	3.70	16.00
1.15	19.00	2.90	17.00
1.02	16.00	2.30	18.00
0.91	14.00	1.80	19.00
0.81	11.00	1.50	20.00
0.72	9.00	1.20	21.00
0.65	7.00	0.92	22.00
0.57	4.70	0.73	23.00
0.51	3.50	0.58	24.00

## 6. Balunu konstruktīvie tipi

Balonus var veidot no trīs veidu spolēm:

Bez magnētiska serdeņa, ar magnētisku serdeni, kā ferīta stieni un toroidālās – uz magnētiskiem gredzeniem.

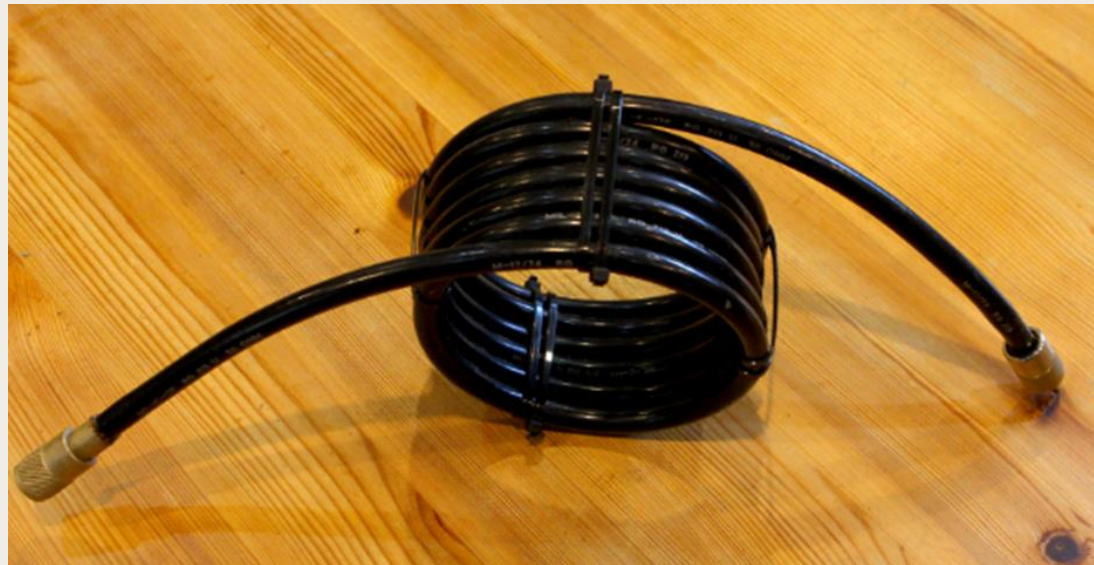
Kā izskatās vienkārša spole:

Spole tinumu skaits  $w = 32 * \text{sqrt} ( (L(\mu\text{H}) / d (\text{mm})) * (l (\text{mm})/d (\text{mm})+0.45) )$

Datorā:

<https://coil32.net/online-calculators/one-layer-coil-calculator.html>

vads 0.8	d=32	sp. l=	d=50	sp. l=
25 uH	45	72	25	40
10 uH	22	35.2	13	20.8
1.5 kvadr	d=32	sp. l=	d=50	sp. l=
25 uH	62	99.2	32	51.2
10 uH	28	44.8	16	25.6
2.5 kvadr	d=32	sp. l=	d=50	sp. l=
25 uH	76	121.6	37	59.2
10 uH	33	52.8	18	28.8



Dažreiz Yagi konstrukcijās ir ieteikts pirms pieslēguma punkta pie vibratora izveidot gaisā vairāku tinumu spoli no koaksiālā kabeļa. Noskaidrosim cik tinumus vajadzētu, lai šāda spole darbotos pietiekami efektīvi. Signāla slāpēšanas decibelos un induktivitāšu tabulā noskaidrojam, ka uz 14 Mhz ar 20 db (10 kārtīgu) slāpējumu pietiek veidot 5.69 uH drošeli. Satinot kabeli, ar ārējo diametru 10 mm spolē, ar diametru 125 mm, šo vērtību var sasniegt ar 6 tinumiem. Augstākām frekvencēm pietiktu arī ar mazāku tinumu skaitu. (Atkal ērts aprēķiniem ir Coil32.net kalkulators).

Spolēm ir tāds parameters, kā labums Q, kas nosakās kā reaktīvās pretestības attiecību pret tās aktīvo pretestību. Jo spolei vairāk tinumu, jo lielāka ir to aktīvā pretestība (jo vairāk tur vara vada lietots). Viens no veidiem kā uzlabot spoļu Q ir ievietot tajās ferīta serdi.

Ferīts ir feromagnētisks keramikas savienojums, kas, galvenokārt tiek izgatavots no dzelzs oksīda ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), kas sajaukts ar citiem metāla elementiem, piemēram, mangānu, cinku vai niķeli. Šis sastāvs ievērojami koncentrē magnētisko plūsmu, tādējādi palielinot spoles induktivitāti. Salīdzinot ar spoli bez serdes, ļai iegūtu to pašu induktivitāti spolēm ar ferīta serdi būs nepieciešams mazāk tinumu.

Lietojot atkal kalkulatoru no:

<https://coil32.net/online-calculators/ferrite-rod-calculator.html>

izveidojam spoli ar ferīta stieņa serdi. Izmantota tranzistoru uztvērēja ferīta antenna ar  $m_i = 600$ , garums - 160 mm, diametrs 8 mm.

vads 0.8	
25 uH	15
10 uH	10
1.5 kvadr	
25 uH	14
10 uH	9
2.5 kvadr	
25 uH	13
10 uH	9

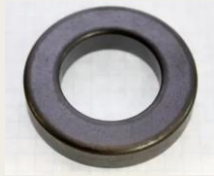
Citiem ferīta stieņiem var būt cits tinumu skaits.

Ko darīt ar nezināmu ferīta stieni? Uztin uz tā 10 tinumus ar nomērītu vadu un nomēra šīs spoles induktivitāti (vajadzīgs induktivitātes mērītājs). Tad ar to pašu Coil32.net kalkulatoru izrēķina (piemeklē pareizo)  $m_i$ , un veic tālākus aprēķinus.

Ferīta stieņiem ir viena slikta īpašība – tie “uztver radio”, tātad trokšņus. Ir iets tālāk – “stieņi satīti, un izveidoti gredzeni”. Ar to iegūtas vēl dažas labas īpašības tiem ( noslēgts magnētiskais laiks, virpuļstrāvas utt).

Nākošais progressa solis ir tīt spoles uz ferīta gredzena.

## 7. Ferīti



Ferīta gredzeniem ir šādi **raksturojumi** – magnētiskā caurlaidība  $\mu$  mi, un izmēri: gredzena ārējais diametrs, iekšējais diametrs, biezums, un dažreiz malu noapaļojums.

Gredzena magnētiskā caurlaidība  $\mu$  mi ir atkarīga no materiālu sajaukuma tajā, un tie tiek veidoti noteiktam darba diapazonam.

Ferītus ar lielāku  $\mu$  mi (1500, 1000) lieto zemākajiem diapazoniem, bet ar mazāku  $\mu$  mi (250, 600, 800) augstākiem. Gredzena izmēri nosaka ferīta daudzumu tajā. Tas ir nepieciešams induktivitātes aprēķiniem tai pašā Coil32.net kalkulatorā.

Bet tas nav viss! Ferīts silst no strāvas, kas iet caur tā spoli. Mūsdienu ferītiem ir pieļaujams sasilt līdz 130 grādiem, pēc kuras tie sairst. To nedrīkst pieļaut! Pirmkārt sakusīs visi korpusi, kuros tie ievietoti un aizsargāti no atmosfēras. Otrkārt uzsildīti ferīti zaudē savu linearitāti un sāk nogriezt sinusoidām augšas. Tāpēc ir vienkāršs, praktisks likums – 1 grams ferīta var pārnest 2 vatus jaudas.

100 vatiem vajag 50 gramus ferīta, 1 kW – puskilogramu. Dažreiz aizbildinās ar to, ka signals, netiek padots visu laiku un arī materiāli ir kļuvuši labāki, bet praktiskais padoms ir tāds.

Ferīti šobrīd bieži ir **sastopami** arī dažādos pielietojumos – barošanas filtros, uz kabeļiem, kā trokšņu filtri, vecos televizoros augstsprieguma transformatoros, CRT displejos uz kineskopiem, un vēl citur. Tādus izmantot var, bet tos vēlams nomērīt un pārbaudīt. Vispirms noskaidrojiet kādu jaudu tāds var pārnest – vienkārši **nosveriet**. Divi, kopā 24 gramus smagi ferīta cilindriši no VGA kabeļa var labi darboties tikai līdz 48 vatiem (salikti blakus, kā binokulārs gredzens) Ja plānojat darboties ar 100 vatu transiveri, tad tos labāk nelietot un meklējiet citus.

Tad ferītam ir **jānosaka mi**. To veic fiziski nomērot gredzenu un uztinot uz tā spolīti ar kādiem 10 tinumiem. Tad vajadzēs iekārtu ar ko nomērīt spoles induktivitāti, un tā jānomēra. Lietojot Coil32.net kalkulatoru piemeklējam tuvāko mi.

Novērtējam, ja tas ir ap 1000 - 1500, gredzens lietojams līdz 10 Mhz, ja 800, tad 3-30 mHz, bet ja 250, tad no 14 Mhz un augstāk. Bet protams – sarēķinot visu, var mēģināt uztaisīt, un praktiski pārbaudīt. Varbūt sanāk pat ne slikti

Izveidotā konstrukcija būtu **jāpasargā no atmosfēras ietekmes**. Vispiemērotākās ir labas elektro-komutācijas kārbīņas. (Saules un UV stari!) Tajās saurbj caurumus – antenas vadu pieslēgumiem – skrūves, kārbīņas “uzkāršanai” – cilpiņas un PL konektoru antenas kabeļa pievienošanai. Vēl ieteicams ir kārbīņas apakšā izurbt 2 gab. 2.5 – 3 mm caurumiņus kārbīņas elpošanai un kondensāta novadīšanai. Hermetizē, pārbauda, un un uzkar vietā.

Ko darīt, ja nekas no tā nav pieejams?

Var **pirkt** gatavu Balunu no kāda labi rekomendēta pārdevēja. Pēc saņemšanas der noorganizēt tā pārbaudi.

Var iegādāties **Amidon** ferīta gredzenu, un pārējo izdarīt pats. Labus gredzenus no Vācijas ebay var nopirkt pa 13.00 EU + piegāde 8 eur. Pērkot vairākus, sanāk lētāk. Zemākiem diapazoniem pērciet Amidon FT-240-31, augstākiem diapazoniem Amidon FT-240 43. Nepērciet «Iron core», tādus kā T-140-2 u.c. , nekas nesanāks !

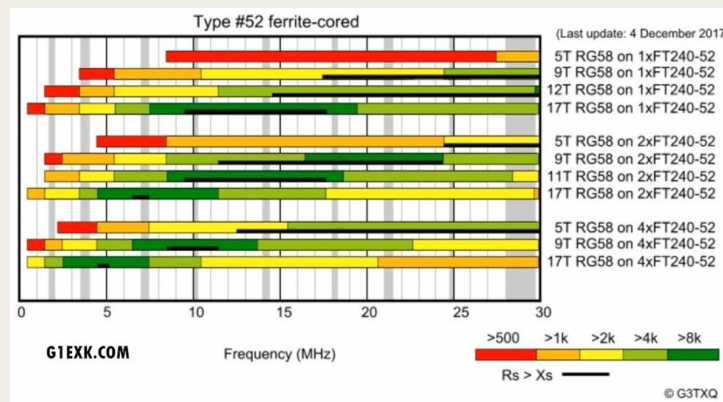
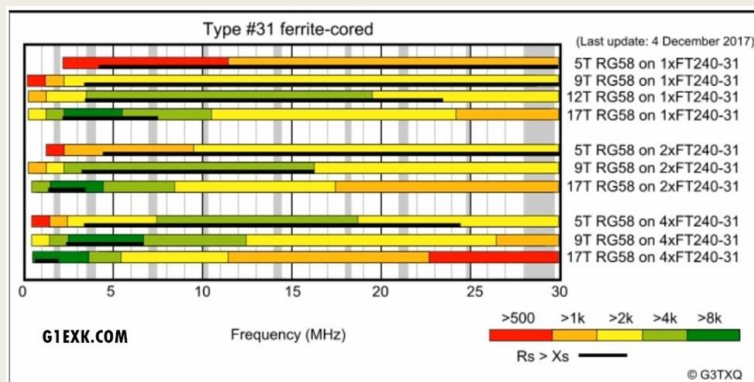
Amidon ir firma, kas ražo labus ferītus un nosaukumi šifrējas sekojoši: 240 ir gredzena diametrs s (2.4 collas - 61 mm, 36 mm ārējais un iekšējais diametri, biezums 12.7 mm) un 43 ir ferīts ar mi 800, 31 ferīts ar mi 1500. Ir pieejami arī citi izmēri un materiāli, sīkāk atrodams internet.

Lapā:

<https://www.g1exk.com/g3txq-choke-charts>

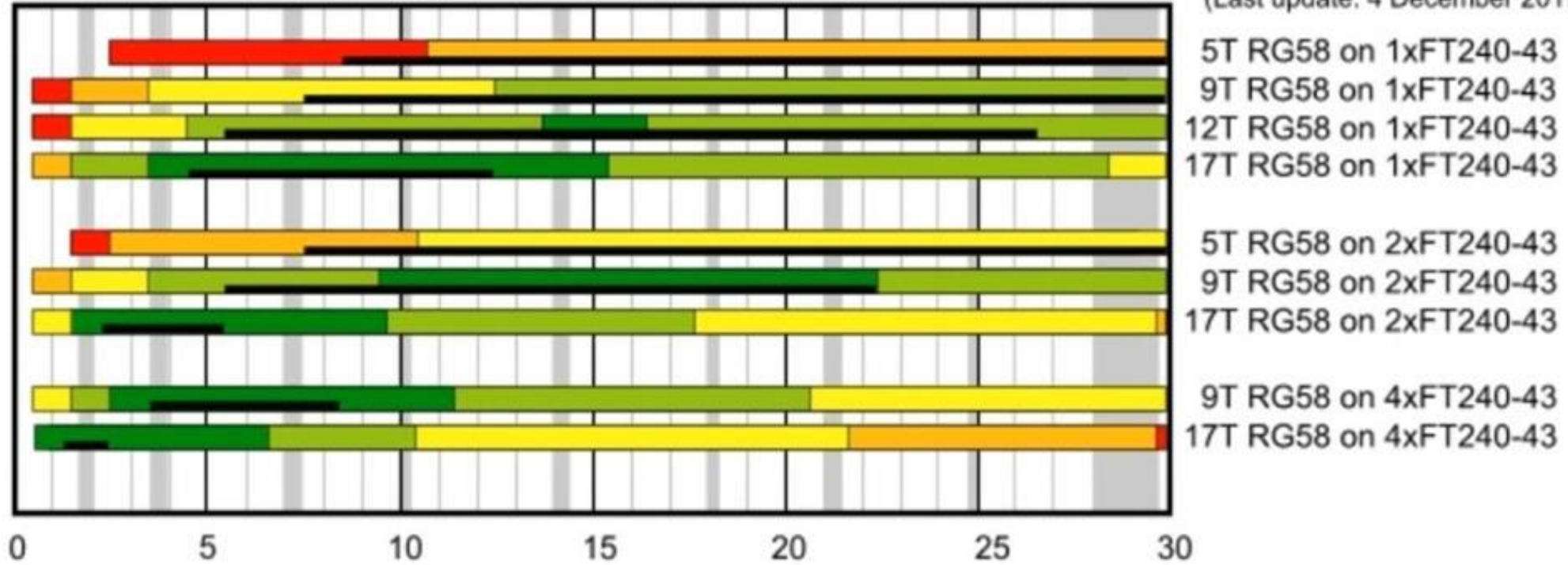
ir labs apkopojums dažādu balunu veidošanai uz dažādiem Amidon gredzeniem. To der izpētīt.

31 un 52 ferītiem:



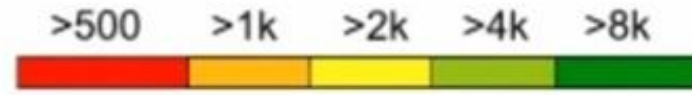
# Type #43 ferrite-cored

(Last update: 4 December 2017)



G1EXK.COM

Frequency (MHz)



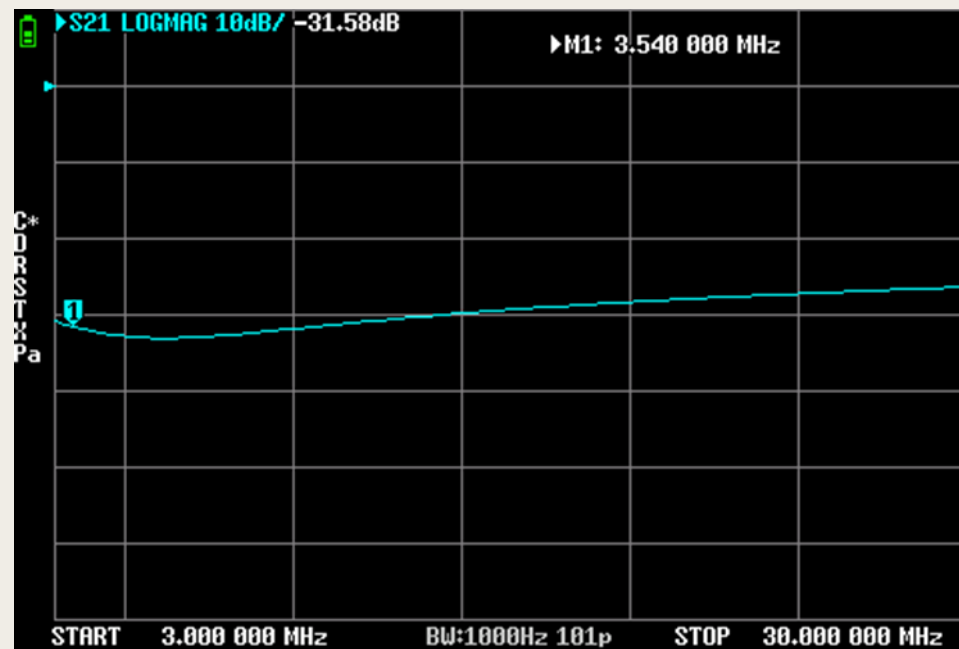
$R_s > X_s$  ———

© G3TXQ

## 8. Baluna novērtējums ar VNA

Ļoti ērti Balunu ir novērtēt ar VNA (nanoVNA)

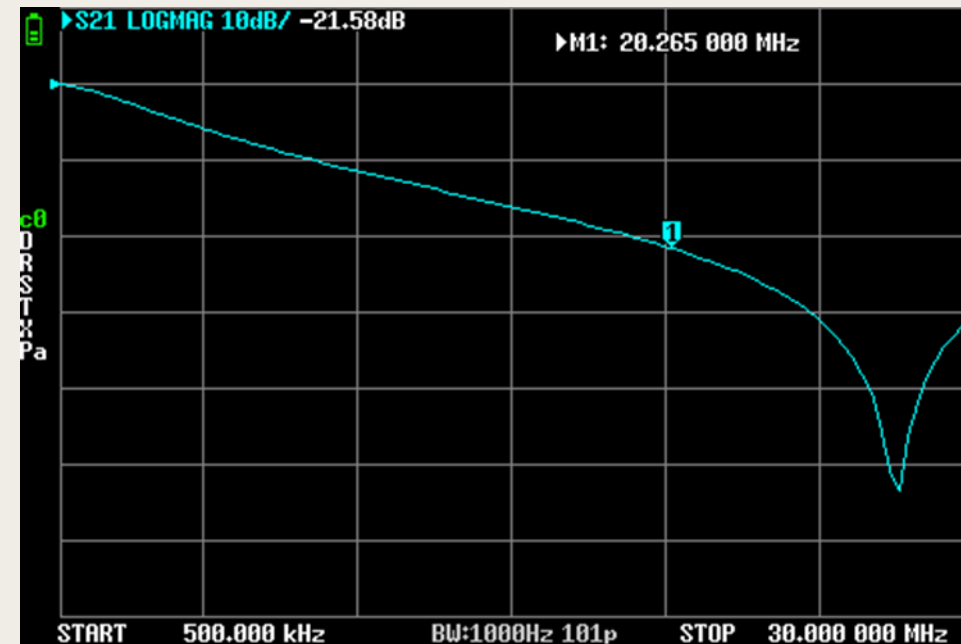
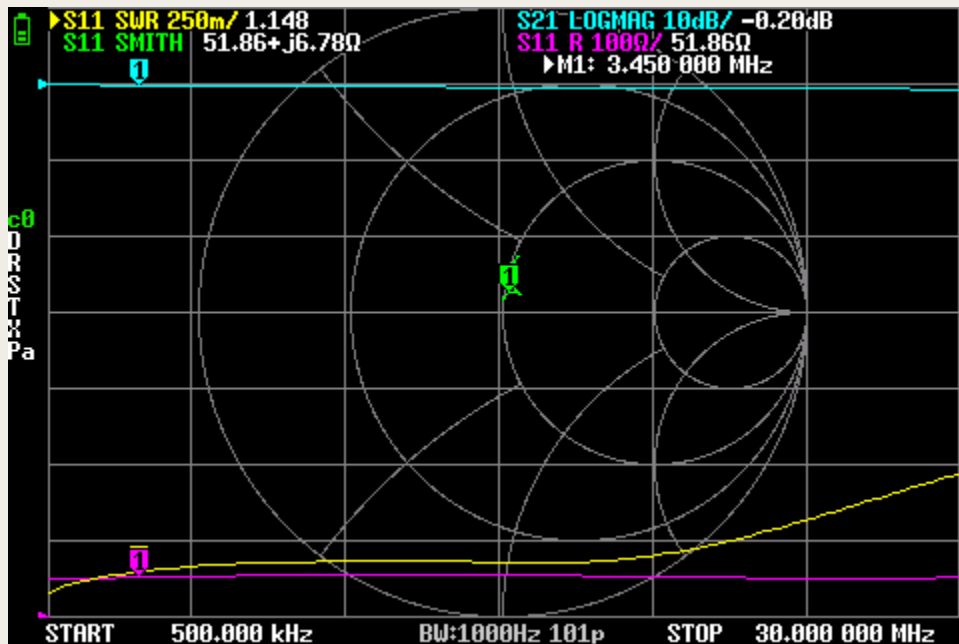
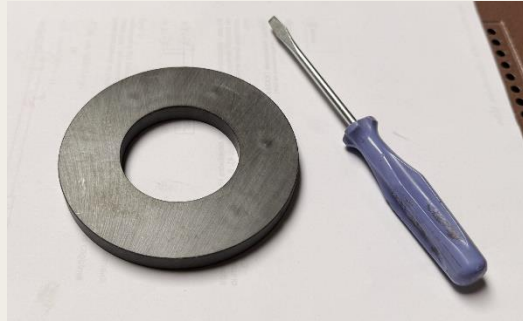
1. Uzliek frekvenču diapazonu (3 – 30 MHz, vai citu)
2. Nokalibrē VNA
3. Pieslēdz pie VNA S11 un S21 spailēm, vienu spoli (kabeļa ekrānu, ja spole tīta ar koaksiālo kabeli), un nomēra kā tā aiztur frekvences - S21 – LOGMAG. (Masas klemmes mērvadiem saslēdz tieši kopā!)



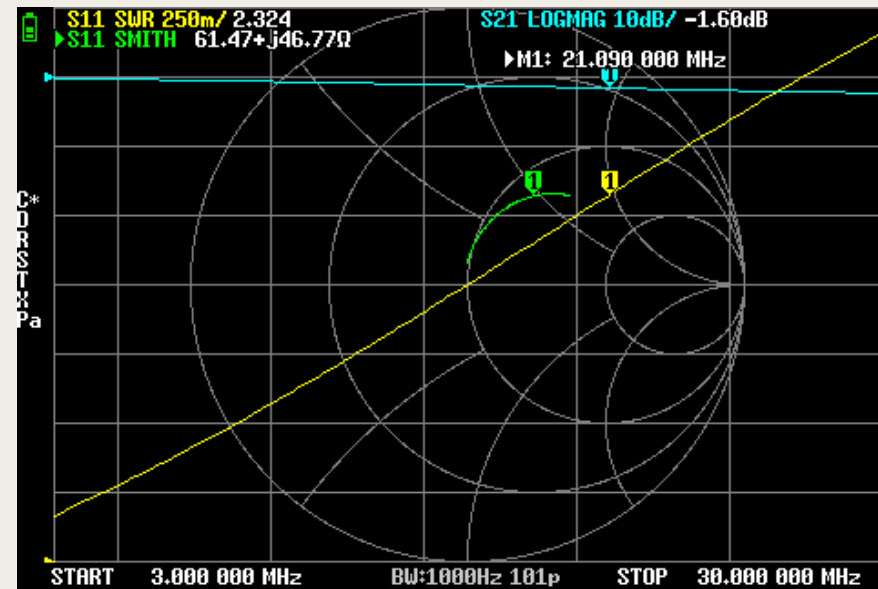
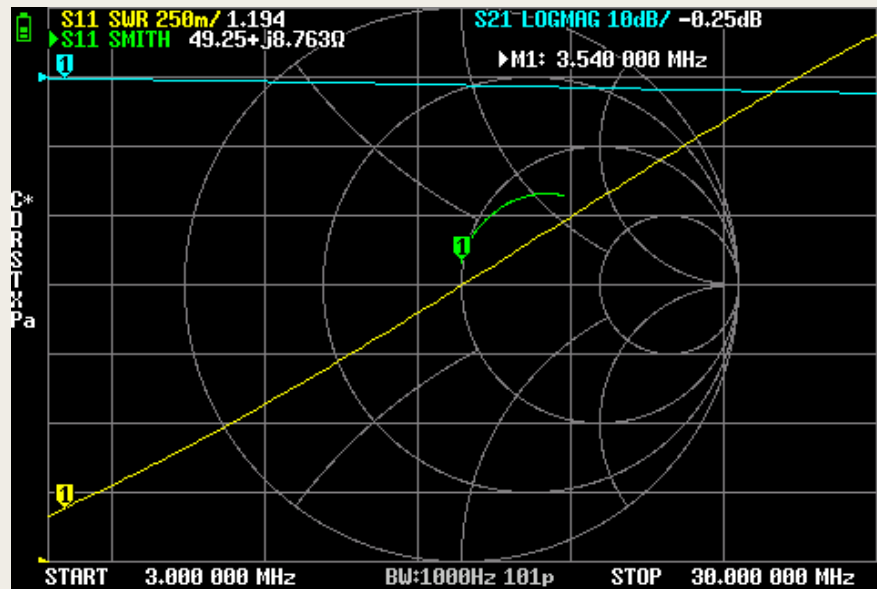
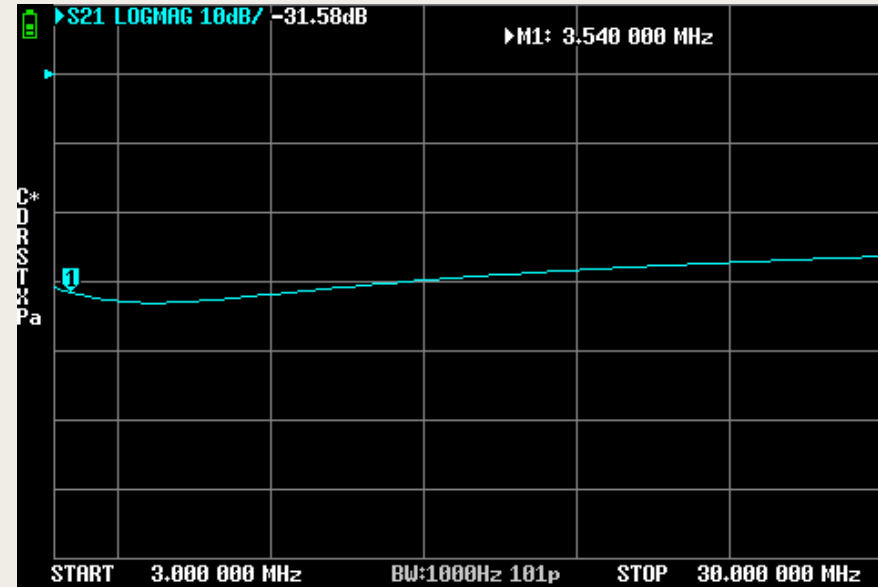


Zemāk praktiski piemēri, un to mērījumi ar VNA.

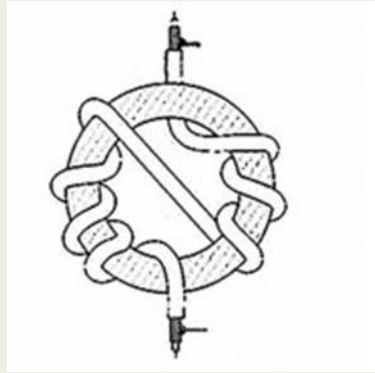
1. Šķiet ideāli gredzeni no televīzijas kineskopa stara fokusēšanas: OD=100 mm, ID=50 mm, h=10 mm, sver 263 grami. Salīku priekš 2 kW un uztīnu 10 tinumus RG58



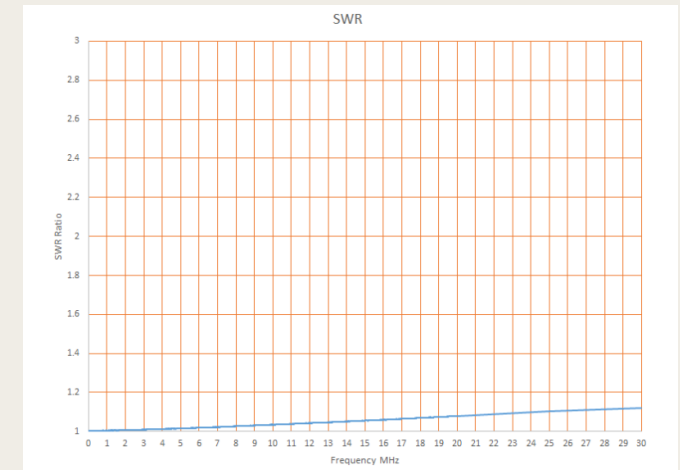
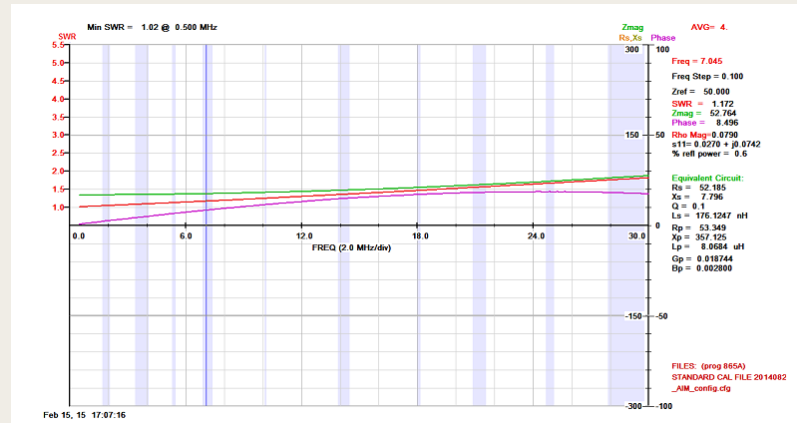
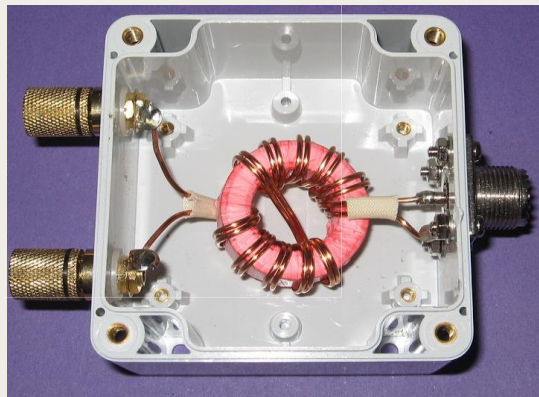
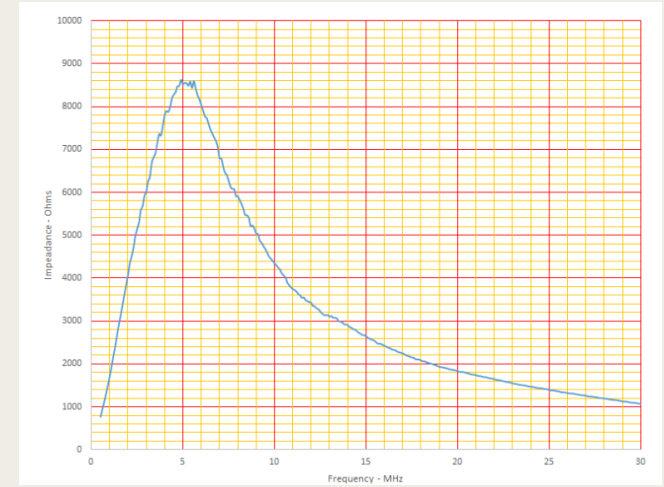
2. Atradu mājās gredzenus M1000, nosvēru 4 gb. - 26 grami. 10 tinumi ar vīto pāri uz diviem:

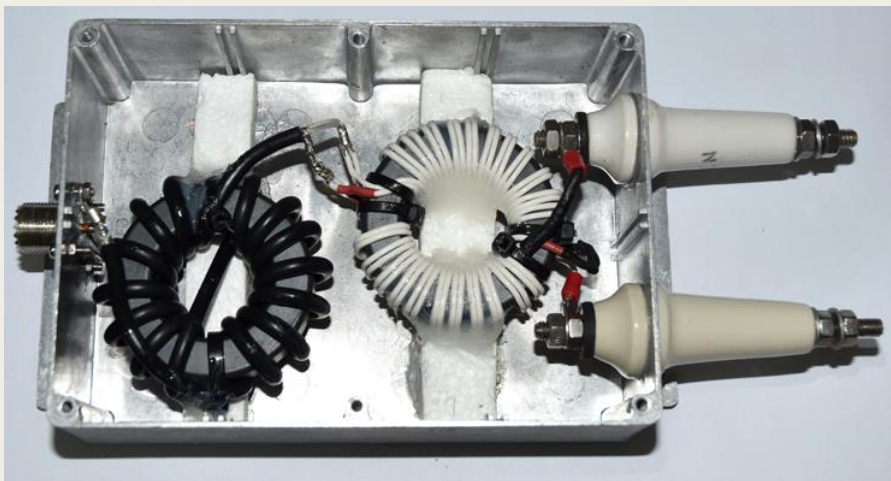


## 9. Daži konstruktīvi izpildījumi



14 tinumi RG58 kabeļa  
(~ 1 metrs) uz viena FT  
240-43 gredzena, 40 uH



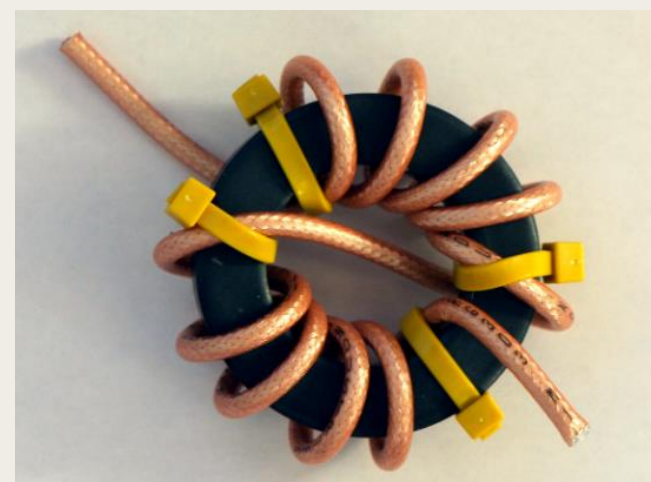


# NOSLĒGUMS

**Baluni ir jālieto!**

**Baluni jāveido pareizi!**

**Pirms montējiet Balunu vietā, pārbaudiet to!**





# Q & A