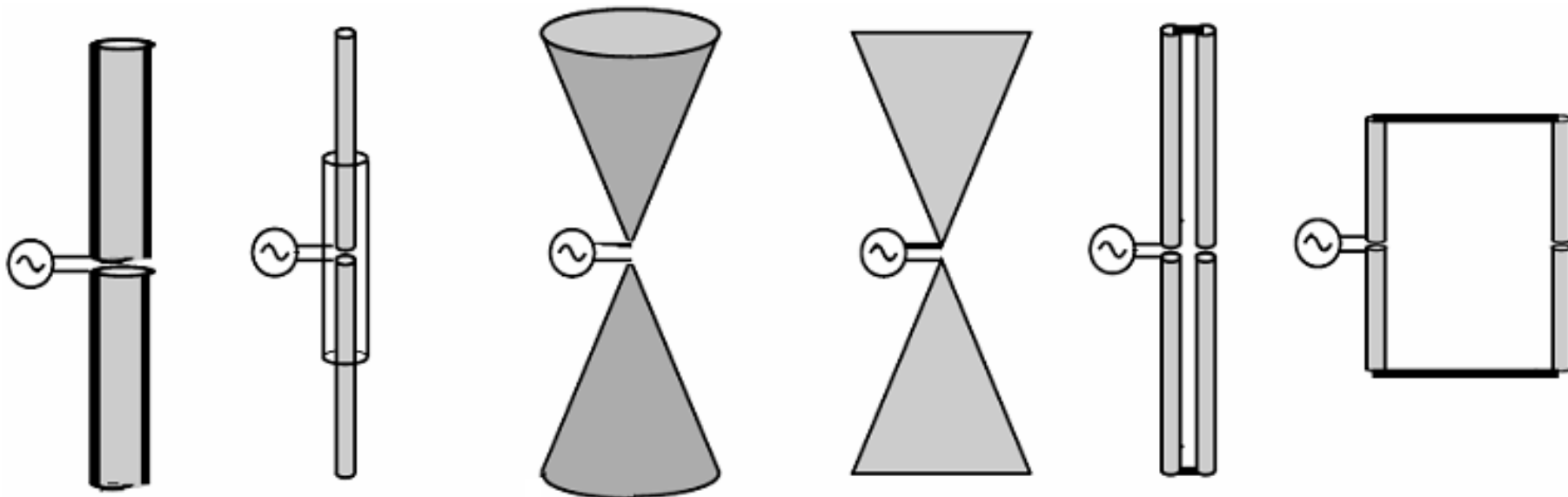


# Dipoli



Mobitel d.d., izobraževanje

8. 5. 2009, predavanje 13

Prof. dr. Jožko Budin

# Vsebina

1. Dipoli in unipoli
2. Model vzbujanja dipola
3. Porazdelitev toka na dipolu
4. Oddaja in sprejem
5. Polje in smerni diagram dipola
6. Sevalna upornost, vhodna impedanca in dobitok
7. Cilindrični dipol in njegove izpeljanke
8. Dipolske reže
9. Simetrične naprave in prilagajanje

# Dipoli, zaslužni avtorji

## 1. Heinrich Hertz

- Eksperimentalni preizkus s “Hertzovim” dipolom

## 2. E. Hallén, Uppsala

- Integralska enačba toka

## 3. Ronold W.P. King, Harvard University

- Teorija linearnih anten

## 4. J. D. Kraus

- Teorija anten

## 5. Sergej K. Schelkunoff, Bell Labs

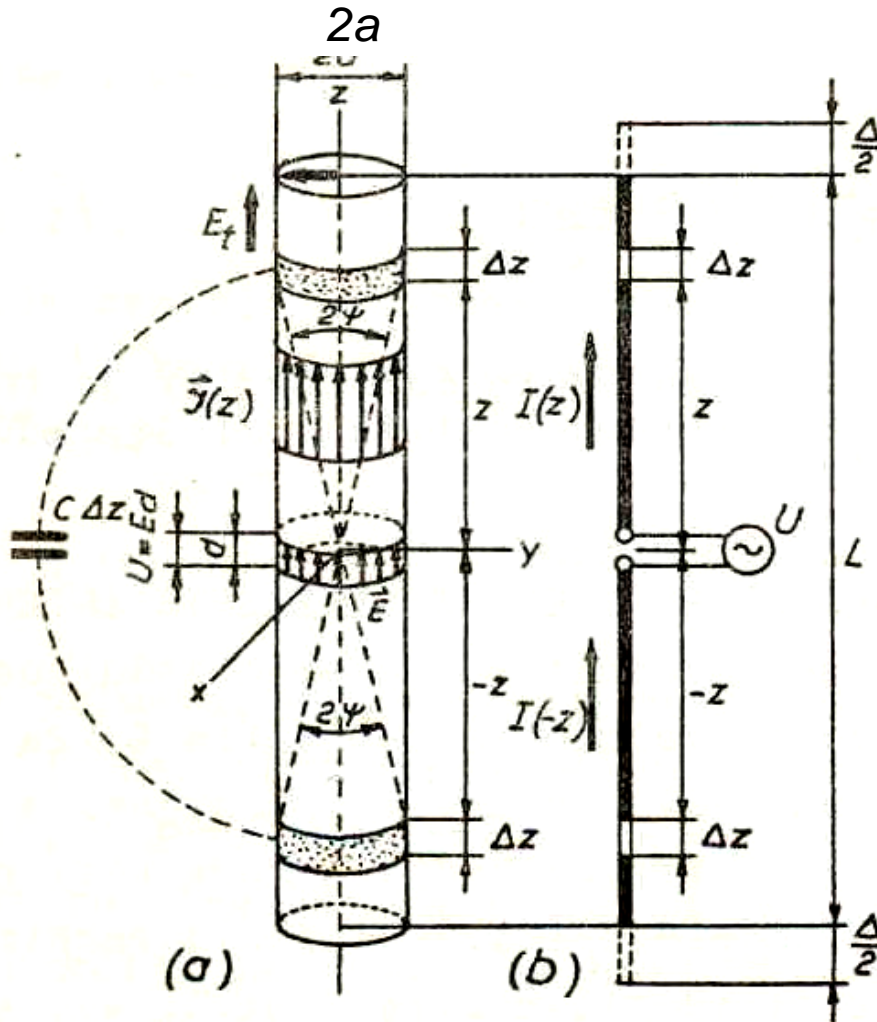
- Bikonični dipol

## 6. Roger F. Harrington, Syracuse University

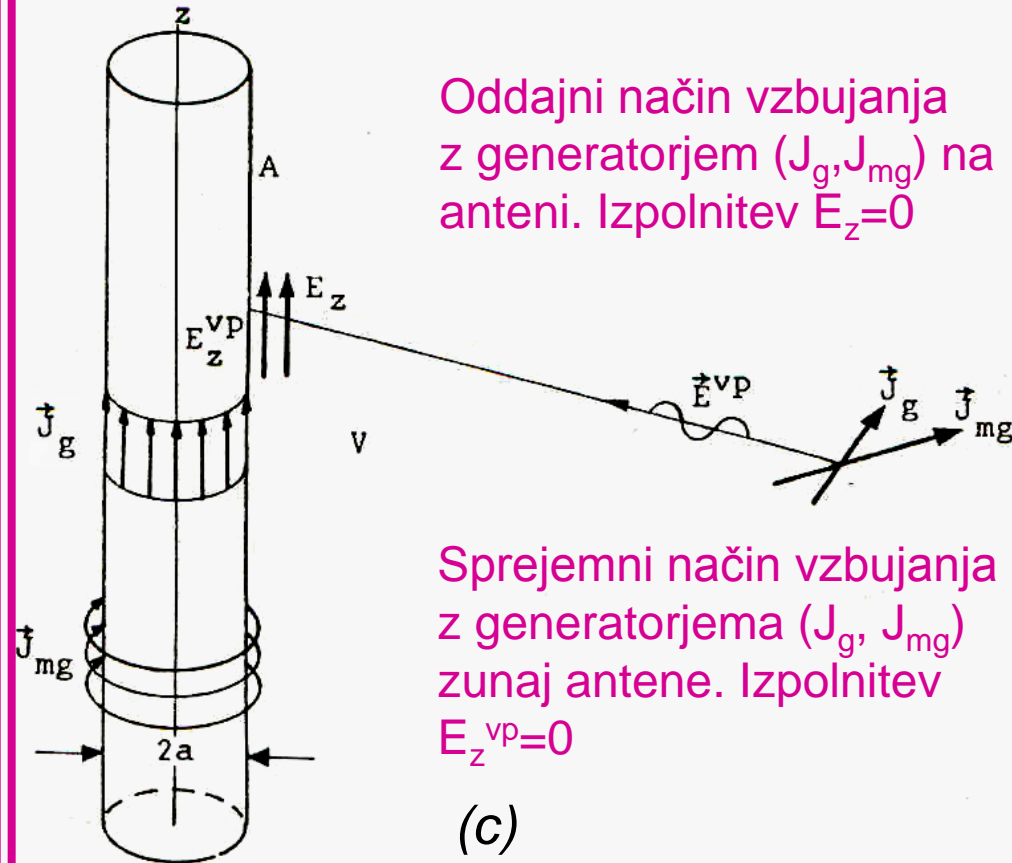
- Numerične metode (momentna metoda, MoM, MM)

# Model vzbujanja dipola

Običajna predstavitev vzbujanja reže cilindričnega dipola z napetostnim generatorjem



- Predstavitev lastnega napetostnega in tokovnega vzbujanja s krožno oblogo  $J_{mg}$  in cilindričnim stebričem  $J_g$ .
- Predstavitev zunanjsega vzbujanja z zunanjima generatorjima  $J_g$  in  $J_{mg}$ ...



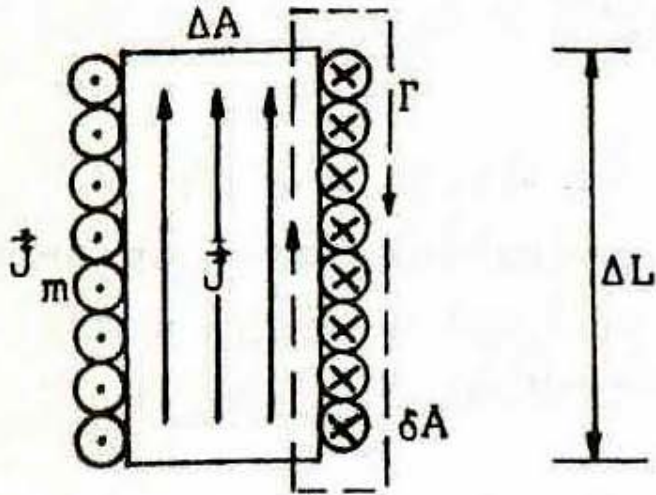
Oddajni način vzbujanja z generatorjem ( $J_g, J_{mg}$ ) na anteni. Izpolnitev  $E_z = 0$

Sprejemni način vzbujanja z generatorjema ( $J_g, J_{mg}$ ) zunaj antene. Izpolnitev  $E_z^{vp} = 0$

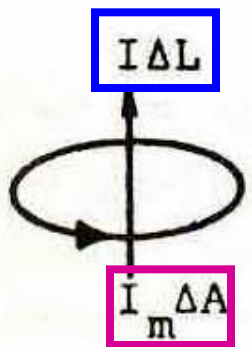
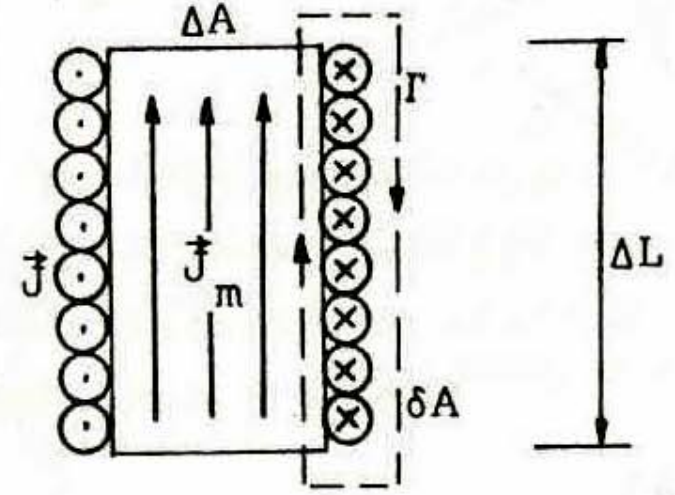
(c)

# Ekvivalenca generatorjev

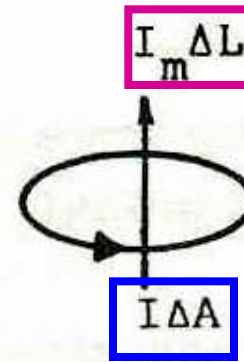
Stebriček električnega toka  
Zanka magnetnega toka



Stebriček magnetnega toka  
Zanka električnega toka



$$k = \omega \sqrt{\epsilon \mu}, \quad Z_0 = \sqrt{\mu / \epsilon}$$



$$\frac{I \Delta L}{I_m \Delta A} = -j \frac{k}{Z_0}$$

$$\frac{I_m \Delta L}{I \Delta A} = j k Z_0$$

# Dipolska antena pri oddaji in sprejemu

## Oddaja

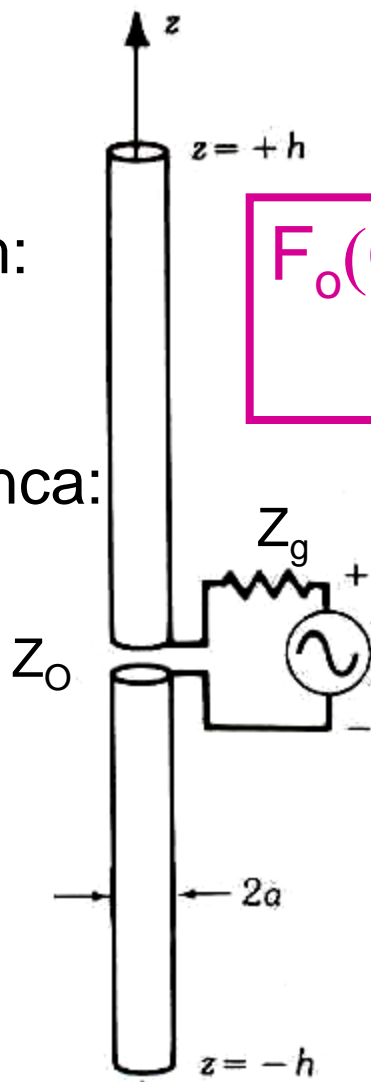


Diagram:  
 $F_o(\theta, \phi)$

Impedanca:  
 $Z_o$

## Sprejem

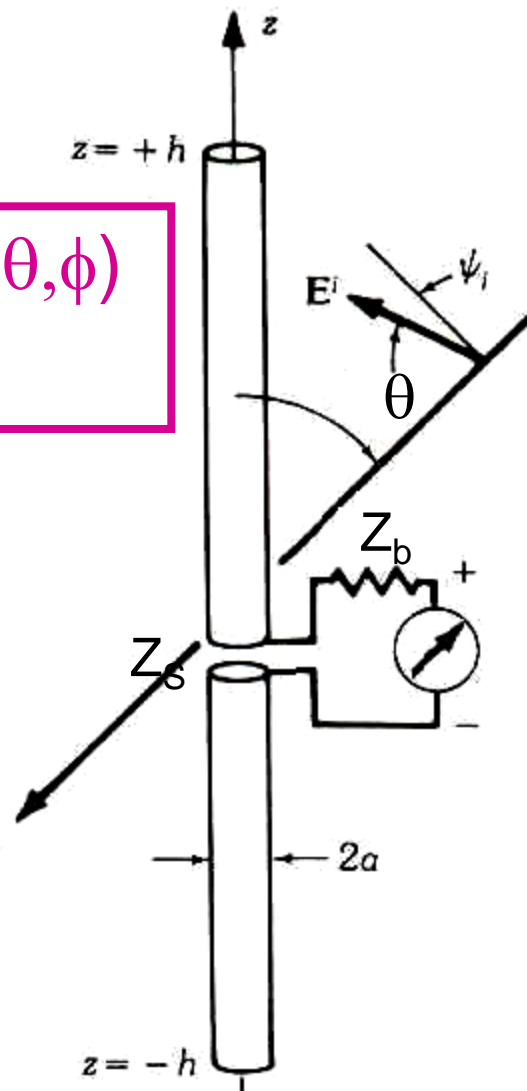


Diagram:  
 $F_s(\theta, \phi)$

Impedanca:  
 $Z_s$

$$F_o(\theta, \phi) = F_s(\theta, \phi)$$

$$Z_o = Z_s$$

$$L = 2h$$

# Osnovne lastnosti

- **Tokovni generator**: stebriček električnega toka v reži (notranja impedanca neskončna)
- **Napetostni generator**: zanka magnetnega toka v kratkostaknjeni reži (notranja impedanca nič)
- **Smerni diagram** enak pri oddaji in sprejemu (recipročnost)
- **Vhodna impedanca** enaka pri oddaji in sprejemu (recipročnost)
- **Dobitek** (oddaja) in **efektivna površina** (sprejem) v razmerju:  $G/A = 4\pi/\lambda^2$  (recipročnost)
- Porazdelitev toka pri oddaji in sprejemu različni !!

# Porazdelitev toka na tankem dipolu<sup>8</sup>

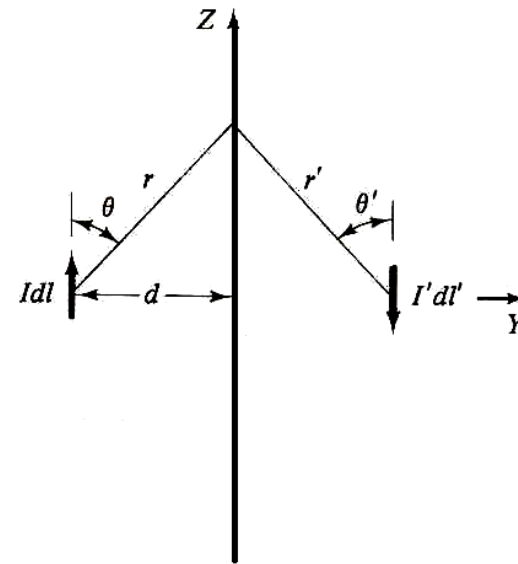
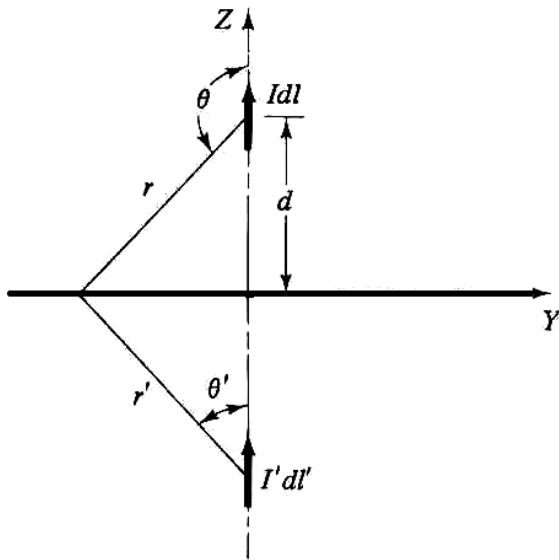
Značilnosti tokovne porazdelitve pri  $2a \ll \lambda$ :

- Stojni val toka (približno sinusna amplituda in konstantna faza znotraj tokovnih polvalov, preskok faze za  $180^\circ$  med sosednjimi polvalovi).
- Sofazna (enakosmerna) porazdelitev toka na obeh krakih dipola, majhen, a nezanemarljiv, tok na krajiščih dipola.
- Tok na krakih dipola odstopa od idealne sinusne linijske porazdelitve predvsem zaradi sevanja in mestoma spremenljive karakteristične impedance med krakoma.
- Krajiščni tok dipola lahko nadomestimo z majhnim podaljšanjem krakov dipola.
- V sinusnem modelu toka ni upoštevan vpliv sevanja na tokovno porazdelitev.



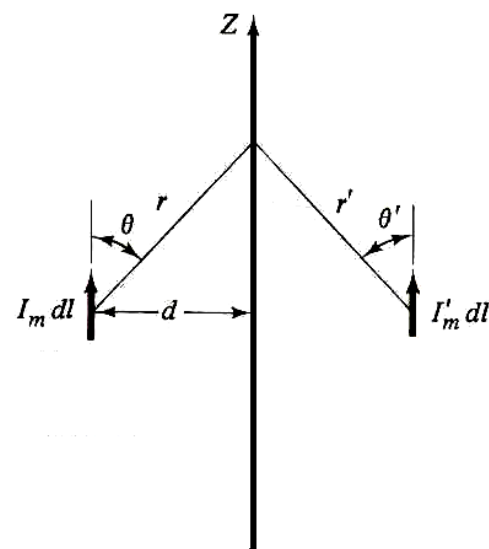
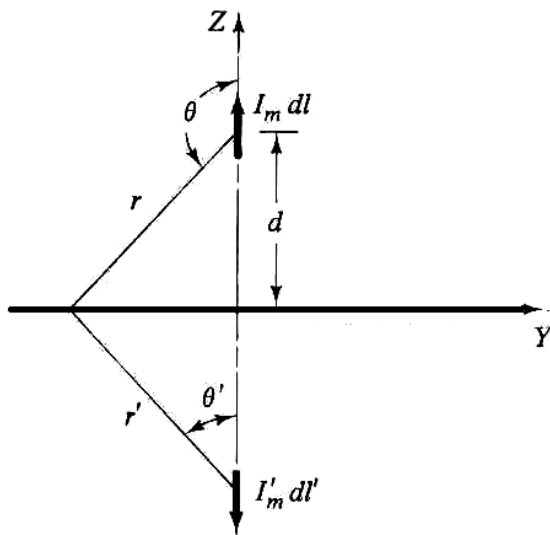
# Zrcalna pravila na kovini

Električni tok



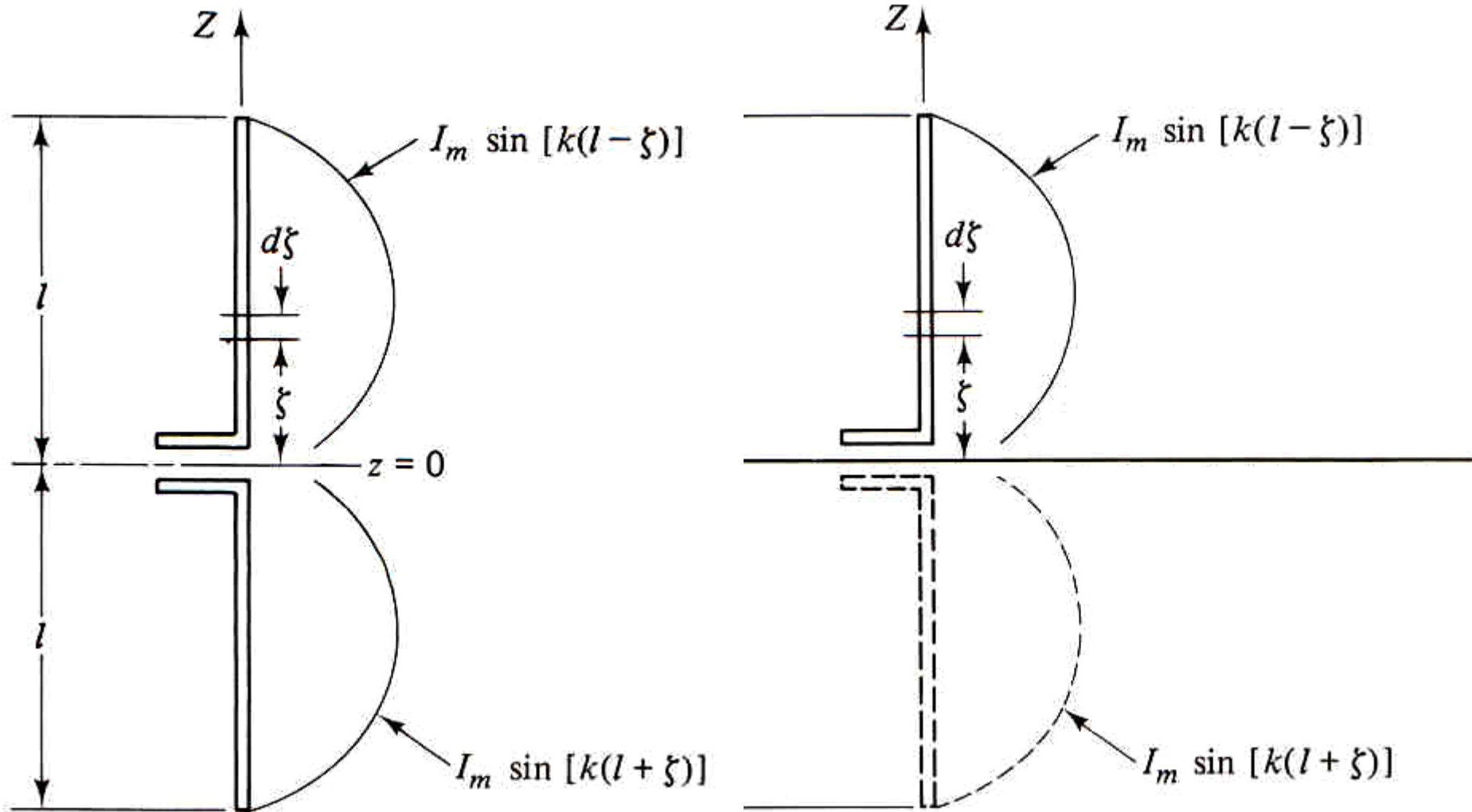
Električni tok

Magnetni tok

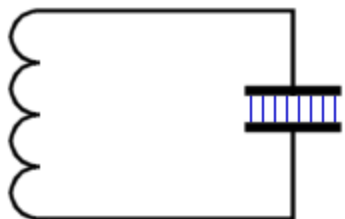


Magnetni tok

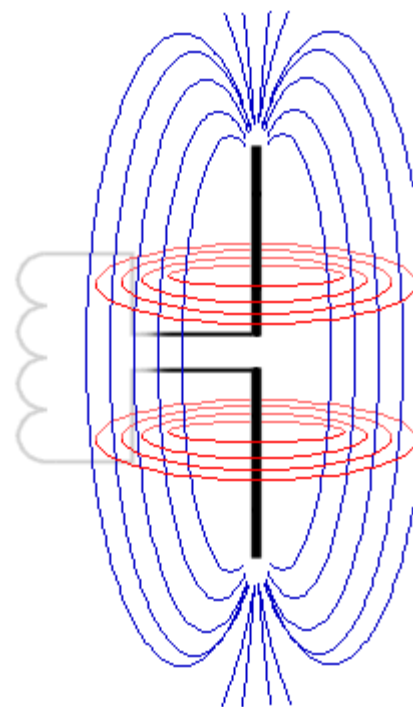
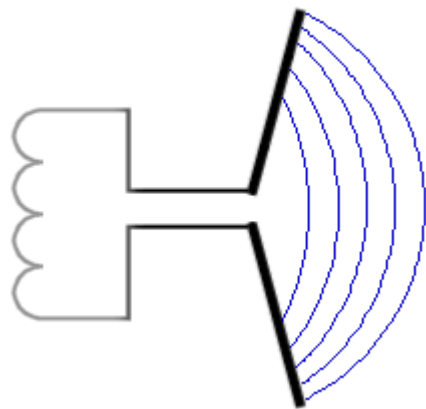
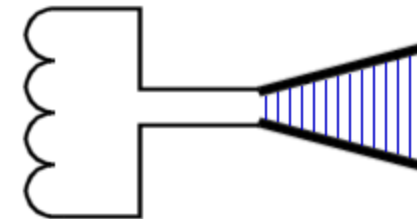
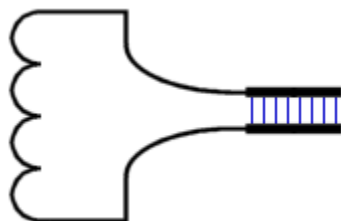
# Porazdelitev toka na dipolu in unipolu



# Razvoj nihajnega kroga v dipol



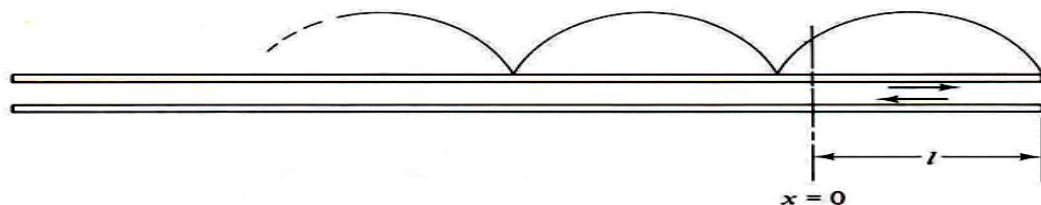
Koncentrirana  
induktivnost in  
kapacitivnost



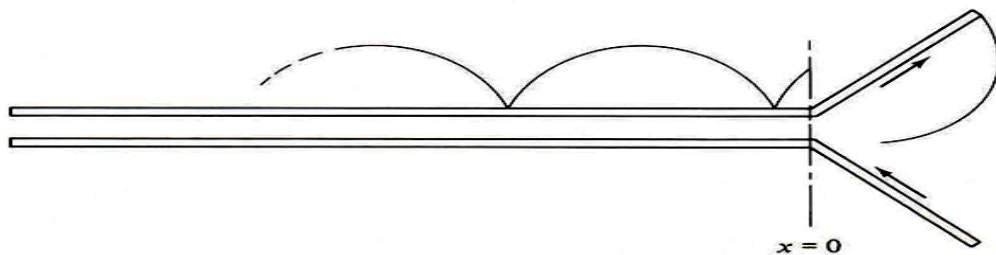
Porazdeljena  
induktivnost in  
kapacitivnost

# Razvoj dvovodniške linije v dipol

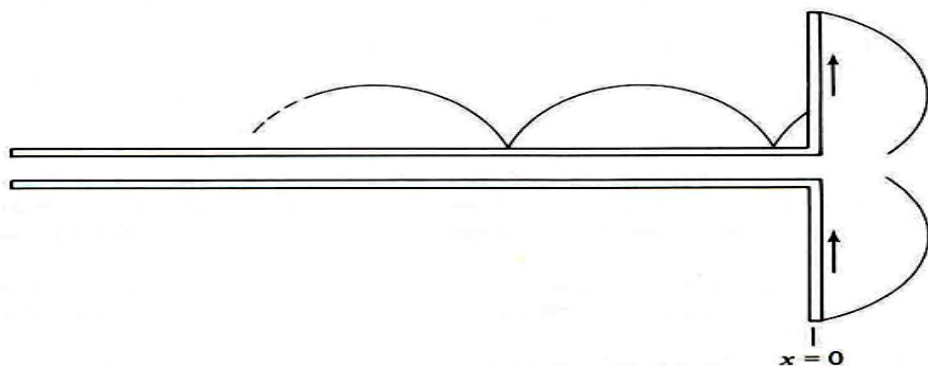
- Razvoj dvovodniške linije v simetrični središčno vzbujani dipol



Dvovodniška linija,  
 $Z_k$  je konstanten

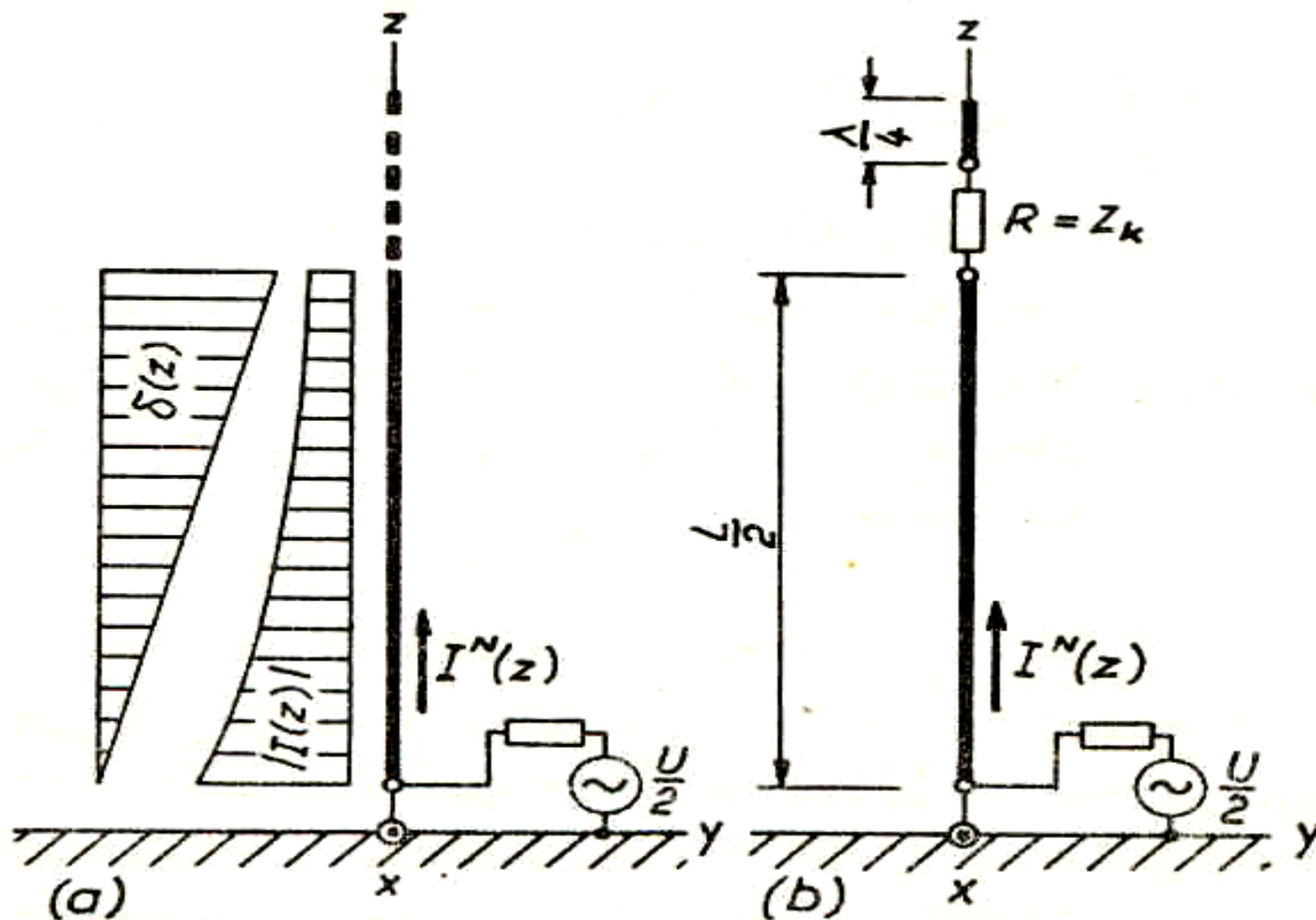


Prehod v dipol,  
 $Z_k$  se spreminja



Dipol dolžine  $L = 2l$   
 $Z_k$  se spreminja

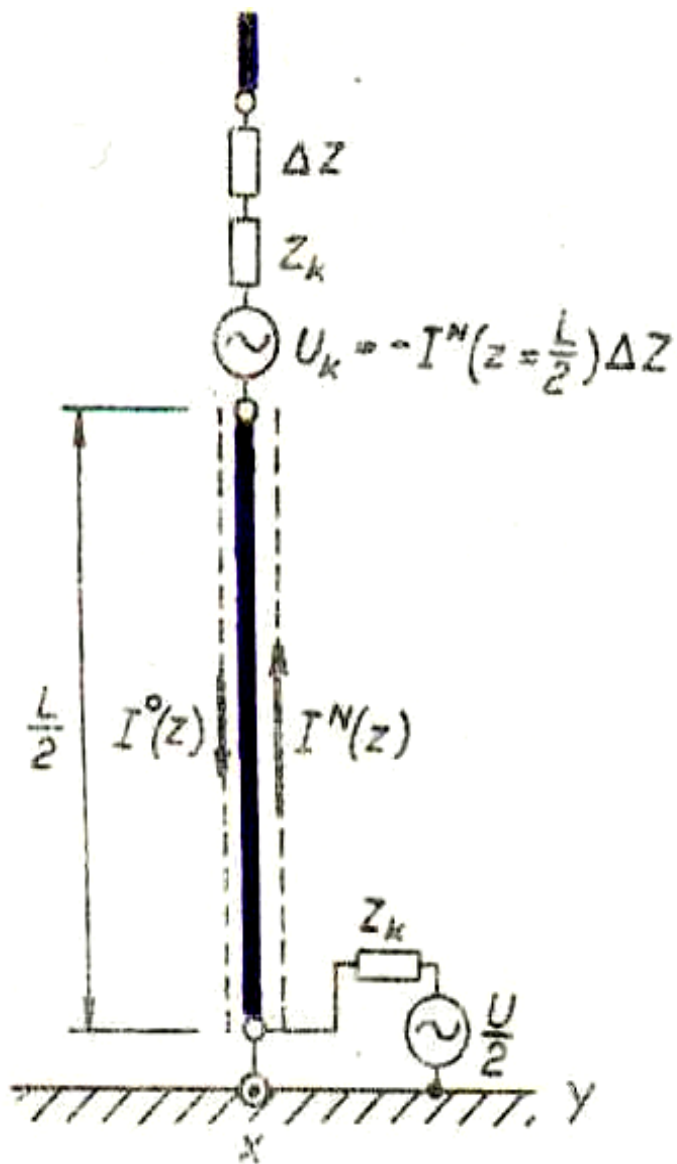
# Porazdelitev toka na dolgem vodniku



V  
o  
d  
n  
ik neomejene  
dolžine in spremenljive  
karakteristične impedance

Prilagojen vodnik omejene  
dolžine  $L/2$  in spremenljive  
karakteristične impedance

# Porazdelitev toka na kratkem vodniku <sup>14</sup>



Kompensacijski generator odbitega vala:

$$\text{Napetost: } U_k = -I^N(L/2)\Delta Z$$

$$\text{Notranja impedanca: } Z = Z_k + \Delta Z$$

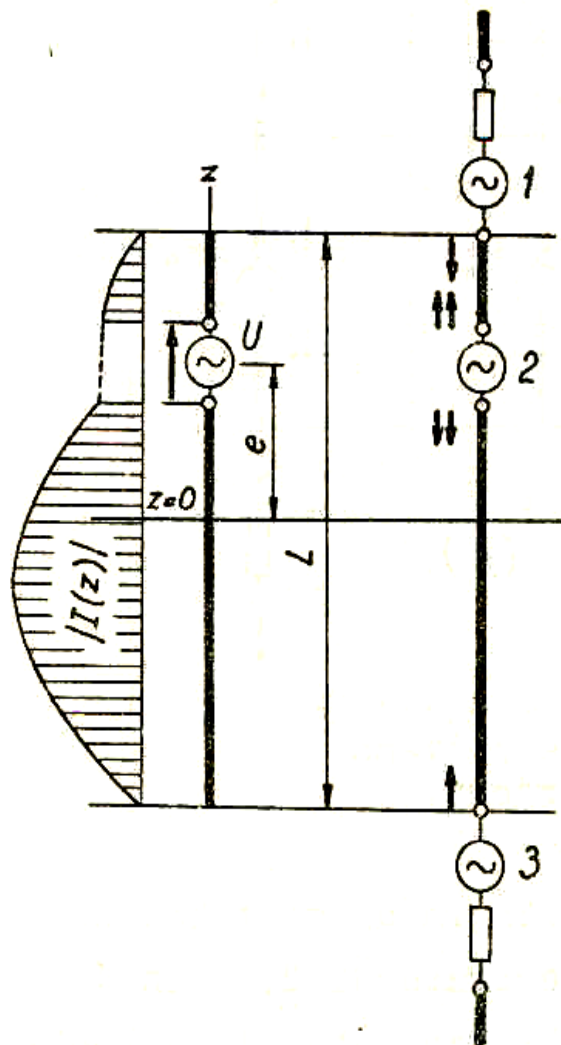
Odbiti tok:

$$\begin{aligned} I^o(z) &= -I^N\left(\frac{L}{2}\right) \frac{\Delta Z}{2Z_k + \Delta Z} e^{-j\beta\left(\frac{L}{2} - z\right)} = \\ &= -I^N(0) \frac{\Delta Z}{2Z_k + \Delta Z} e^{-j\beta(L-z)} = \\ &= -I^N(0) \Gamma_b e^{-j\beta(L-z)} \end{aligned}$$

Skupni tok (stojni val):

$$\begin{aligned} I(z) &= I^N(z) + I^o(z) = \\ &= I^N(0) e^{-j\beta z} (1 - \Gamma_b e^{-j\beta(L-2z)}) \end{aligned}$$

# Ekscentrično vzbujan dipol



Tokovi na odsekih:

$$I_{12}(z) = A \sin \beta \left( \frac{L}{2} - z \right)$$

$$e \leq z \leq \frac{L}{2}$$

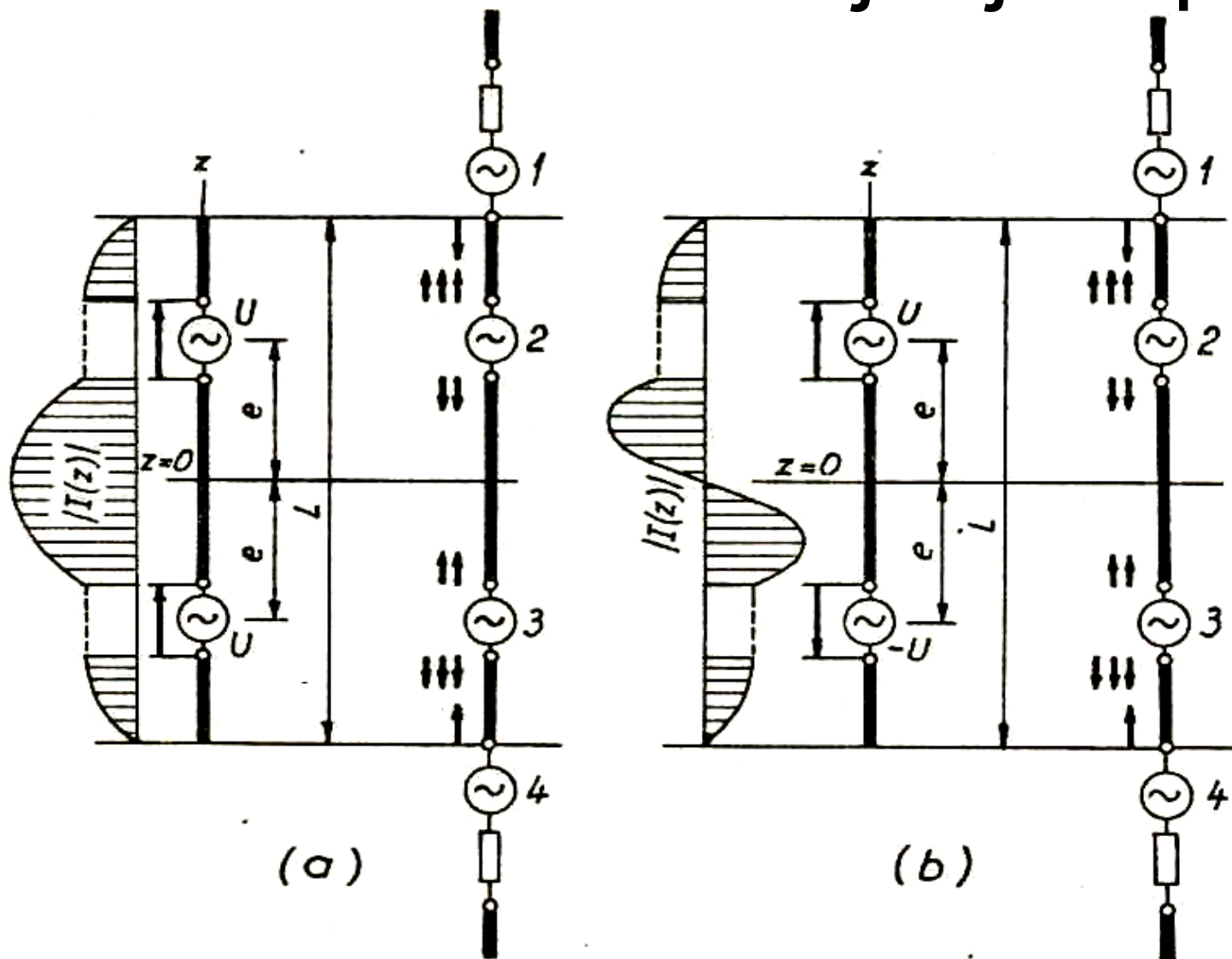
$$I_{23}(z) = B \sin \beta \left( \frac{L}{2} + z \right)$$

$$-\frac{L}{2} \leq z \leq e$$

$$I_{32}(z) = C \sin \beta \left( \frac{L}{2} + e \right) \sin \beta \left( \frac{L}{2} - z \right)$$

$$I_{23}(z) = C \sin \beta \left( \frac{L}{2} - e \right) \sin \beta \left( \frac{L}{2} + z \right)$$

# Sofazno in protifazno ekscentrično vzbujevanje dipola

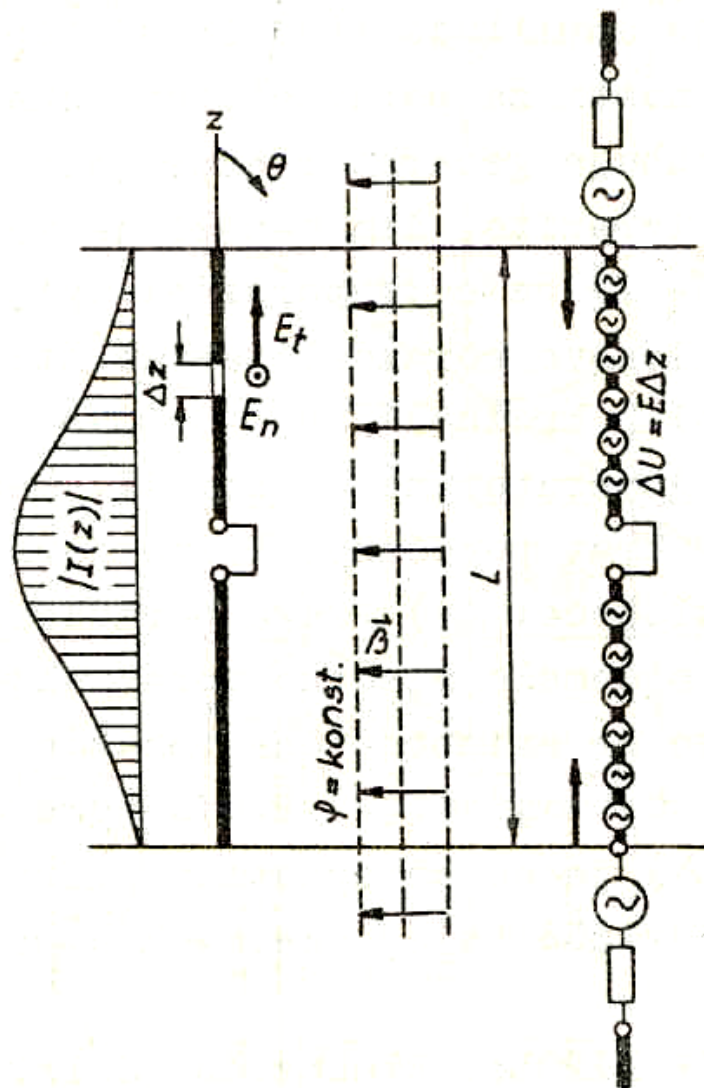




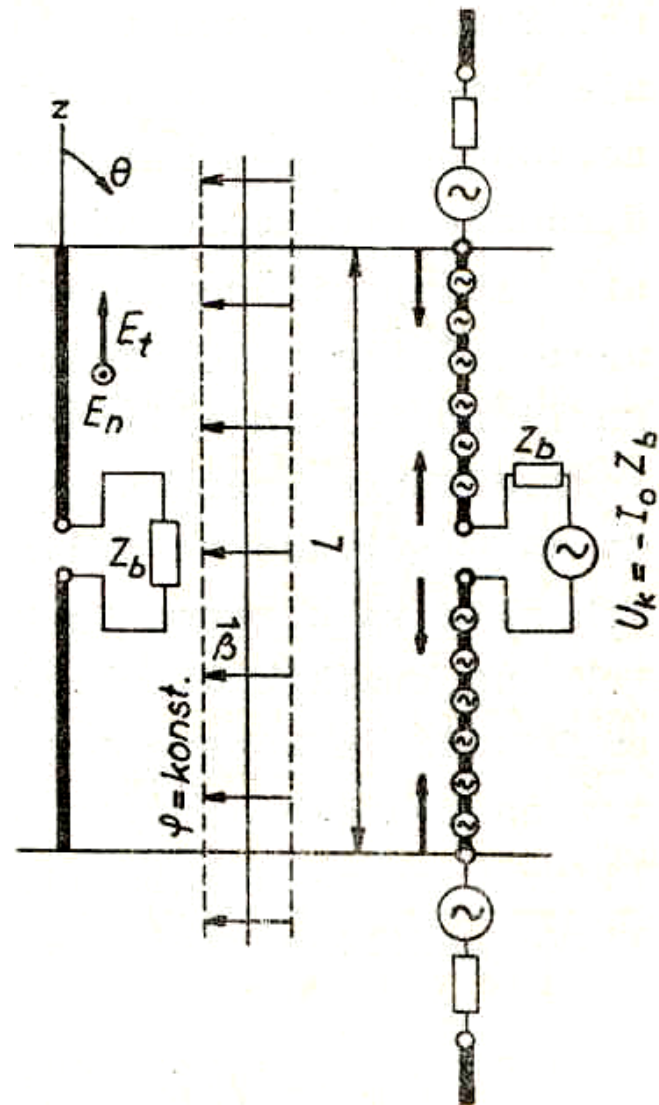
# Porazdelitev toka pri sprejemu

Kratkostaknjen sprejemni dipol, sprejem pod kotom  $90^\circ$

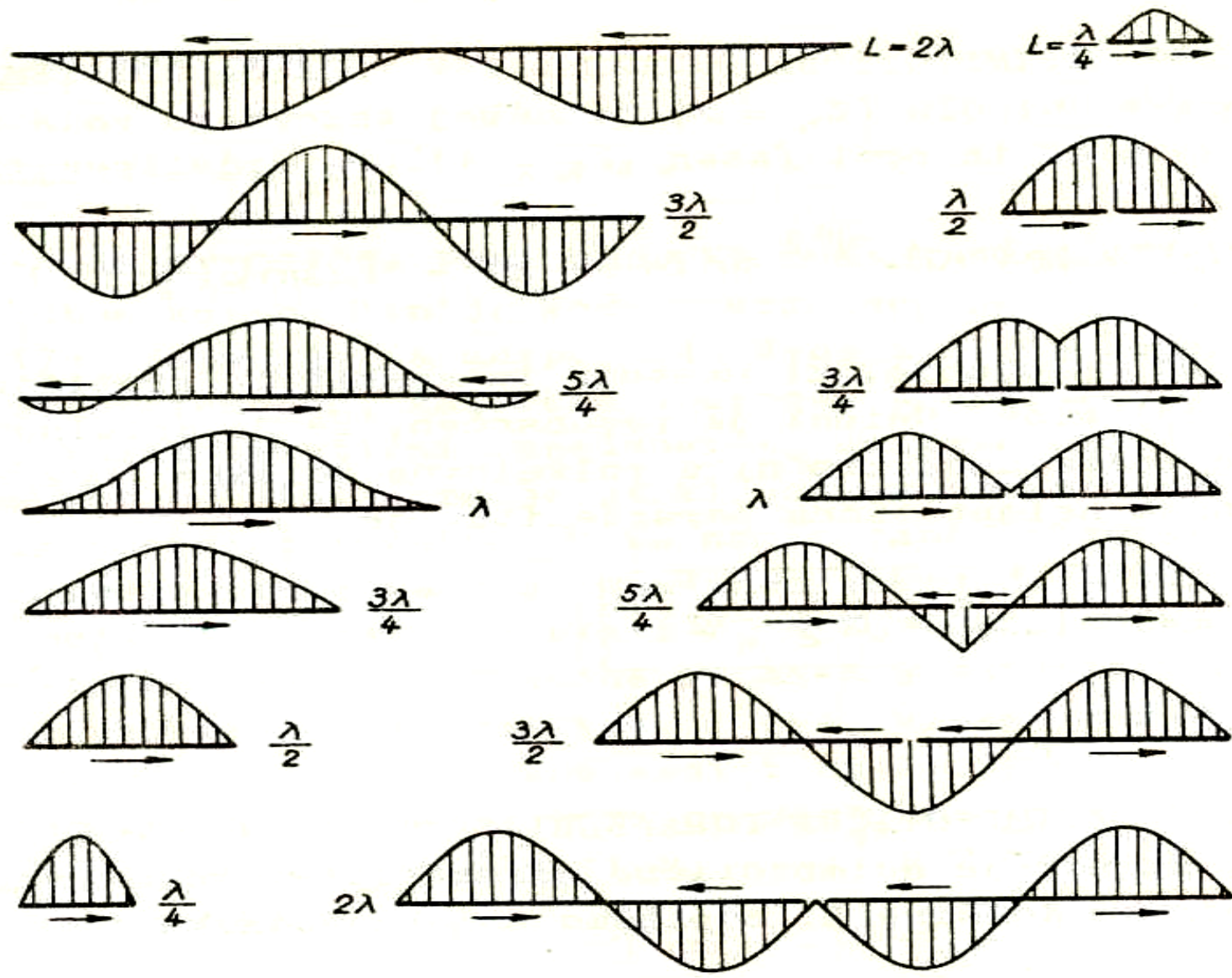
Obremenjen sprejemni dipol, sprejem pod kotom  $90^\circ$



Sprejem pod kotom  $\theta$ :  
 $\Delta U = E \Delta z \sin \theta$



# Porazdelitev toka pri oddaji in sprejemu

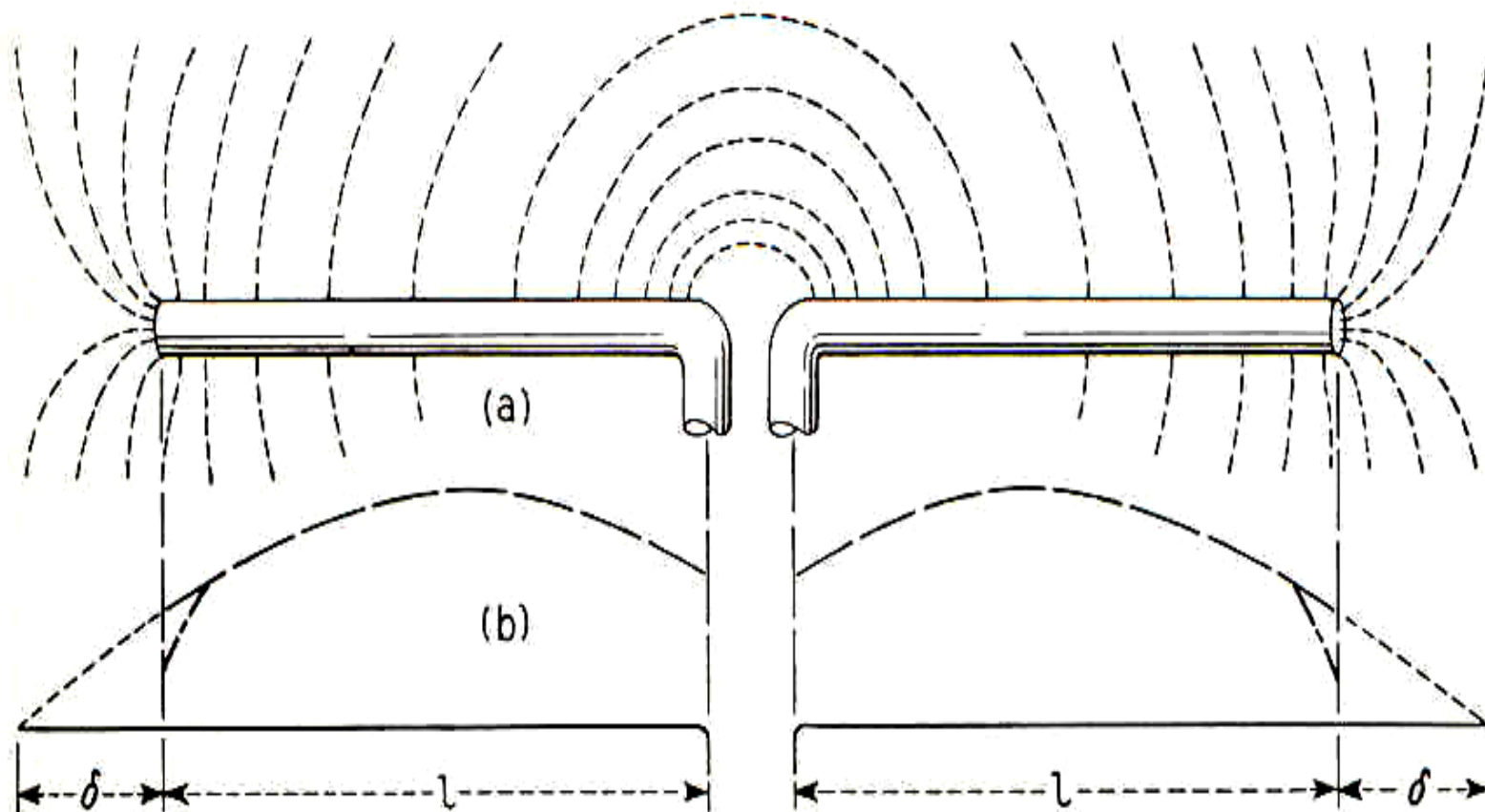


(b) Kratkostaknjeni sprejemni dipoli

(a) Centrično vzbujeni oddajni dipoli

# Končni pojavi na vodnikih dipola

- Silnice  $E$  pravokotne na kovino (pravokotno prebadajo površino vodnikov)
- Silnice  $H$  tangencialne na kovino (ovijajo površino vodnikov po desnem pravilu)



Posledice:

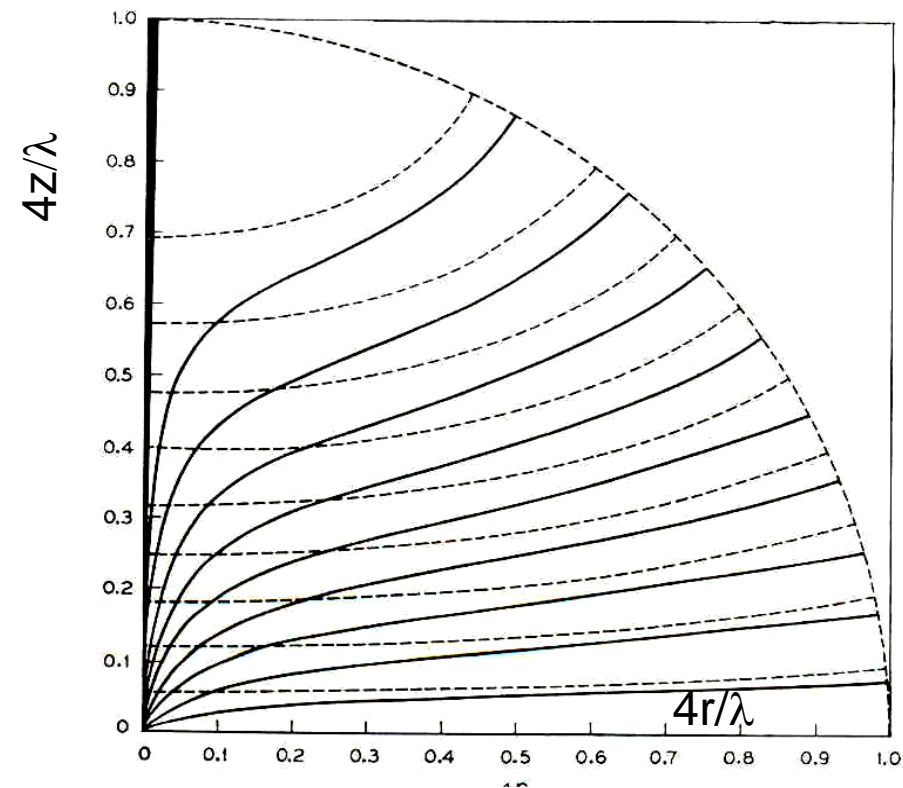
- Kapacitivnost v področju generatorja; Kapacitivnost na krajiščih dipola.
- Poyntingov vektor je vzporeden s kovino, sevana moč ne izhaja iz kovine.
- Kako potem dipol seva?

# Predstavitev iztekanja moči iz področja generatorja – primer koničnega unipola

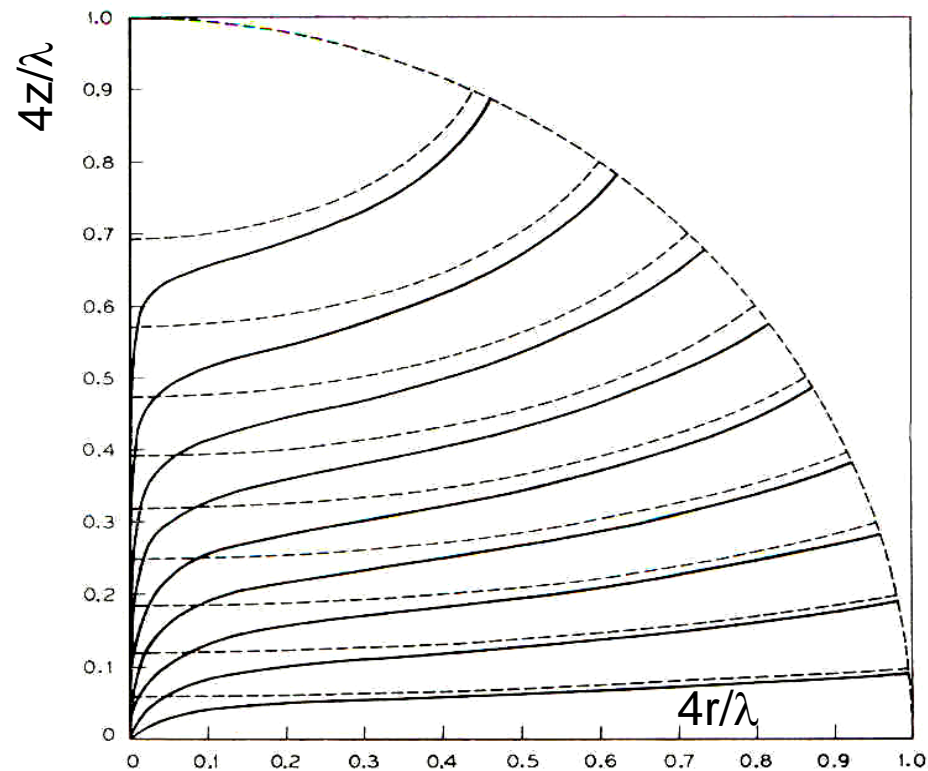
Vektornice sevane moči (Poyntingovega vektorja) iz zgornjega dipolskega kraka polvalovnega koničnega dipola polmera  $a$  (polna črta) in vektornice v limitnem primeru  $a = 0$ .

Tenak konični unipol  $\lambda/2$

Zelo tenak konični unipol  $\lambda/2$

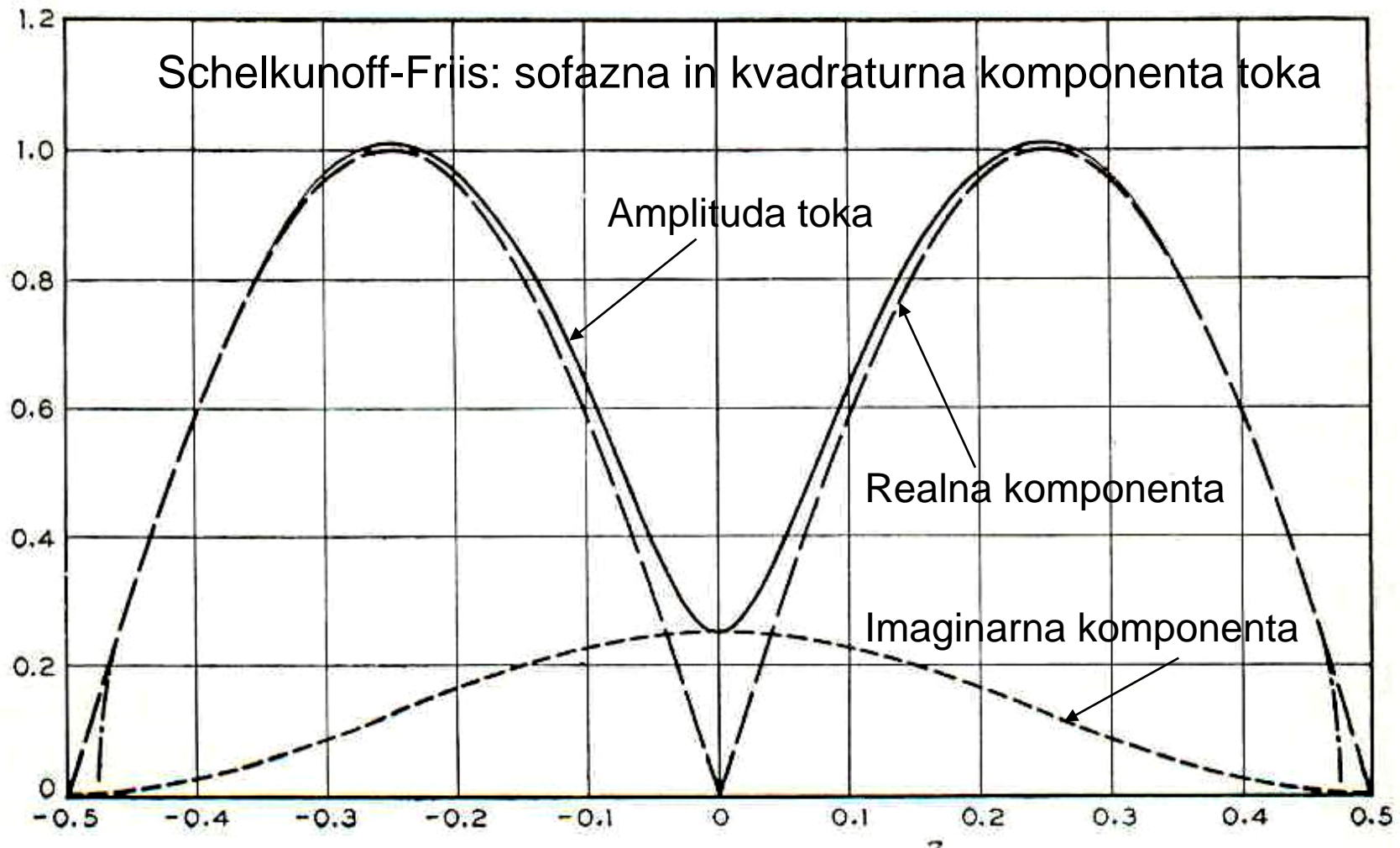


Primer  $L/2a = \lambda/4a = 74$

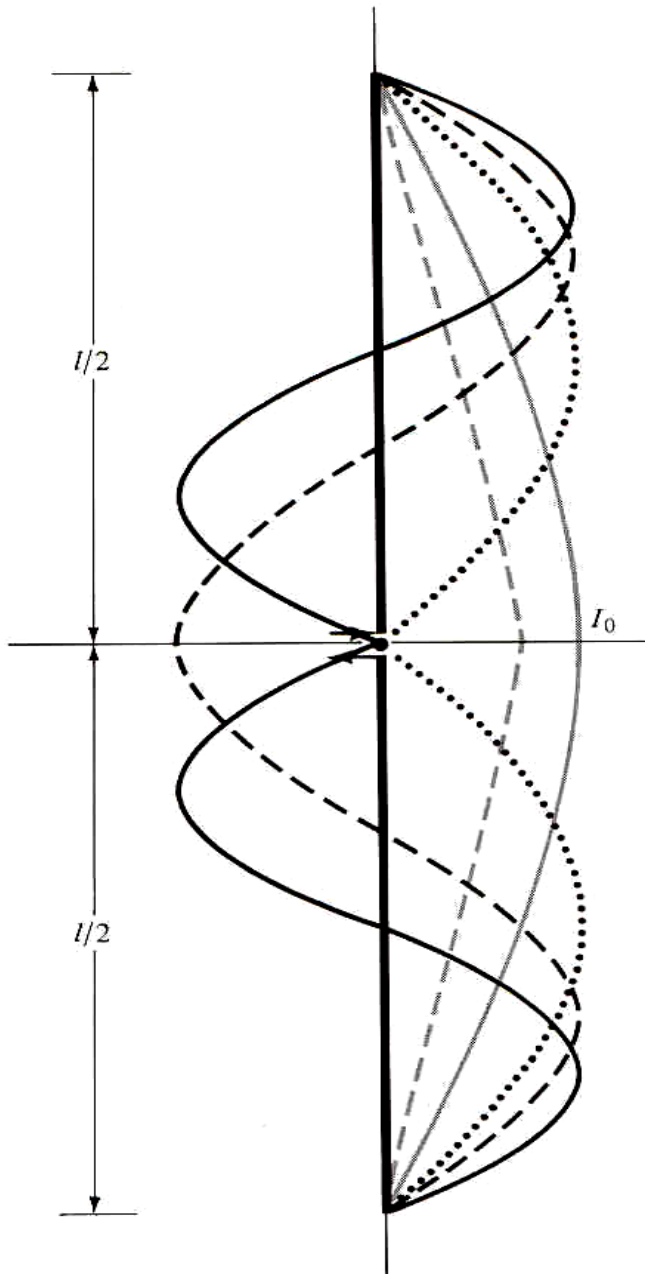


Primer  $L/2a = \lambda/4a = 11.000$

# Porazdelitev realne in imaginarne komponente toka na krakah $\lambda$ dipola



# Sinusna (asimptotična) porazdelitev toka



**Tok:**

$$\mathbf{I}_e(x', y', z') = \begin{cases} \hat{a}_z I_0 \sin \left[ k \left( \frac{l}{2} - z' \right) \right], & 0 \leq z' \leq l/2 \\ \hat{a}_z I_0 \sin \left[ k \left( \frac{l}{2} + z' \right) \right], & -l/2 \leq z' \leq 0 \end{cases}$$

**Polje:**

$$E_\theta = \int_{-l/2}^{+l/2} dE_\theta = j\eta \frac{ke^{-jkr}}{4\pi r} \sin \theta \left[ \int_{-l/2}^{+l/2} I_e(x', y', z') e^{jkz' \cos \theta} dz' \right]$$

$$E_\theta \simeq j\eta \frac{kI_0 e^{-jkr}}{4\pi r} \sin \theta \left[ \int_{-l/2}^0 \sin \left[ k \left( \frac{l}{2} + z' \right) \right] e^{+jkz' \cos \theta} dz' + \int_0^{+l/2} \sin \left[ k \left( \frac{l}{2} - z' \right) \right] e^{+jkz' \cos \theta} dz' \right]$$

- $l = \lambda/4$
- $l = \lambda/2$
- .....  $l = \lambda$
- . - . -  $l = 3\lambda/2$
- $l = 2\lambda$

# Funkcija tokovne porazdelitve

- Dipol dolžine  $L$ :

$$\mathbf{I}_e(x', y', z') = \begin{cases} \hat{a}_z \left\{ I_0 \sin \left[ k \left( \frac{L}{2} - z' \right) \right] + jp I_0 \left[ \cos(kz') - \cos \left( \frac{k}{2} L \right) \right] \right\}, & 0 \leq z' \leq l/2 \\ \hat{a}_z \left\{ I_0 \sin \left[ k \left( \frac{L}{2} + z' \right) \right] + jp I_0 \left[ \cos(kz') - \cos \left( \frac{k}{2} L \right) \right] \right\}, & -L/2 \leq z' \leq 0 \end{cases}$$

- Dipol dolžine  $L = \lambda/2$ :

$$\mathbf{I}_e(x', y', z') = \hat{a}_z I_0 (1 + jp) \cos(kz') \quad 0 \leq |z'| \leq \lambda/4$$

- Dipol dolžine  $L = \lambda$ :

$$\mathbf{I}_e(x', y', z') = \begin{cases} \hat{a}_z I_0 \{ \sin(kz') + jp [1 + \cos(kz')] \} & 0 \leq z' \leq \lambda/2 \\ \hat{a}_z I_0 \{ -\sin(kz') + jp [1 + \cos(kz')] \} & -\lambda/2 < z' < 0 \end{cases}$$

# Sevano polje in gostota moči

Sinusna porazdelitev toka, dolžina dipola  $L$

Električno polje:

$$E_{\theta} \simeq j\eta \frac{I_0 e^{-jkr}}{2\pi r} \left[ \frac{\cos\left(\frac{kL}{2} \cos\theta\right) - \cos\left(\frac{kL}{2}\right)}{\sin\theta} \right]$$

Magnetno polje:

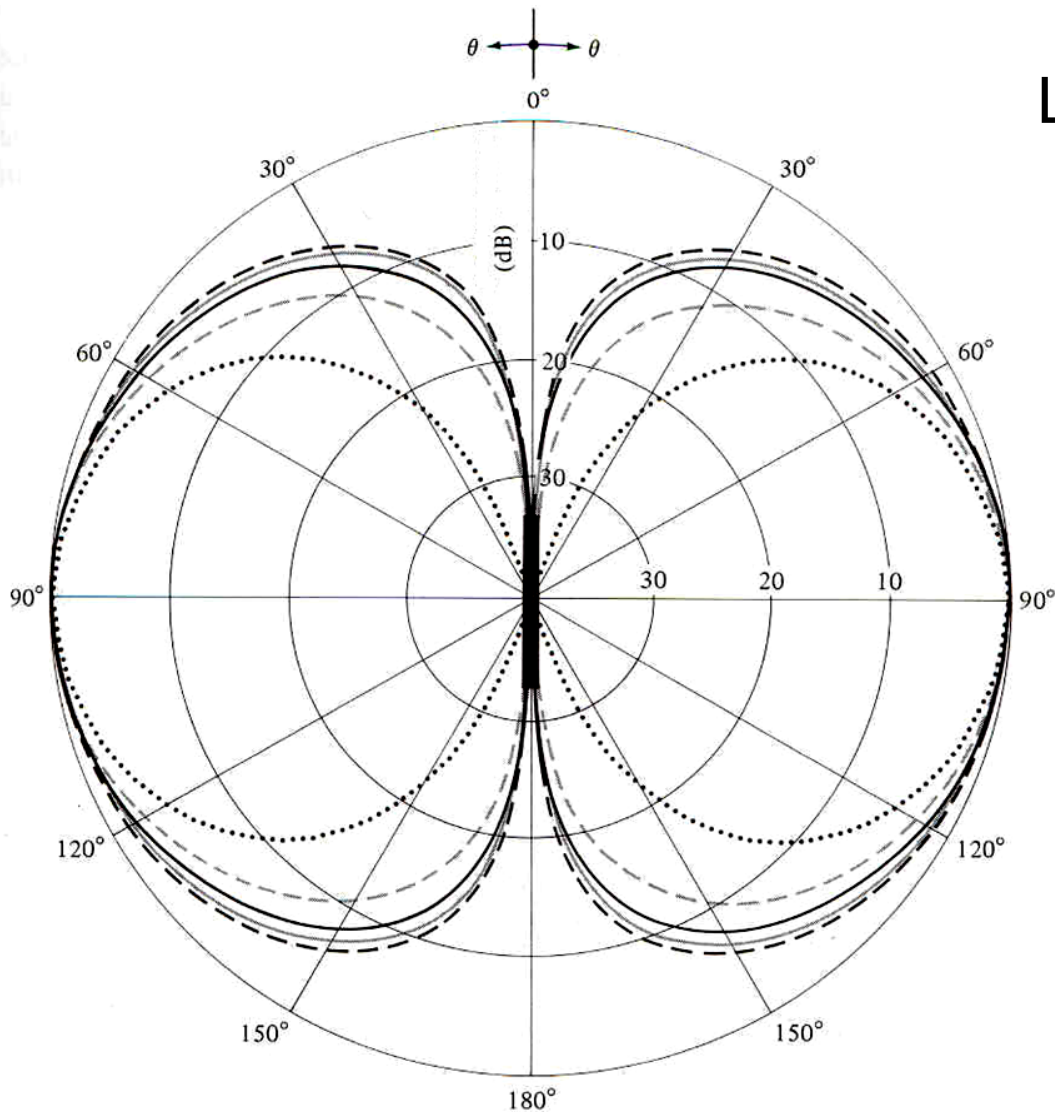
$$H_{\phi} \simeq \frac{E_{\theta}}{\eta} \simeq j \frac{I_0 e^{-jkr}}{2\pi r} \left[ \frac{\cos\left(\frac{kL}{2} \cos\theta\right) - \cos\left(\frac{kL}{2}\right)}{\sin\theta} \right]$$

Sevalna jakost:

$$U = r^2 W_{\text{av}} = \eta \frac{|I_0|^2}{8\pi^2} \left[ \frac{\cos\left(\frac{kL}{2} \cos\theta\right) - \cos\left(\frac{kL}{2}\right)}{\sin\theta} \right]^2$$



# Smerni diagram



$L = 2l$ , celotna dolžina dipola

$$L \ll \lambda \quad 3\text{-dB} = 90^\circ$$

$$L = \lambda/4 \quad 3\text{-dB} = 87^\circ$$

$$L = \lambda/2 \quad 3\text{-dB} = 78^\circ$$

$$L = 3\lambda/4 \quad 3\text{-dB} = 64^\circ$$

$$L = \lambda \quad 3\text{-dB} = 47.8^\circ$$

-----  $L \ll \lambda$

.....  $L = \lambda/4$

—————  $L = \lambda/2$

- · - · - · -  $L = 3\lambda/4$

.....  $L = \lambda$

# Sevana moč in sevalna upornost

mali  $l$  je dolžina dipola

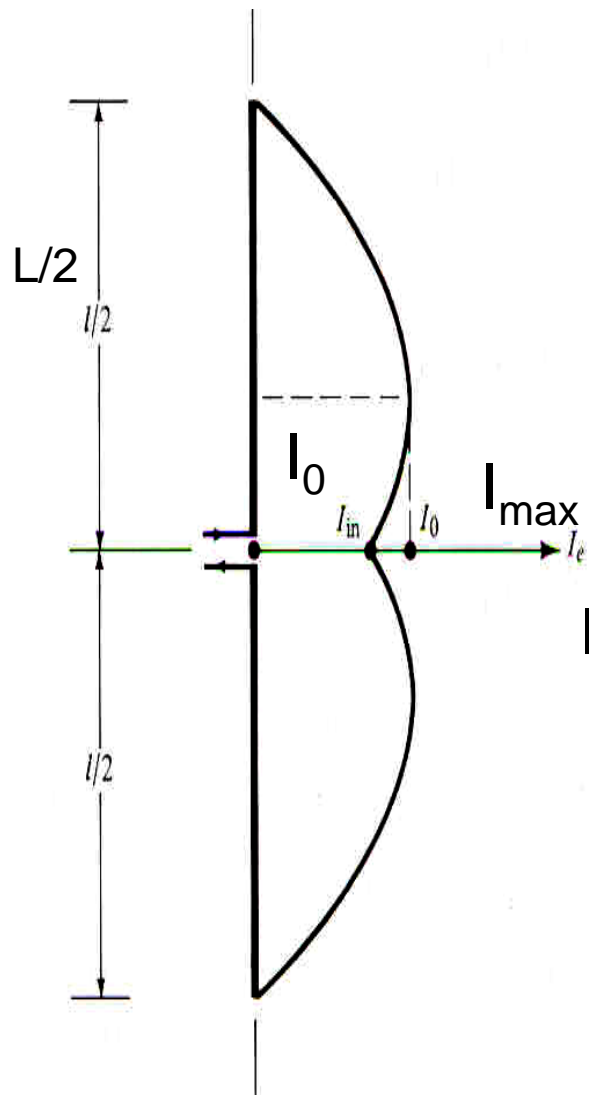
$$P_{\text{rad}} = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi W_{\text{av}} r^2 \sin \theta d\theta d\phi$$

$$= \eta \frac{|I_0|^2}{4\pi} \int_0^\pi \frac{\left[ \cos\left(\frac{kl}{2} \cos \theta\right) - \cos\left(\frac{kl}{2}\right) \right]^2}{\sin \theta} d\theta$$

$$P_{\text{rad}} = \eta \frac{|I_0|^2}{4\pi} \left\{ C + \ln(kl) - C_i(kl) + \frac{1}{2} \sin(kl) [S_i(2kl) - 2S_i(kl)] \right. \\ \left. + \frac{1}{2} \cos(kl) [C + \ln(kl/2) + C_i(2kl) - 2C_i(kl)] \right\} \quad ($$

$$R_r = \frac{2P_{\text{rad}}}{|I_0|^2} = \frac{\eta}{2\pi} \left\{ C + \ln(kl) - C_i(kl) + \frac{1}{2} \sin(kl) \right. \\ \times [S_i(2kl) - 2S_i(kl)] + \frac{1}{2} \cos(kl) \\ \left. \times [C + \ln(kl/2) + C_i(2kl) - 2C_i(kl)] \right\}$$

# Sevalna in vhodna upornost

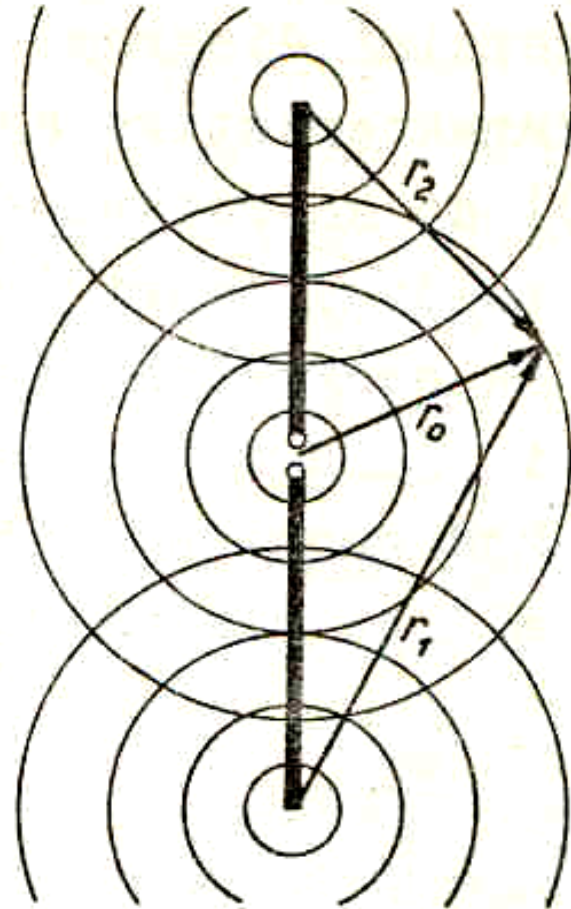
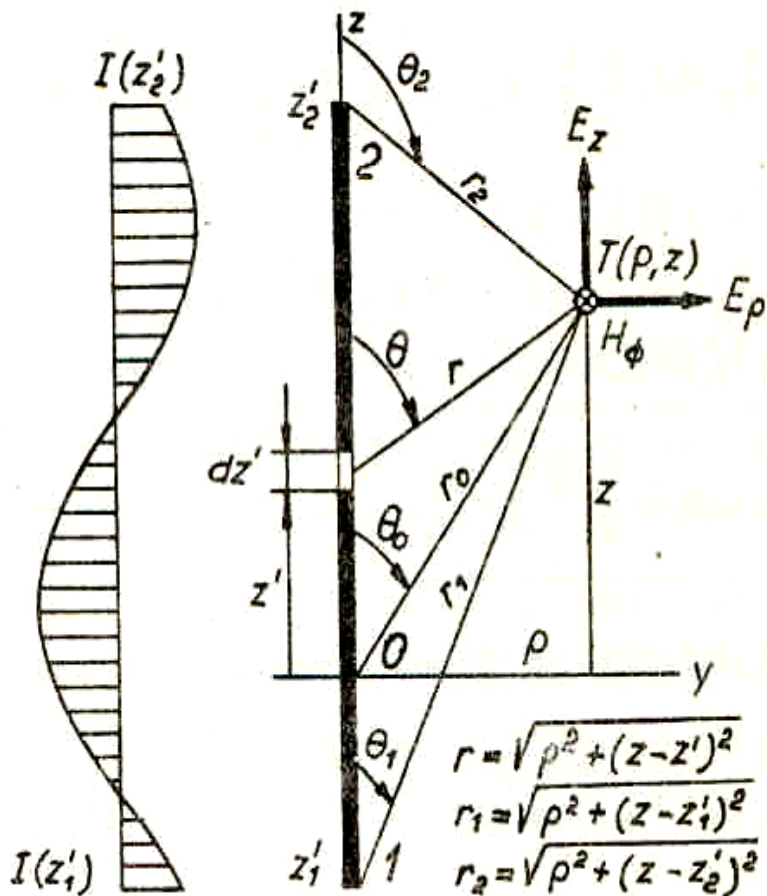


SI 7.5 ,  
154

# Bližnje polje dipola 1/2

Sinusna porazdelitev toka  
(izhodiščna predpostavka)

Navidezno izhajališče polja  
iz krajišč in središča dipola



Metoda: Računanje poljas pomočjo vektorskega potenciala in Maxwellovih enačb. Edina aproksimacija je sinusna (asimptotična) porazdelitev toka na dolžini antene.

# Bližnje polje dipola 2/2

Vzporedna komponenta električnega polja:

$$E_z = -j \frac{\eta I_M}{4\pi} \left( \frac{e^{-j\beta r_1}}{r_1} + \frac{e^{-j\beta r_2}}{r_2} - 2 \cos \beta \frac{L}{2} \frac{e^{-j\beta r_0}}{r_0} \right).$$

Električna radialna in magnetna azimutna komponenta sta

$$E_\rho = j \frac{\eta I_M}{4\pi \rho} \left( \cos \theta_1 e^{-j\beta r_1} + \cos \theta_2 e^{-j\beta r_2} - 2 \cos \beta \frac{L}{2} \cos \theta_0 e^{-j\beta r_0} \right),$$

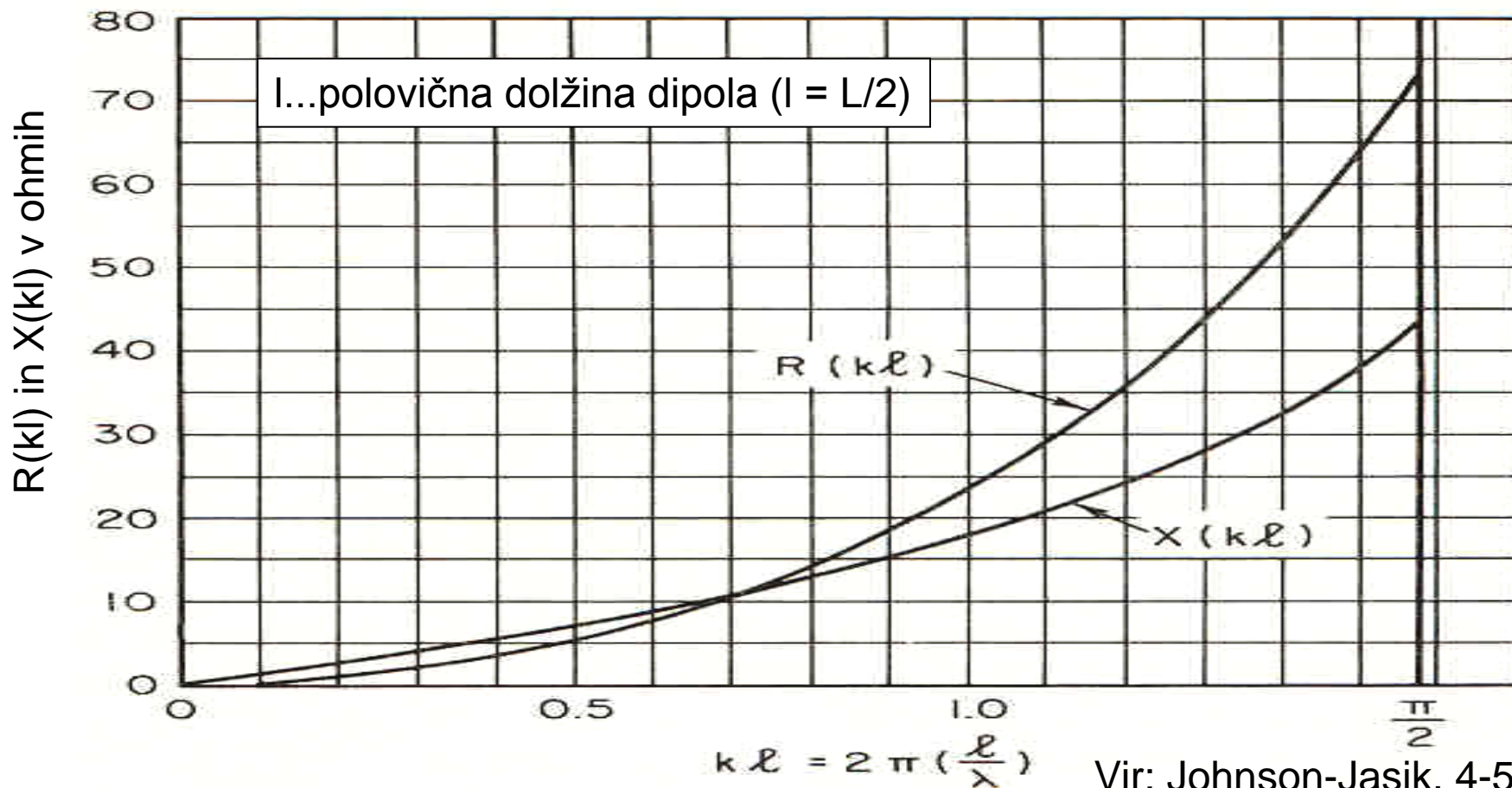
$$H_\phi = j \frac{I_M}{4\pi \rho} \left( e^{-j\beta r_1} + e^{-j\beta r_2} - 2 \cos \beta \frac{L}{2} e^{-j\beta r_0} \right).$$

Radialna komponenta električnega polja in azimutna komponenta magnetnega polja;

# Impedanca kratkega dipola

Središčno vzbujan valjast dipol dolžine  $L = 2l < \lambda/2$

- $Z = R(kl) - j(120(\ln(l/a) - 1)\text{ctg } kl - X(kl))$ ,  $R(kl)$  in  $X(kl)$  dana na sliki
- Približek za zelo kratek dipol pri  $l \ll \lambda/4$ :  $Z = 20(kl)^2 - j120/kl (\ln(l/a) - 1)$



# Približek resonančne in antiresonančne upornosti $\lambda/2$ in $\lambda$ dipola

- Vhodna Impedanca polvalovnega dipola ( $L = \lambda/2 + \Delta L$ )

$$Z = \left(73,2 - \frac{5400}{Z_k}\right) + 400 \frac{\Delta L}{\lambda} + j\left(42,5 - \frac{9700}{Z_k}\right) + j\pi Z_k \left(1 - \frac{400}{\pi Z_k}\right) \frac{\Delta L}{\lambda}. \quad Z_k = 120 \ln \frac{L}{a}$$

- Resonančna dolžina:  $L_r = \frac{\lambda}{2} \left(1 - \frac{27}{Z_k} + \frac{2300}{Z_k^2}\right).$

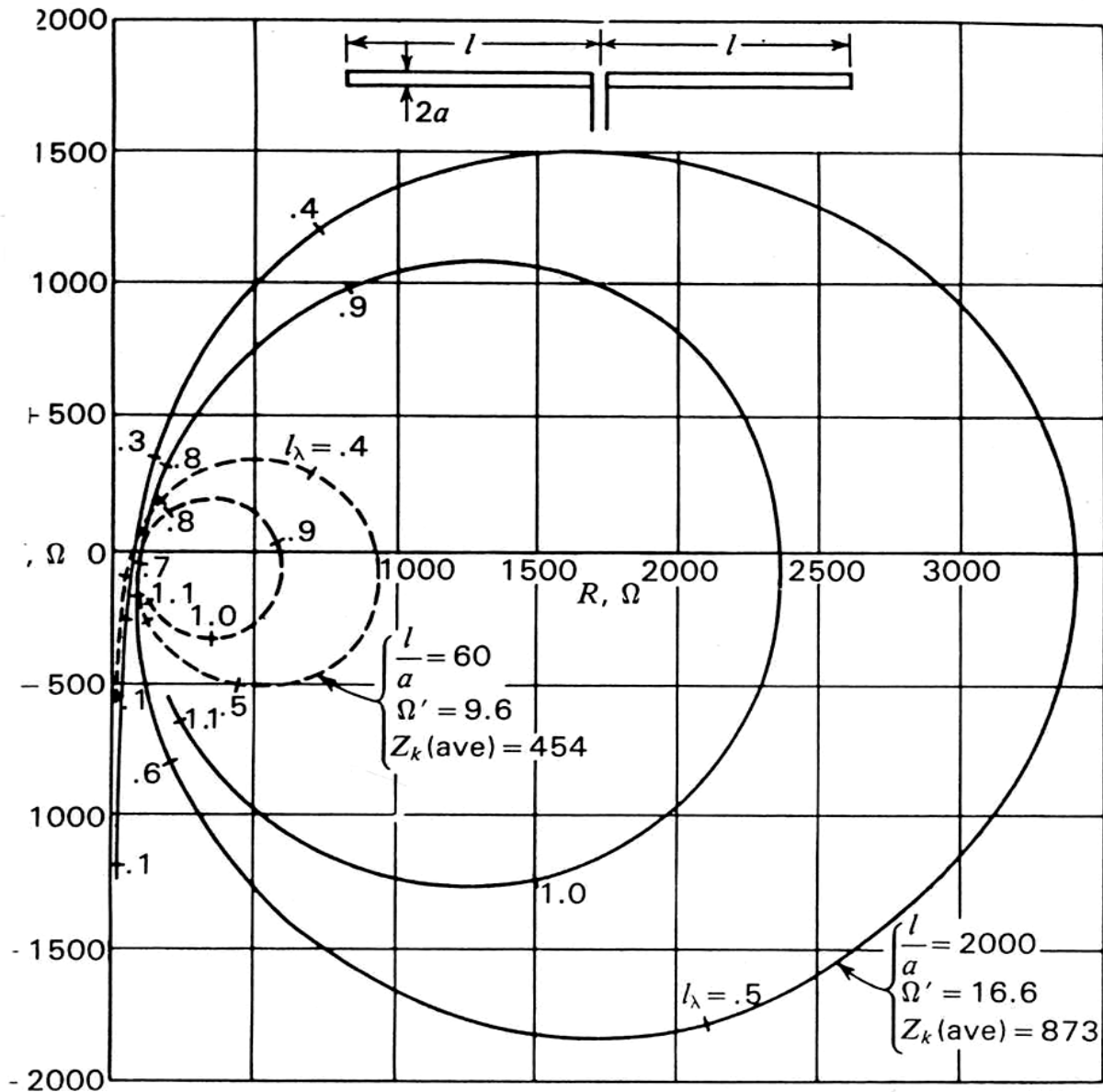
- Vhodna admitanca enovalovnega dipola ( $L = \lambda + \Delta L$ )

$$Y = \frac{1}{Z_0^2} \left(196,6 + j124,6 + jZ_k \pi \frac{\Delta L}{L}\right), \quad Z_0 = Z_k - 120 \ln 2.$$

- Antiresonančna dolžina:  $L_a = \lambda \left(1 - \frac{40}{Z_k}\right).$

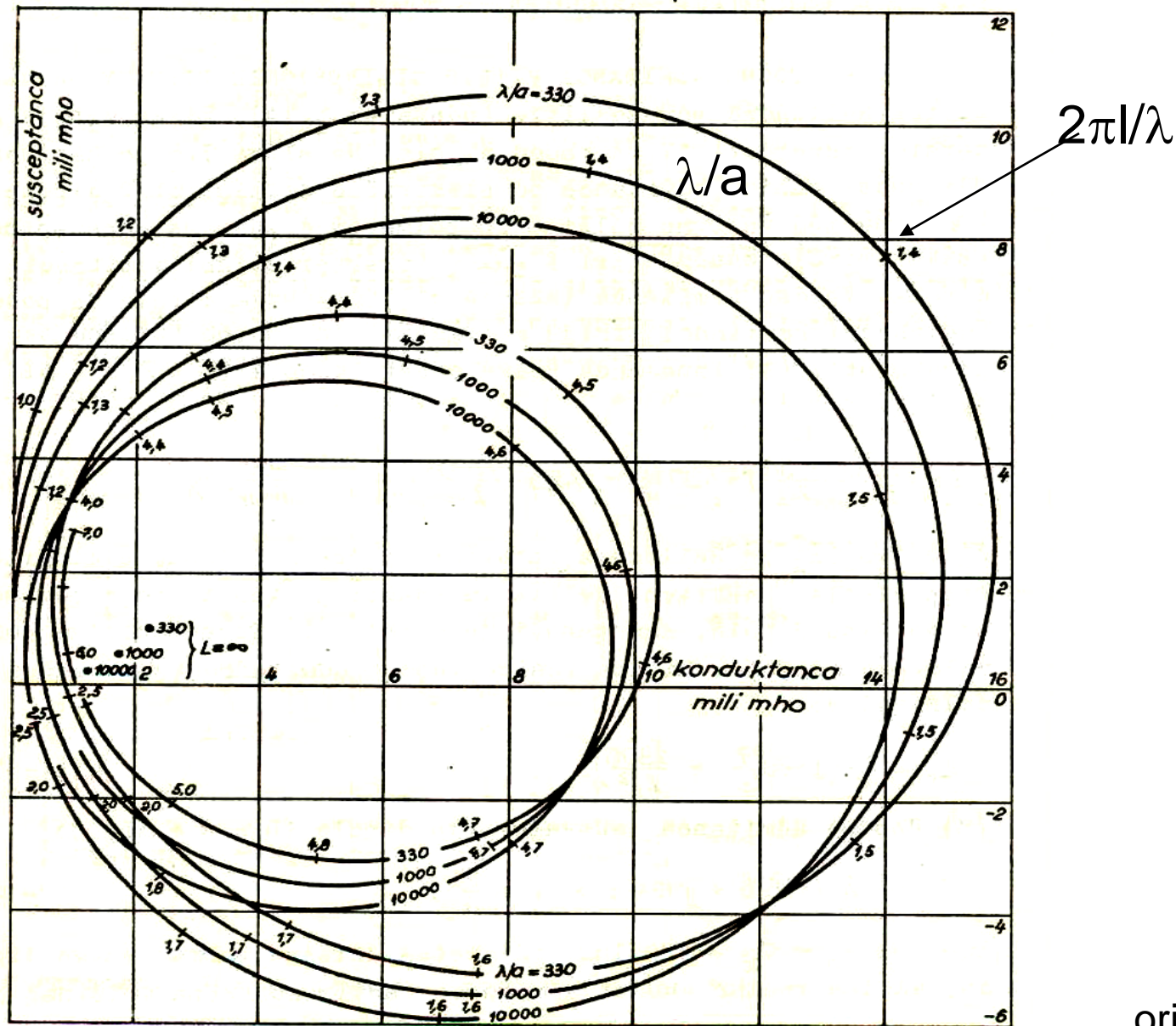
x

# Vhodna impedanca dipola (Hallen)



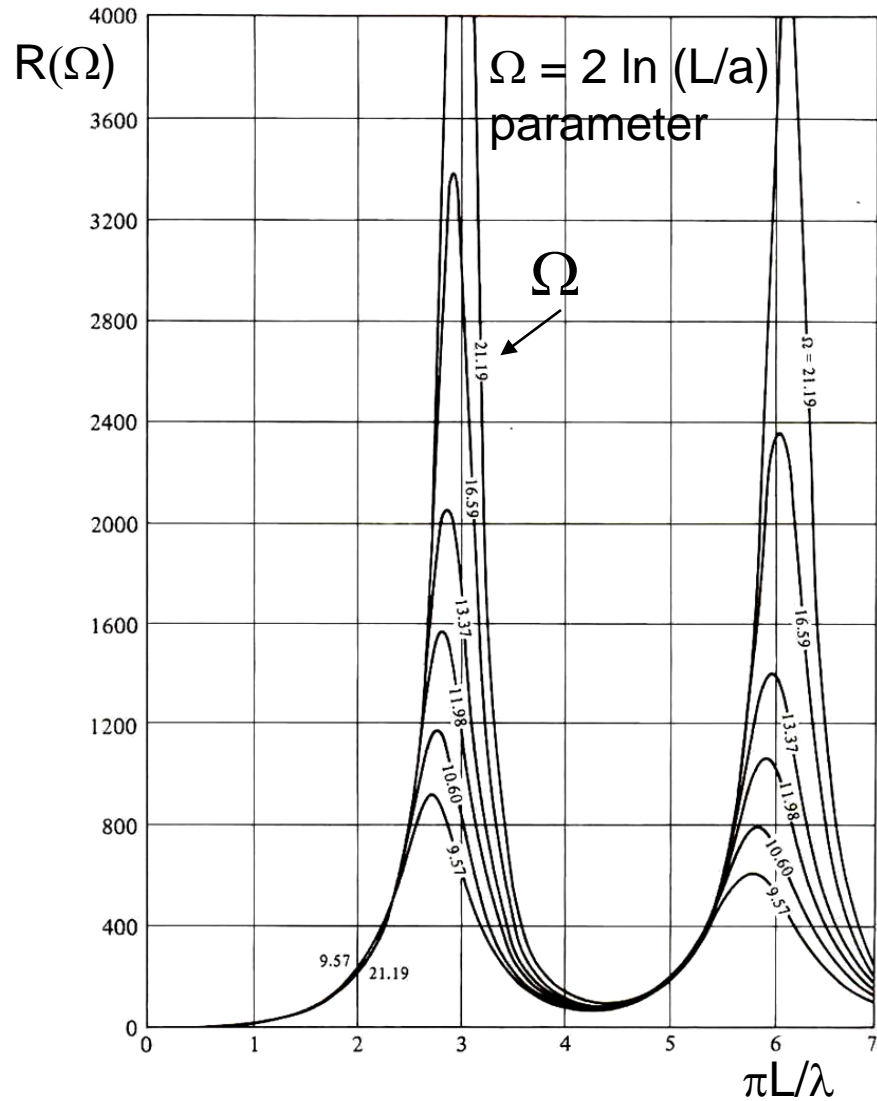


# Vhodna admitanca dipola (Hallen)

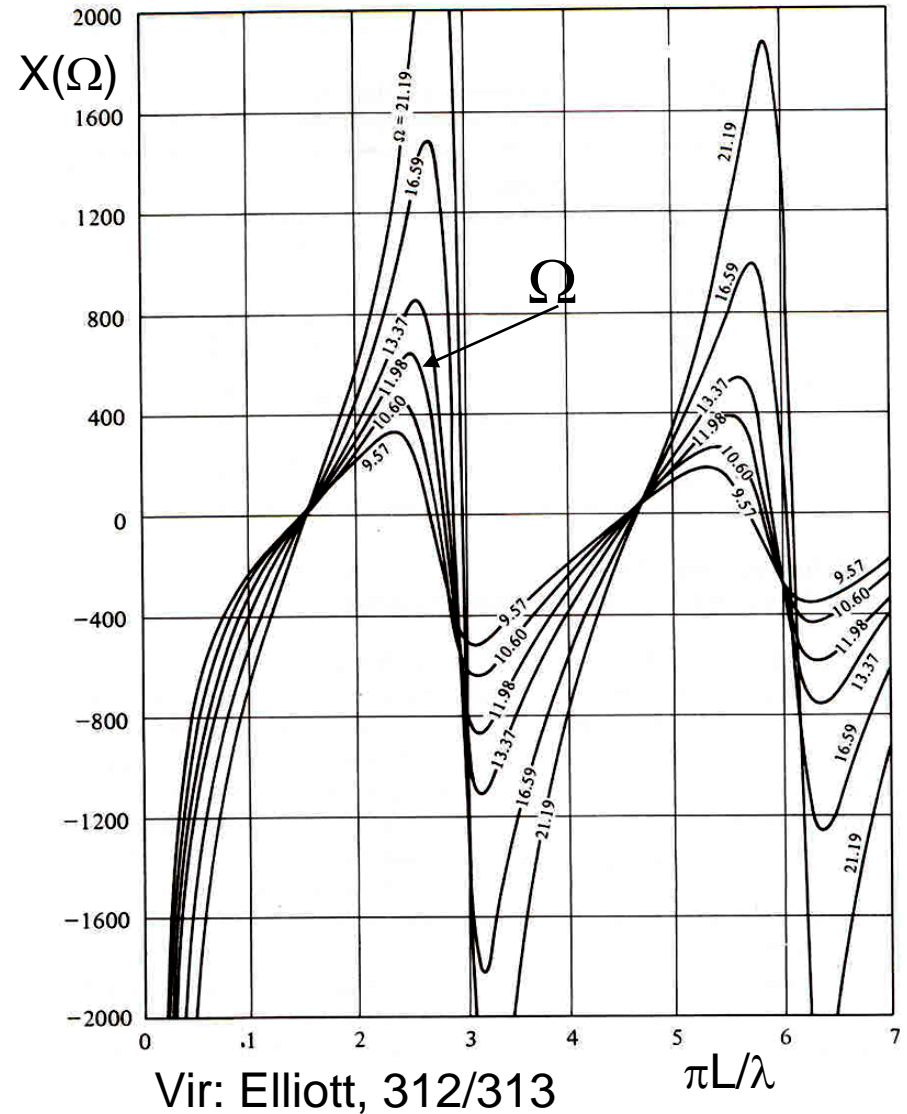


# Impedanca po Hallenu

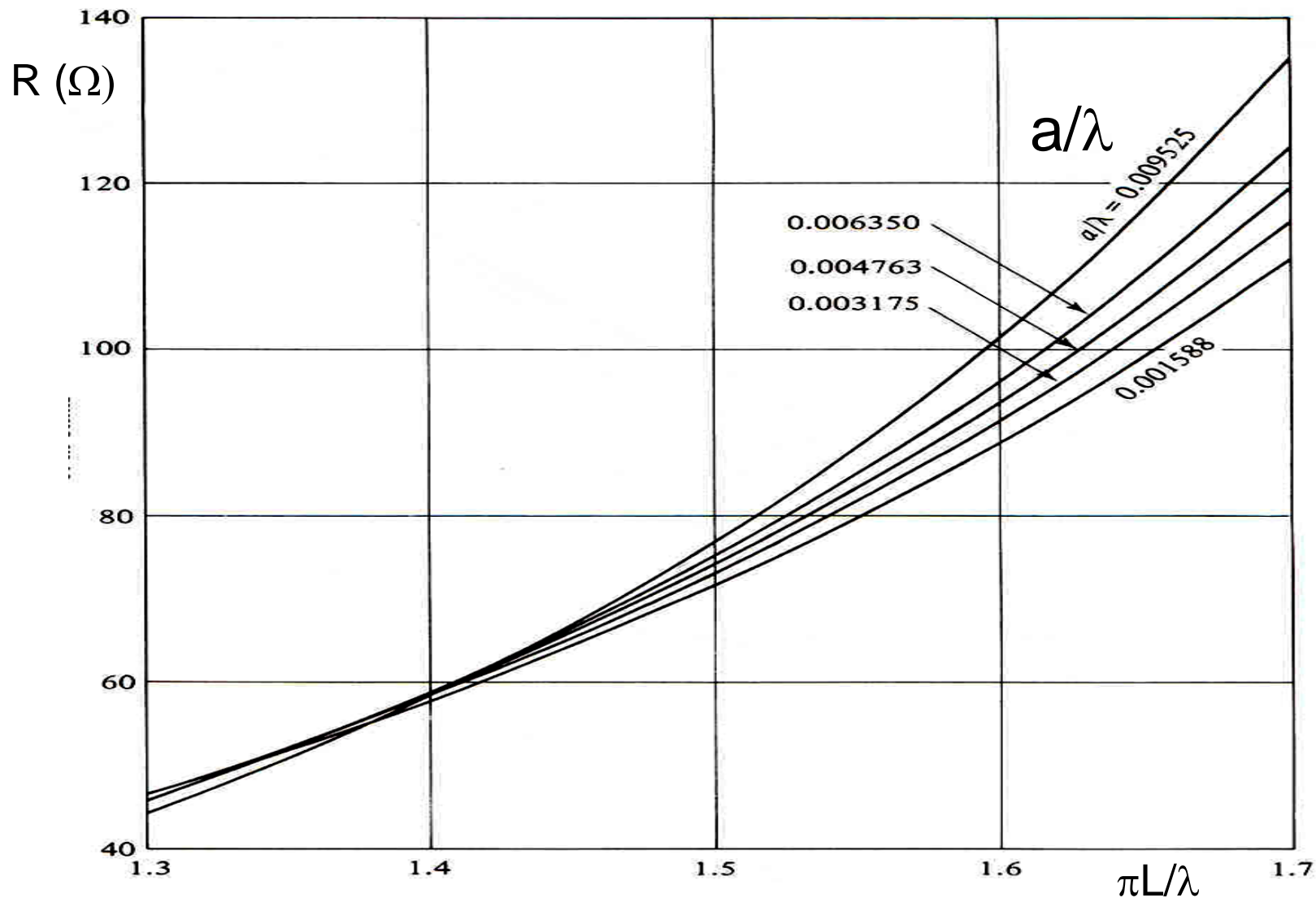
## Vhodna upornost



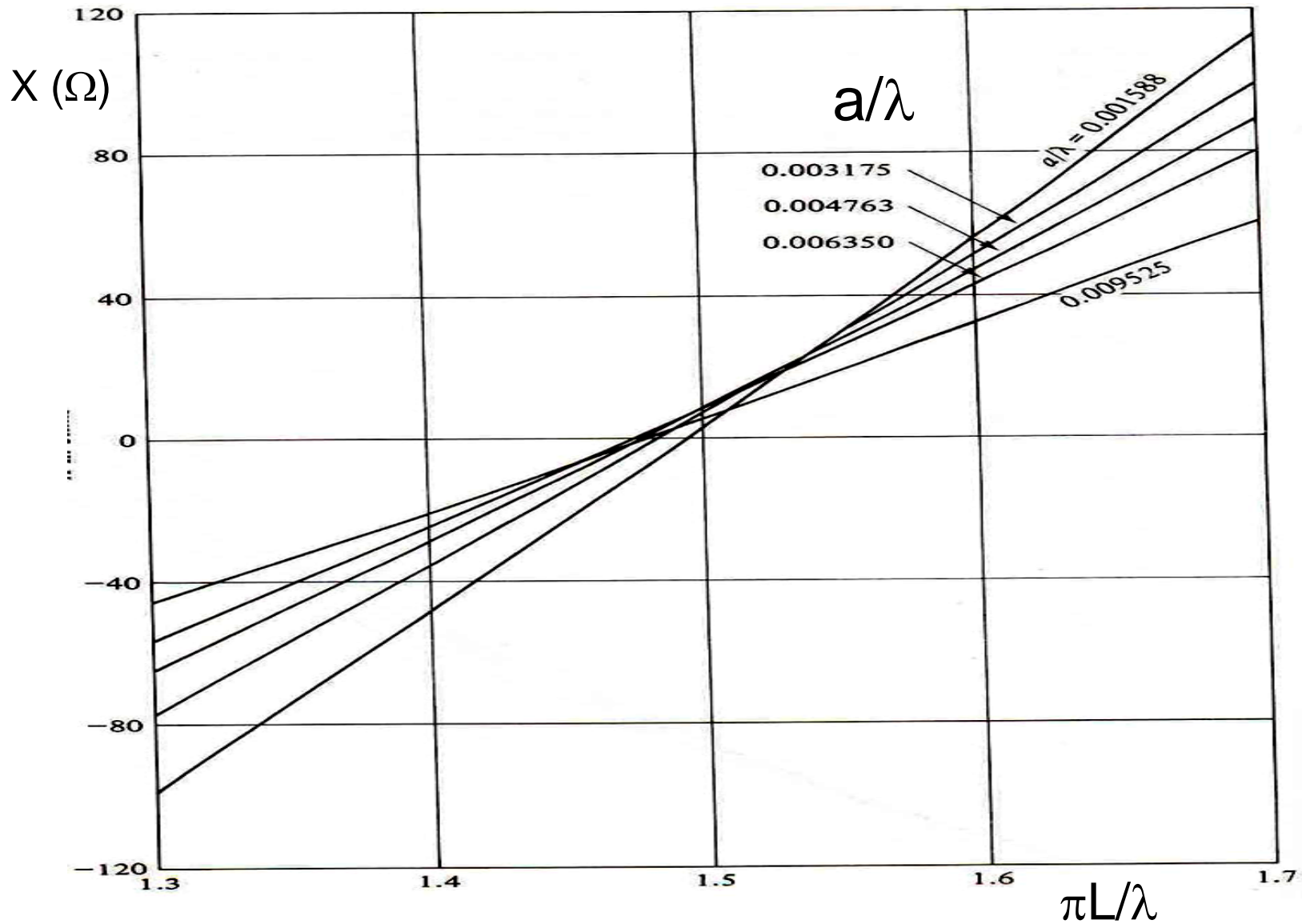
## Vhodna reaktanca



# Rezistanca okoli resonance

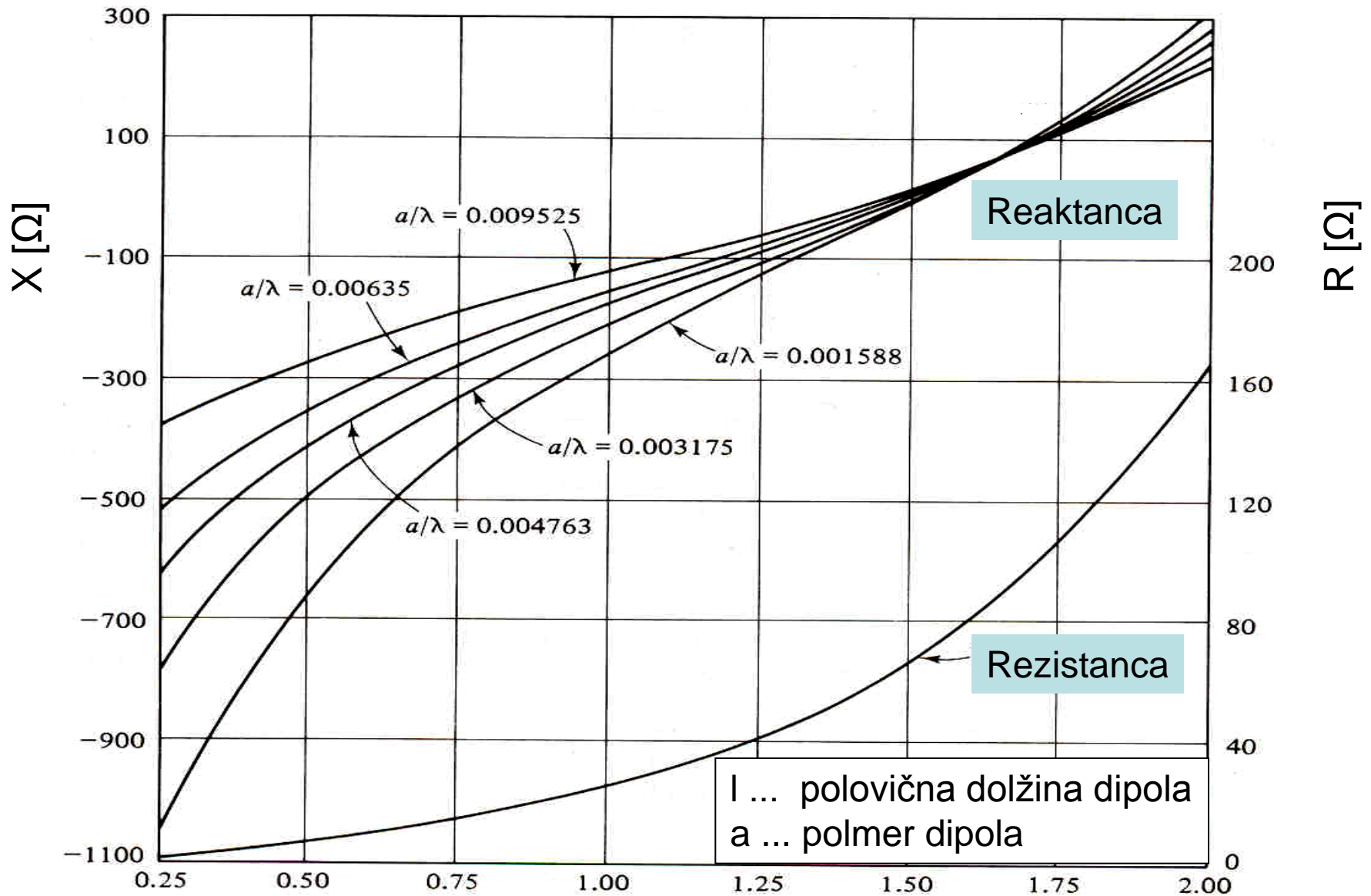


# Reaktanca okoli resonance

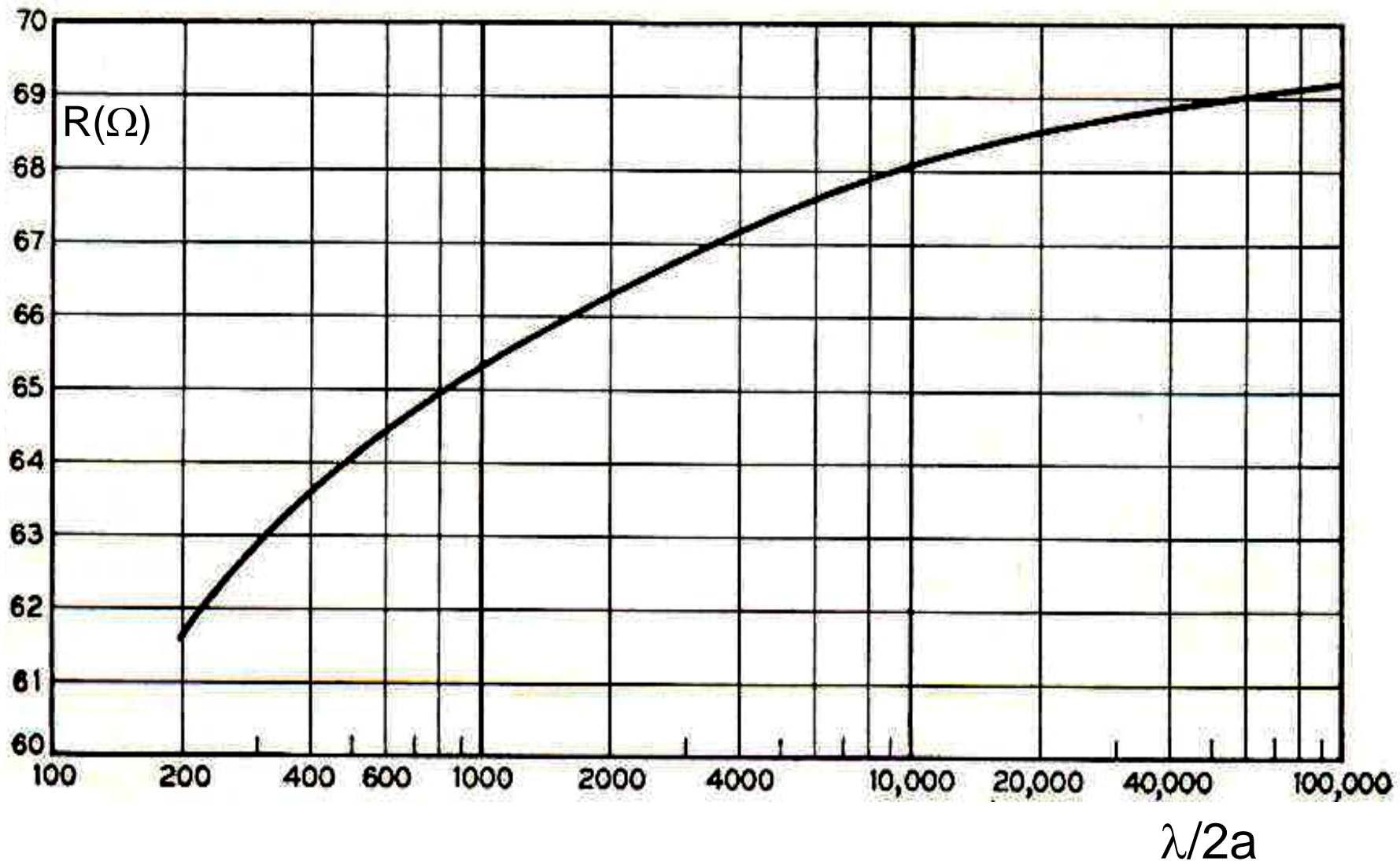


Vir: Elliott, 320

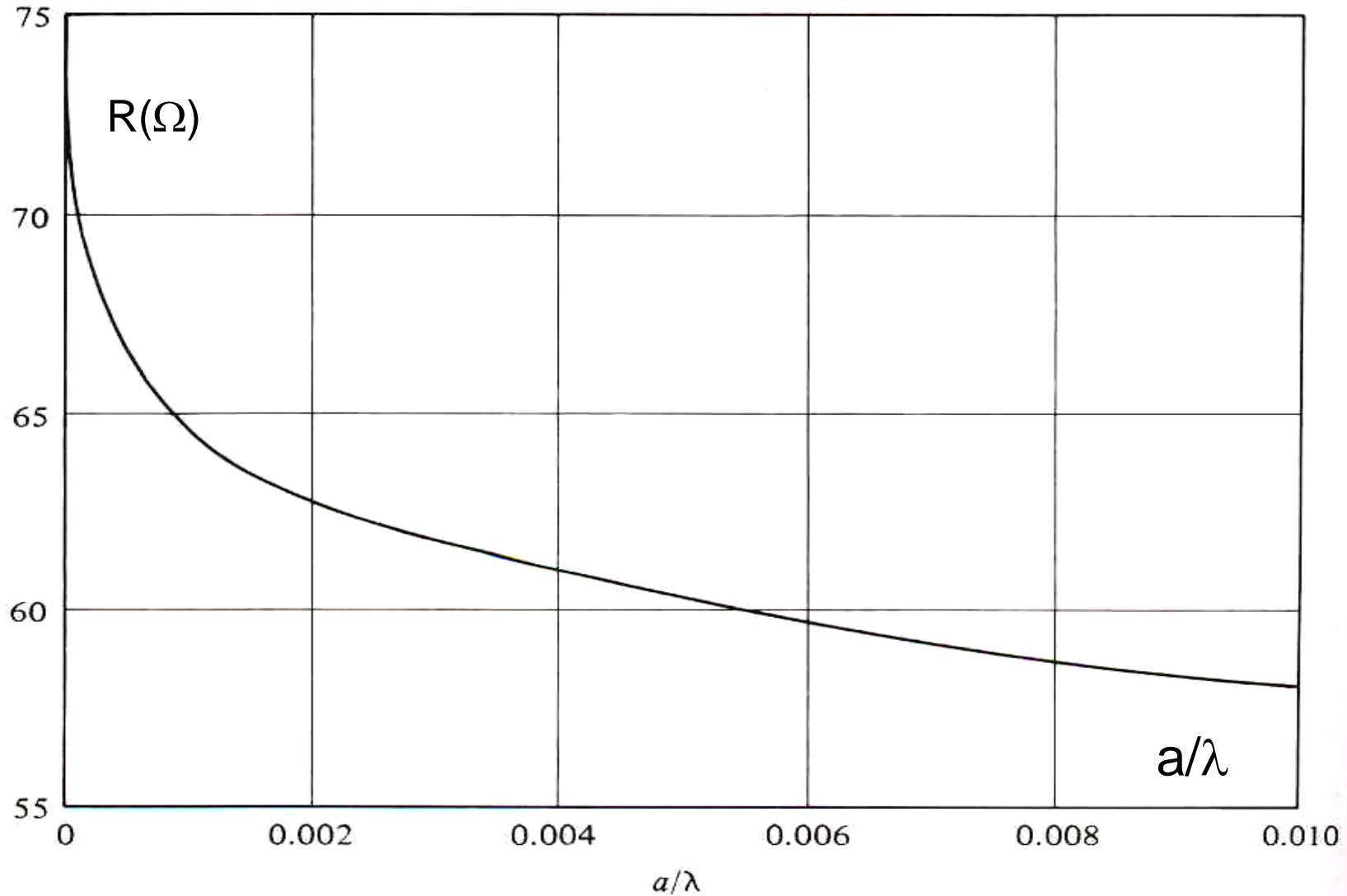
# Impedanca središčno vzbujanega dipola



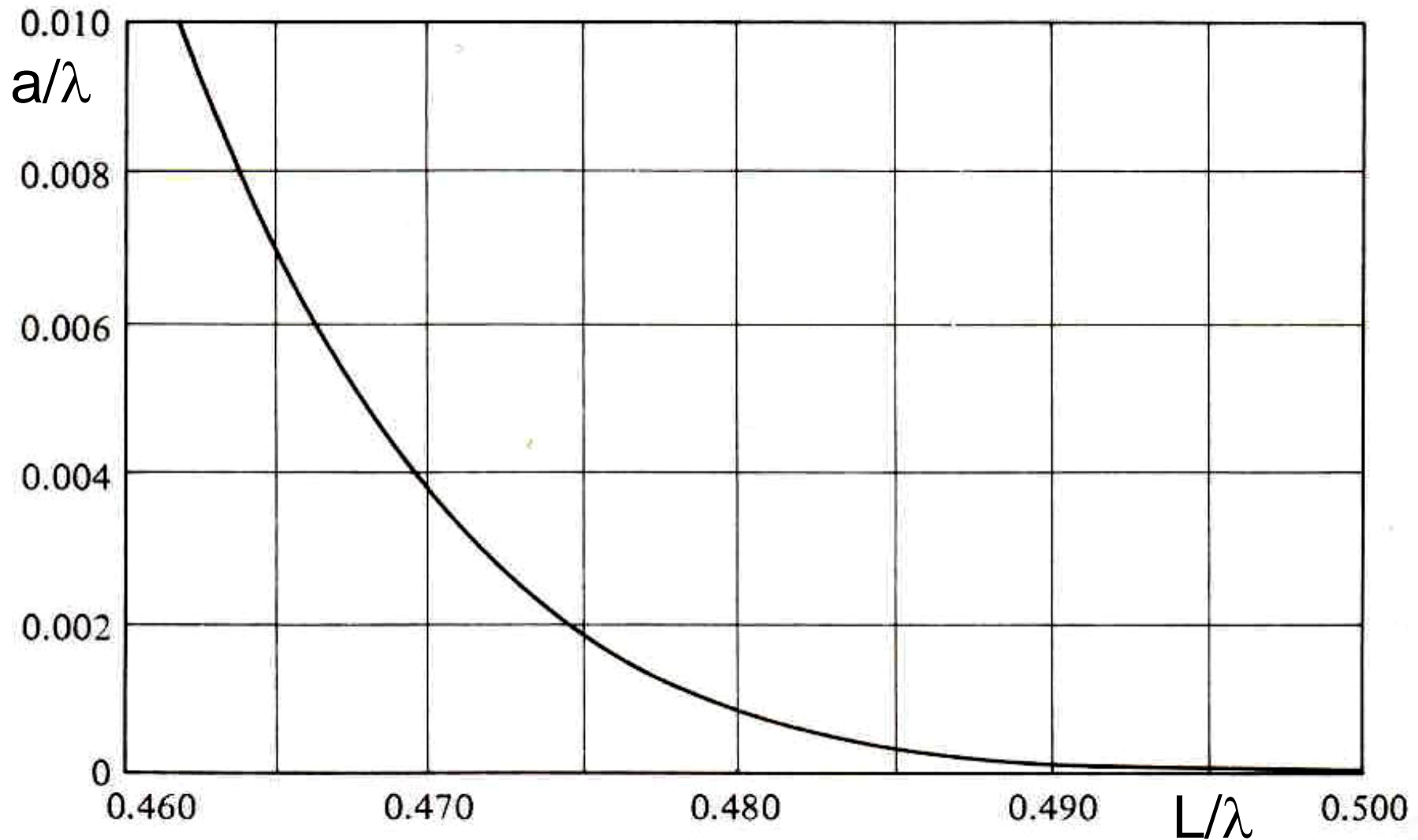
# Resonančna upornost različno vitkih dipolov dolžine $\lambda/2$



# Resonančna upornost različno vitkih dipolov dolžine $\lambda/2$



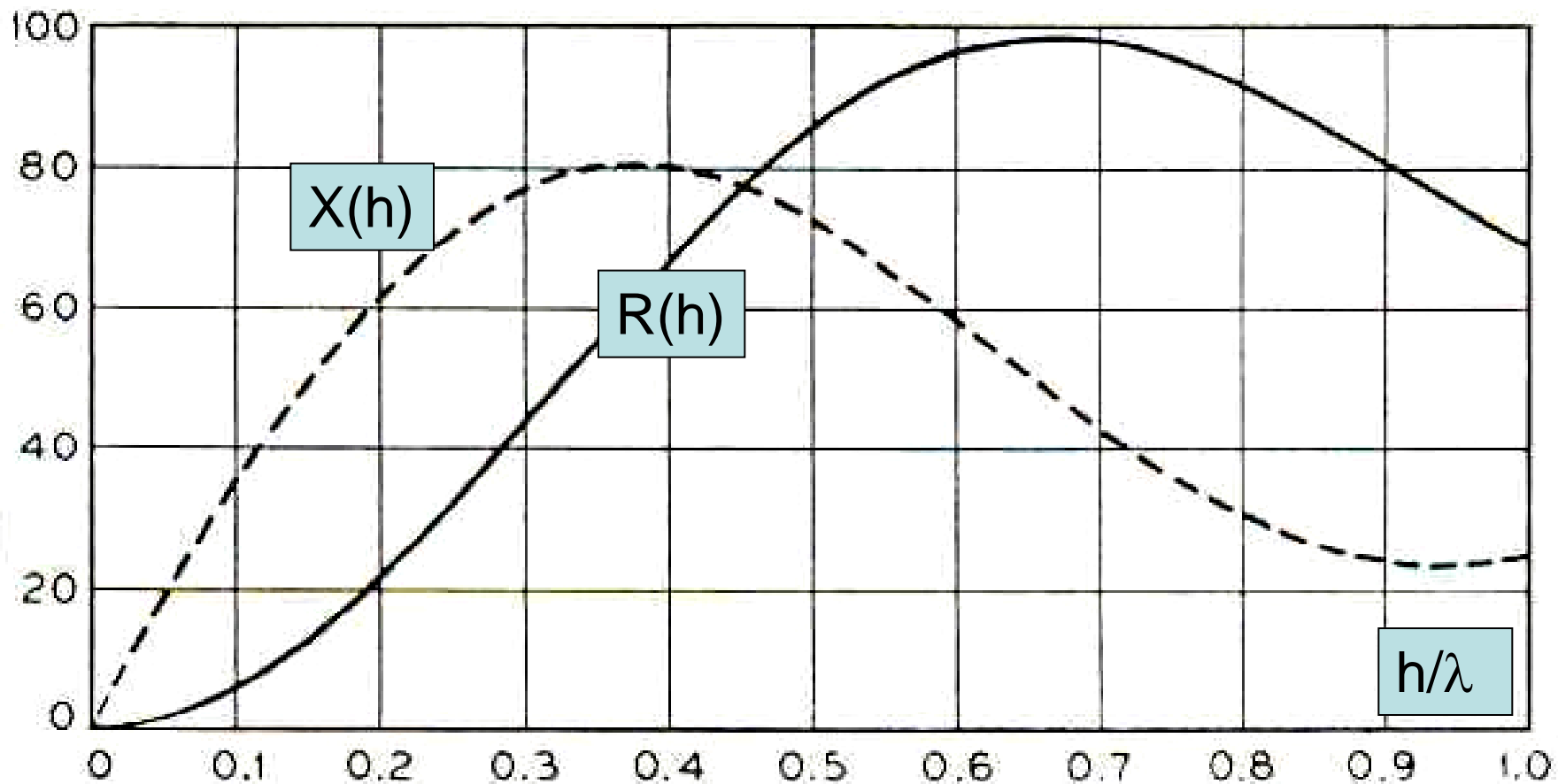
# Skrajševalni faktor $\lambda/2$ dipola





# Impedanca horizontalnega dipola dolžine $\lambda/2$ nad zemljo

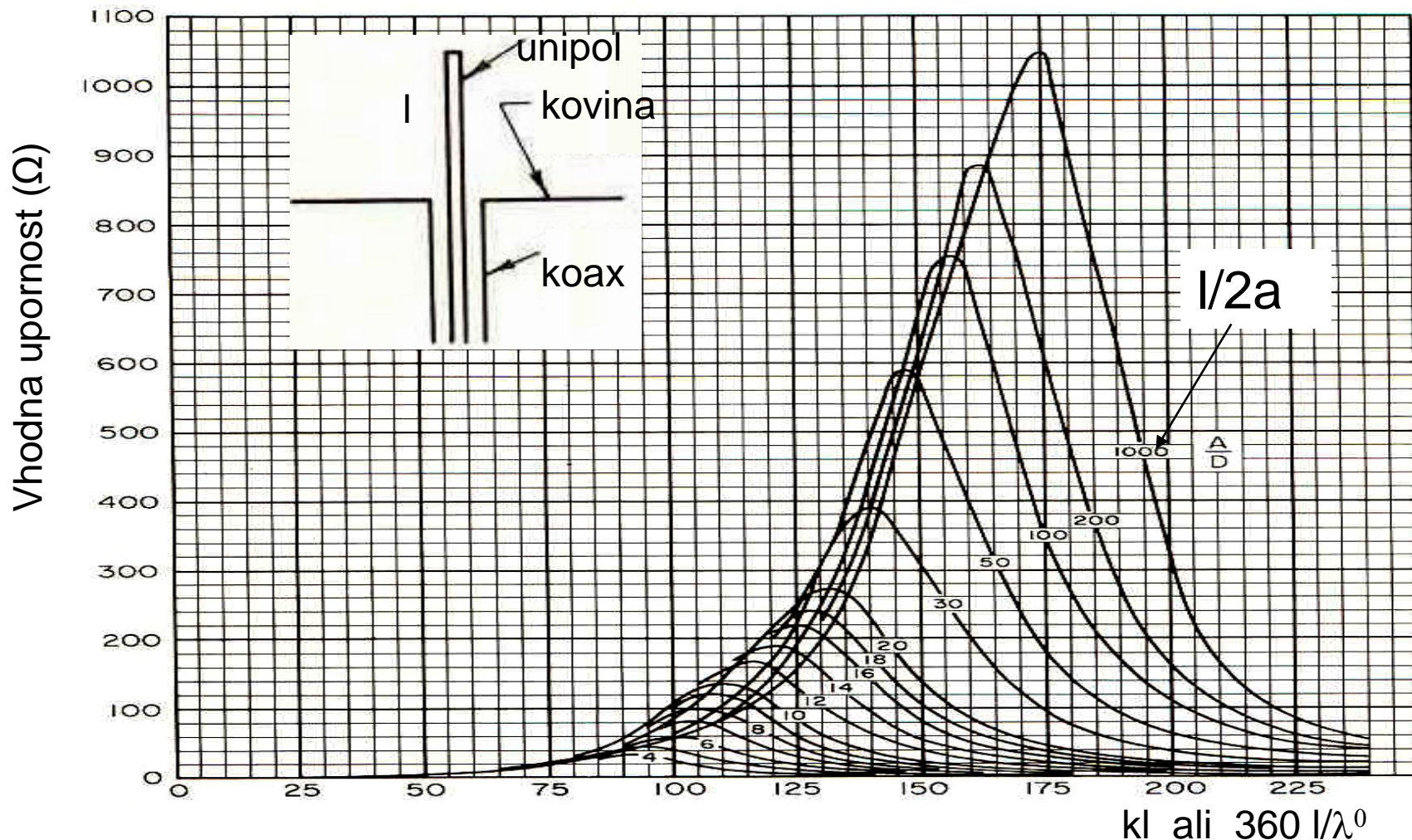
$h$ ... višina nad zemljo



# Rezistanca dipola – merilni rezultati

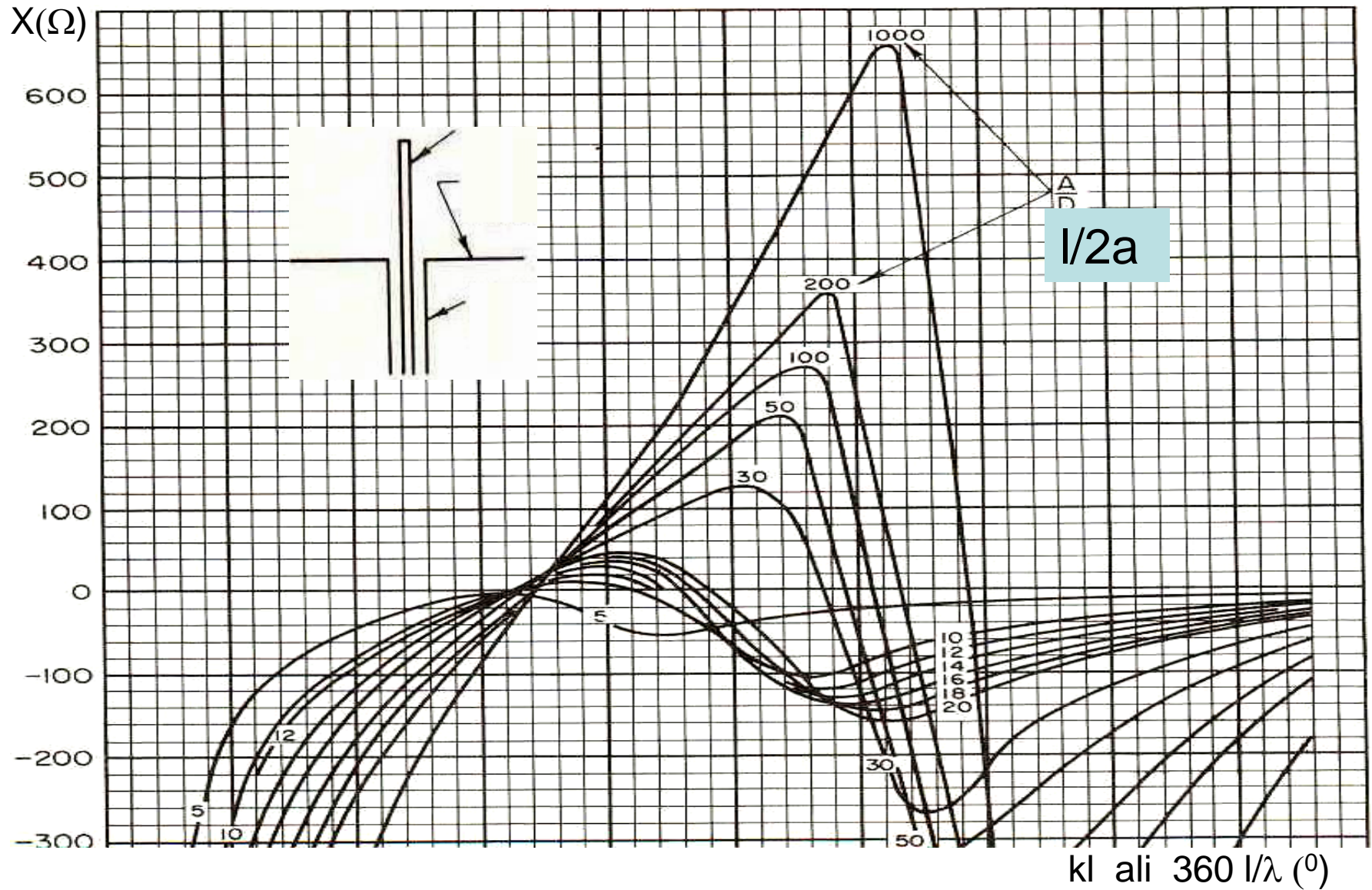
Brown-Woodward: meritev koaksialno vzbujanega cilindričnega unipola polmera  $a$  in dolžine  $l$  nad okovinjeno ravnino.

Rezistanca dipola dolžine  $L=2l$  ima dvakratno vrednost.



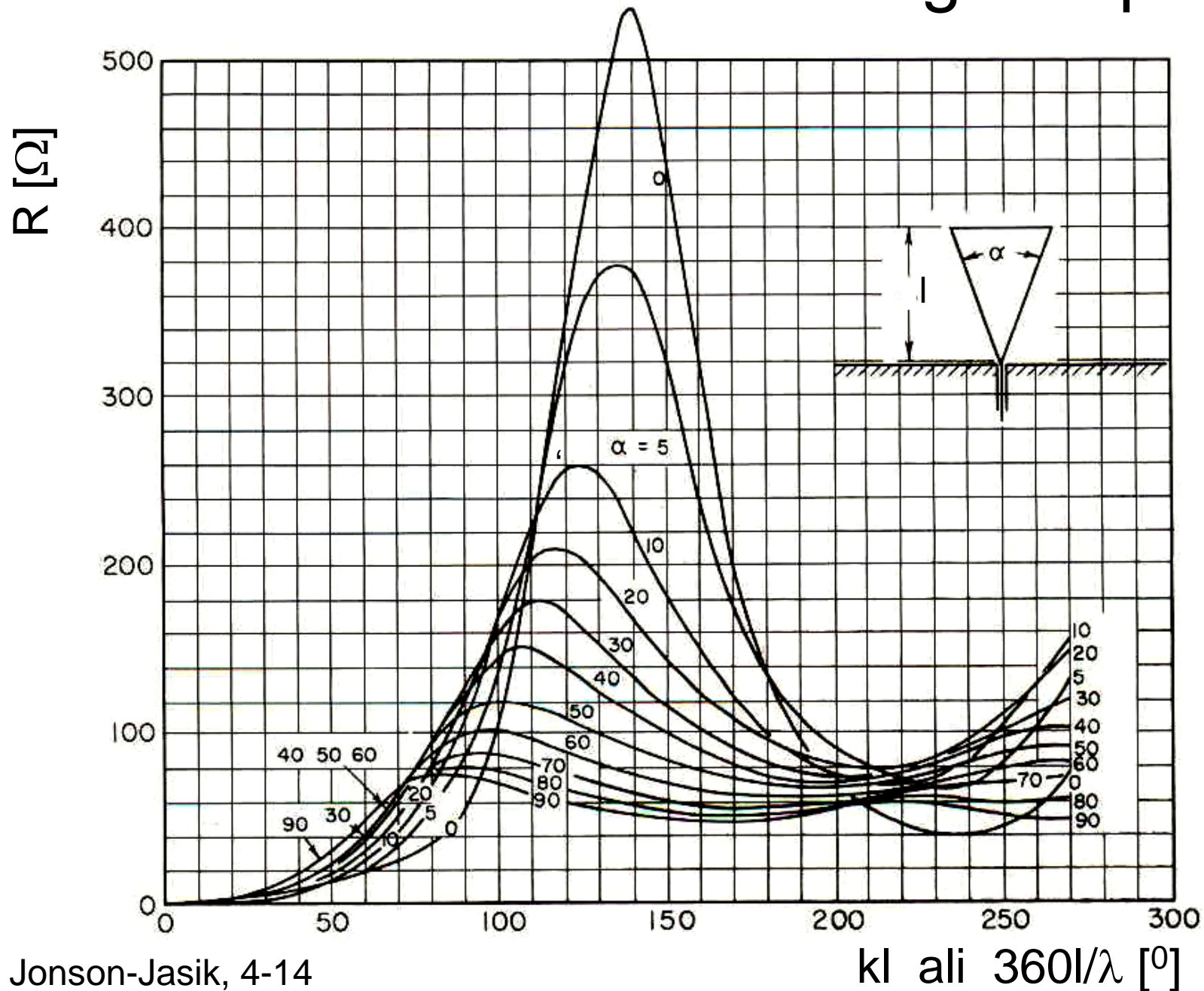
Vir: Jonson-Jasik, 4-7

# Reaktanca dipola – merilni rezultati

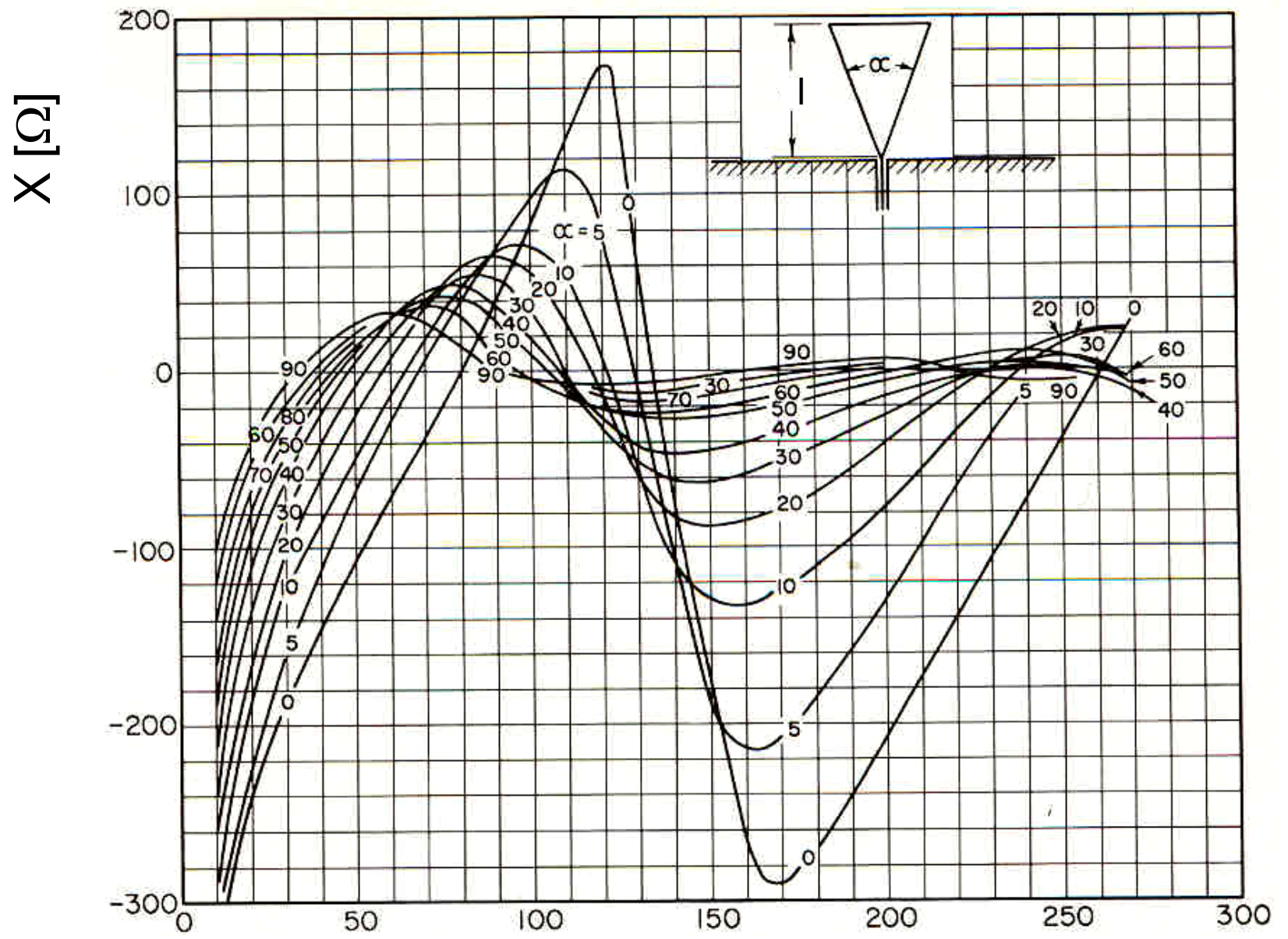


Vir: Jonson-Jasik, 4-8

# Vhodna rezistanca koničnega unipola



# Vhodna reaktanca koničnega monopola

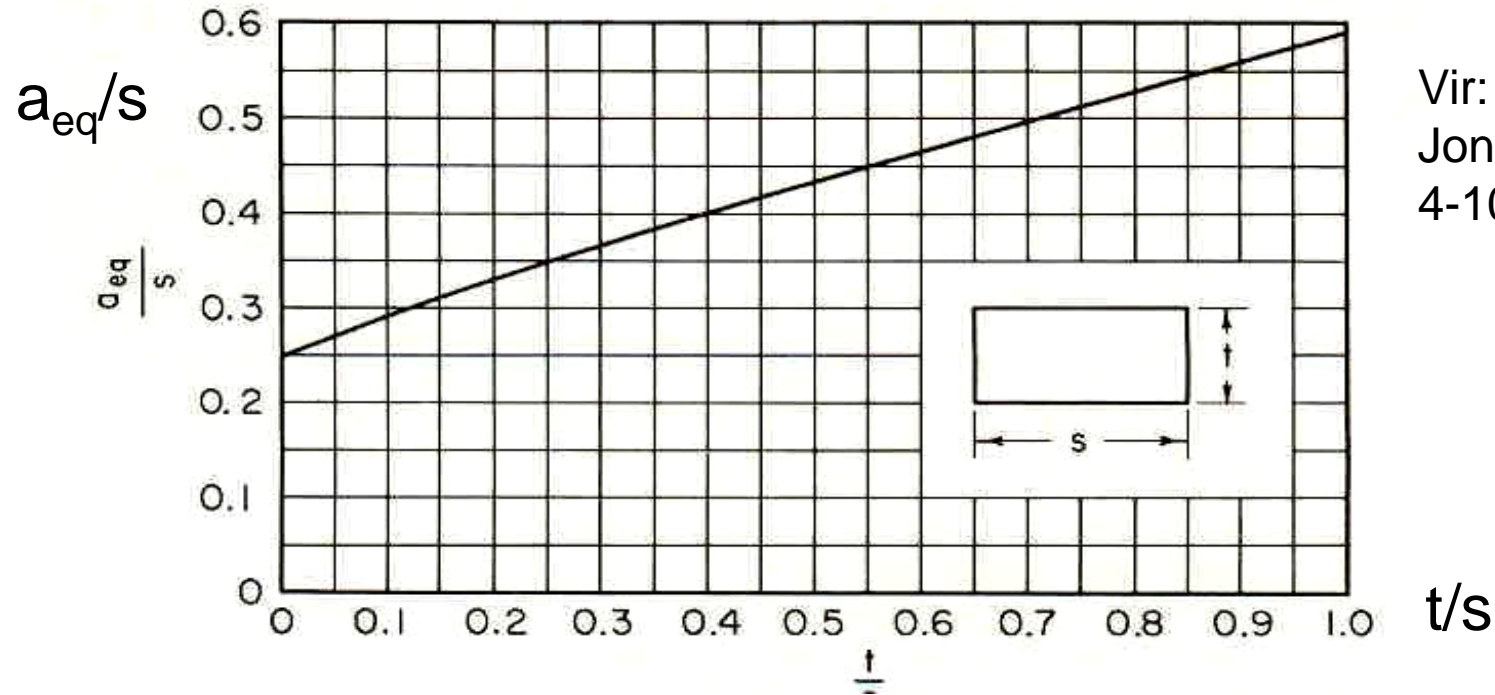


Vir: Jonson-Jasik, 4-14

$kl$  ali  $360 l/\lambda$  [ $^\circ$ ]

# Ekvivalentni polmer

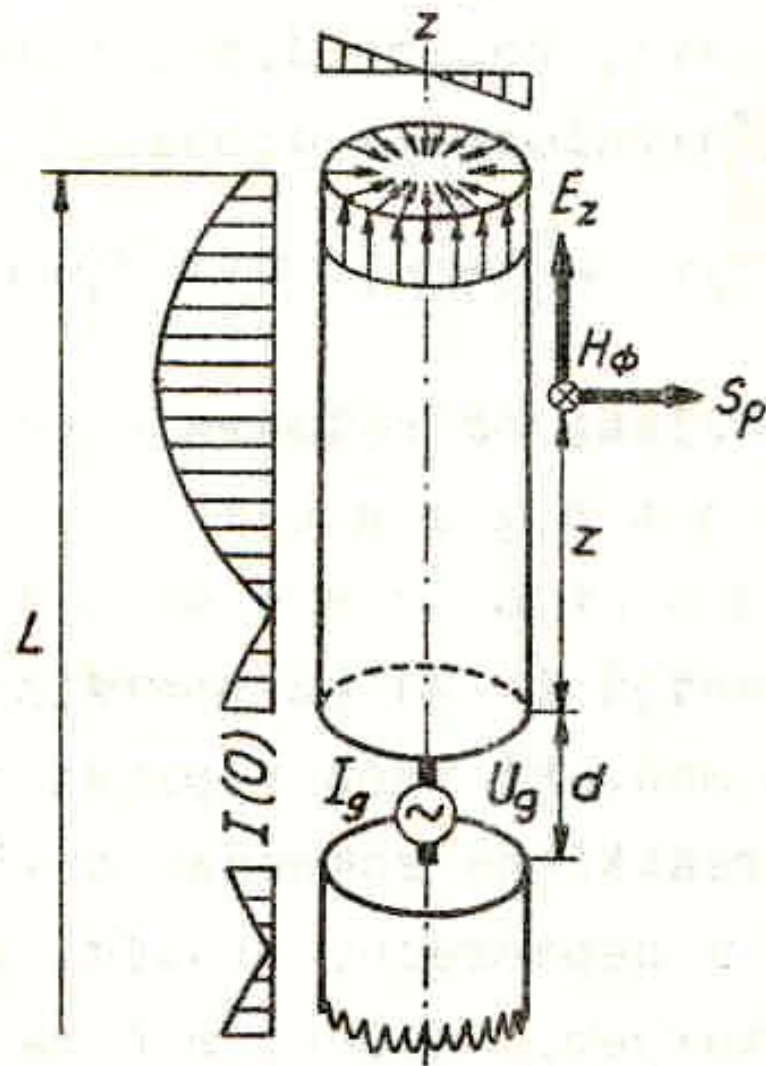
- Ekvivalentni polmer vodnika pravokotnega prereza



- Ekvivalentni polmer dveh vzporednih valjastih vodnikov na medsebojni razdalji  $d$

$$\ln \rho_e = \frac{1}{(\rho_1 + \rho_2)^2} (\rho_1^2 \ln \rho_1 + \rho_2^2 \ln \rho_2 + 2\rho_1\rho_2 \ln d)$$

# Lastna impedanca dipola

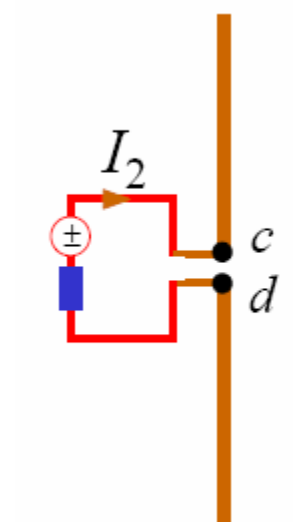
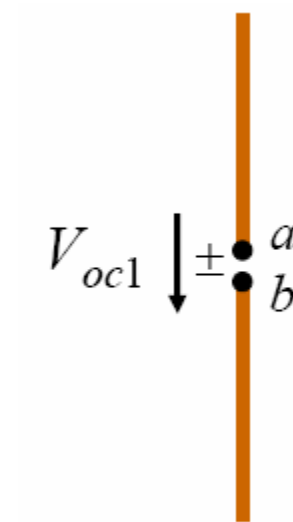
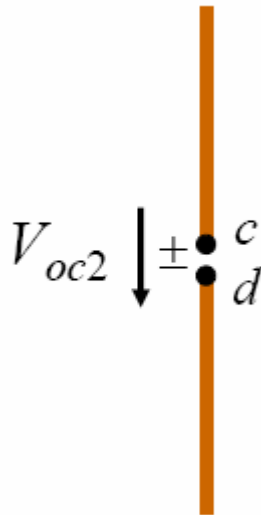
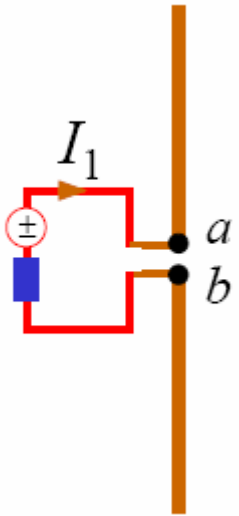


$$Z = R + jX = -\frac{1}{I(0)I^*(0)} \int_{-L/2}^{L/2} E_z(z) I^*(z) dz.$$

Impedanca polvalovnega ( $L = \lambda/2$ ) dipola:

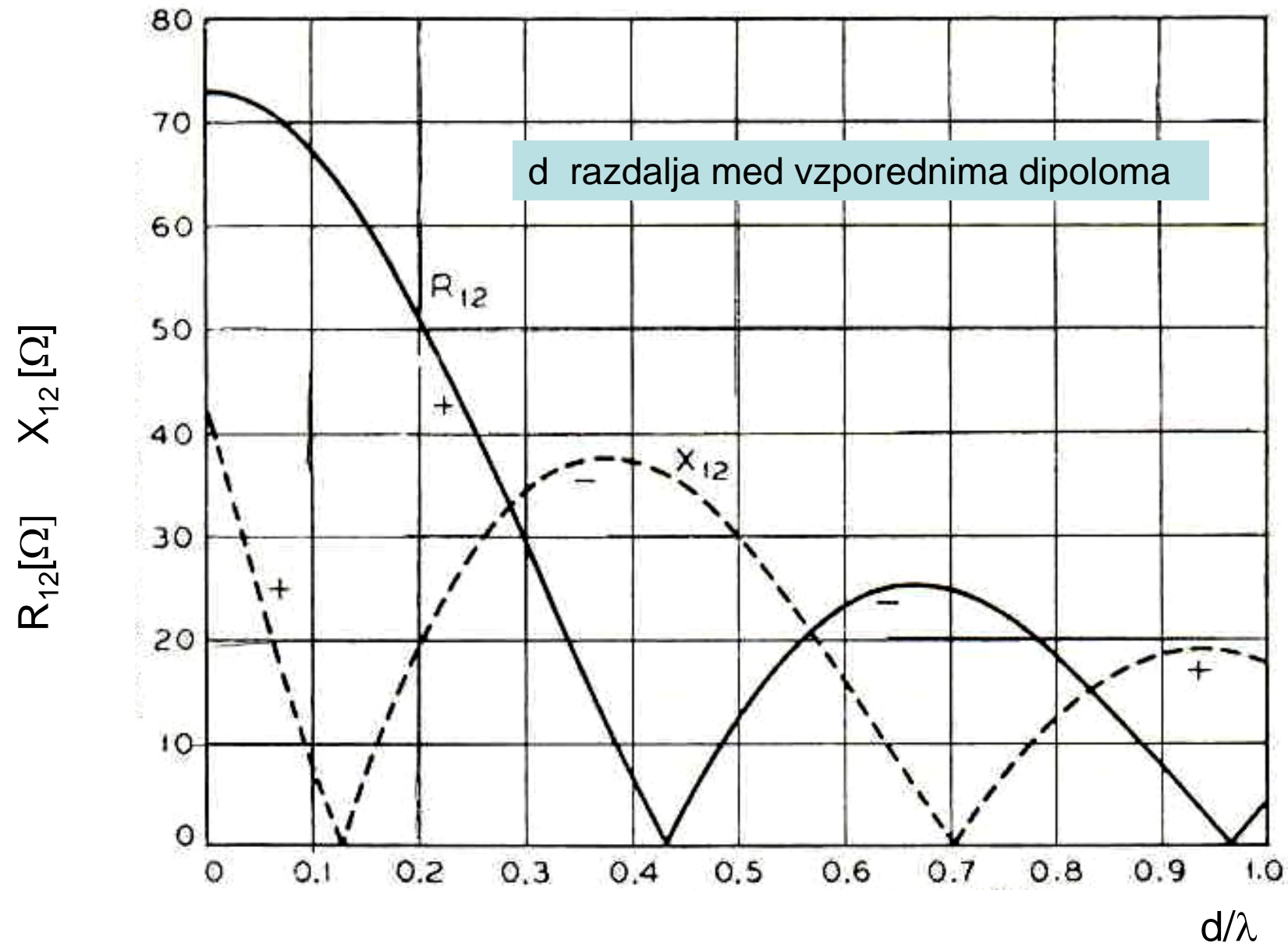
$$Z = 30 \operatorname{Cin}(2\pi) + j 30 \operatorname{Si}(2\pi) = 73 + j 42,5 \Omega$$

# Definicija medsebojne impedance



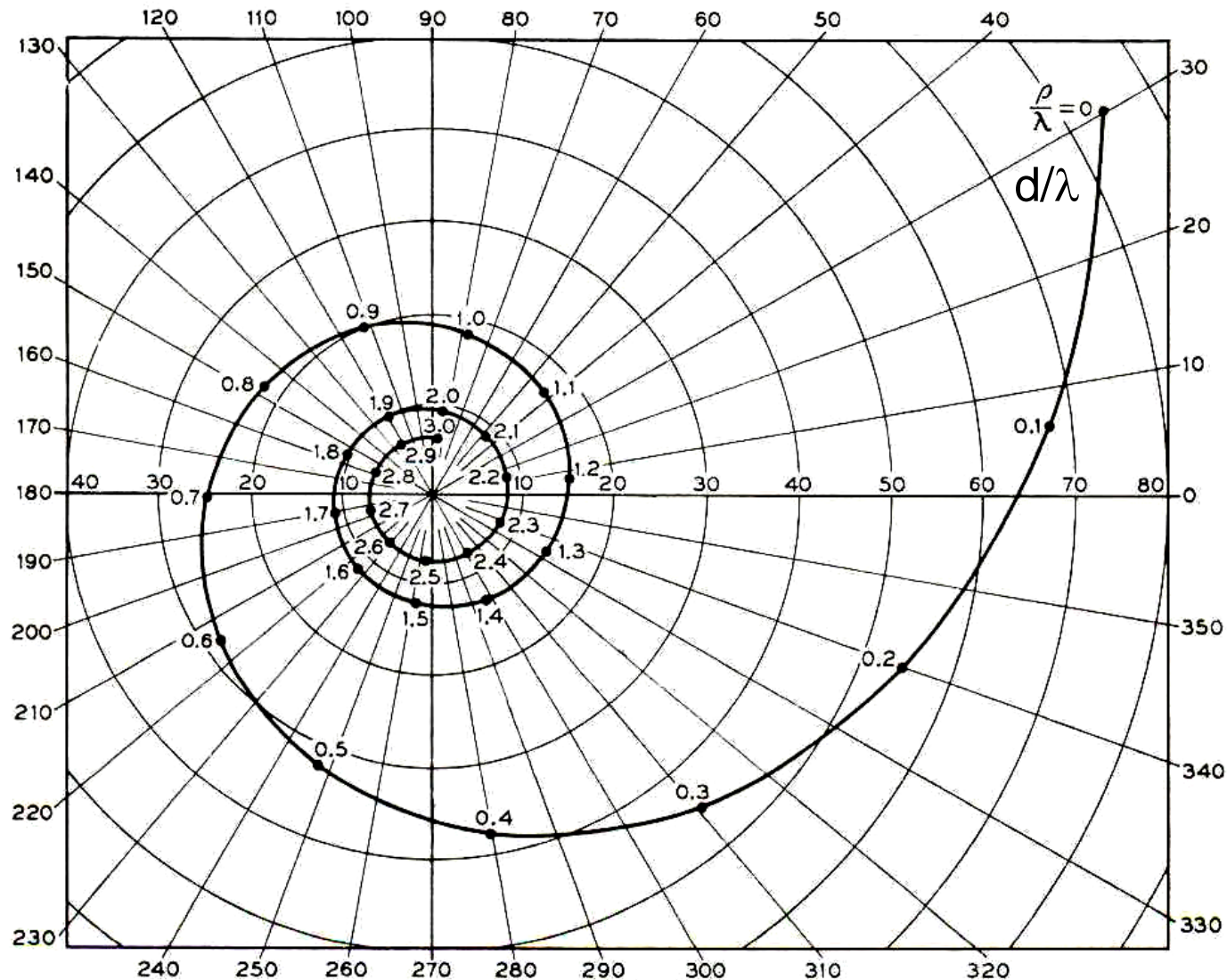


# Medsebojna rezistanca in reaktanca



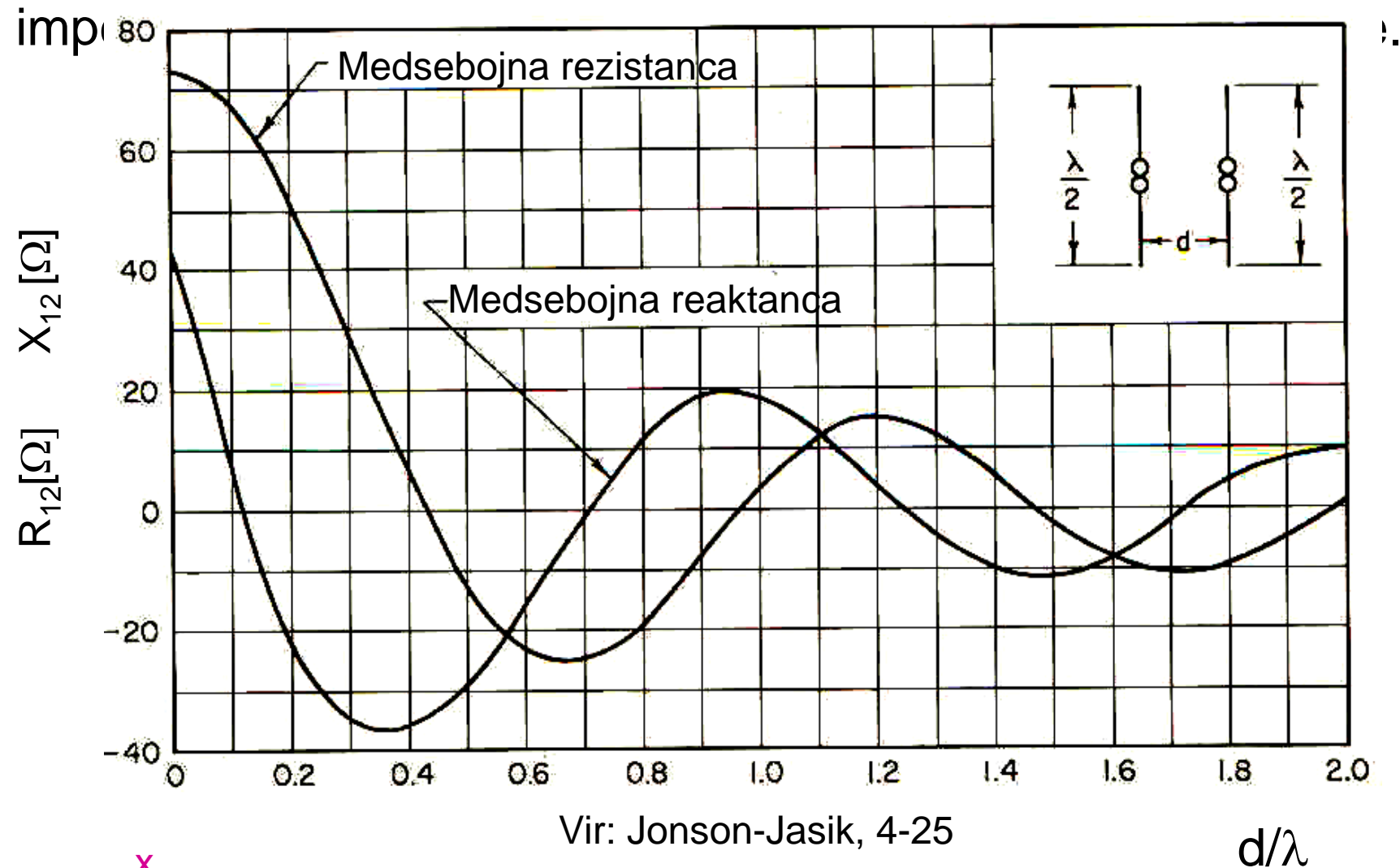
# Medsebojna impedanca 1/2

Medsebojna impedanca vzporednih polvalovnih dipolov



# Medsebojna impedanca

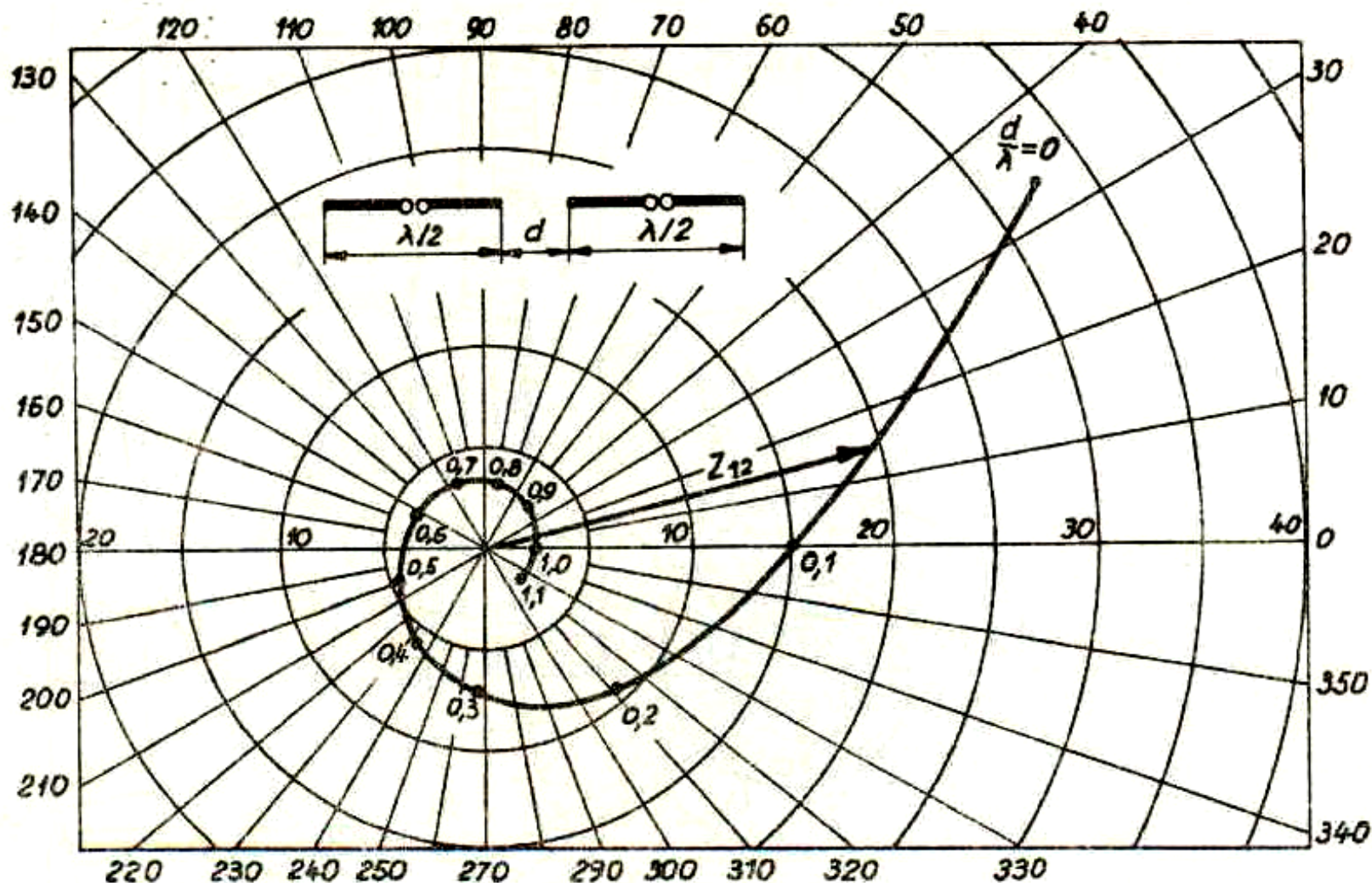
Medsebojna rezistanca in reaktanca dveh vzporednih polvalovnih dipolov v odvisnosti od razdalje. Na razdalji  $d=0$  je medsebojna



# Medsebojna impedanca 2/2

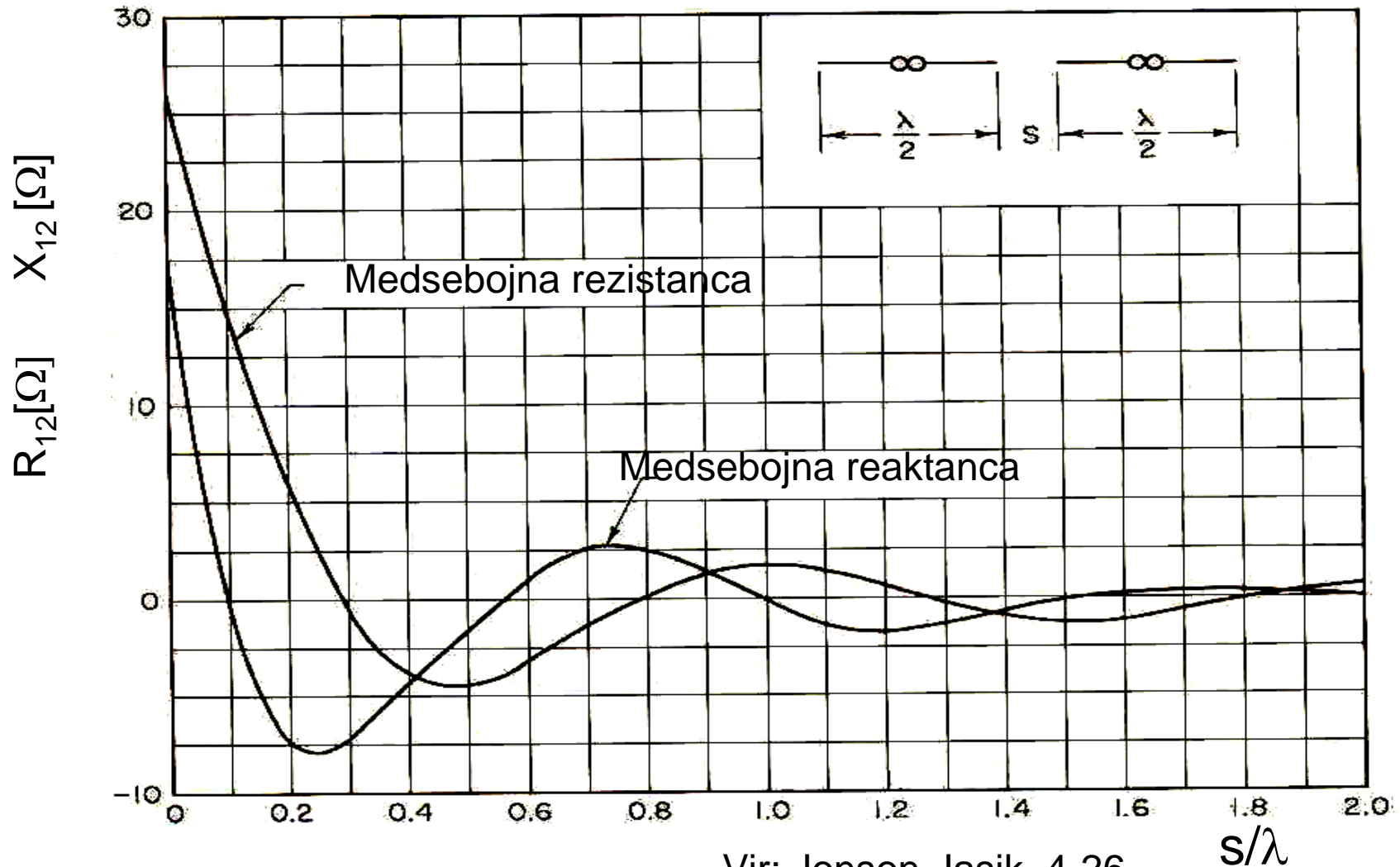
Medsebojna impedanca kolinearnih polvalovnih dipolov.

Sklop med kolinearnimi antenami se z razdaljo hitro zmanjšuje.



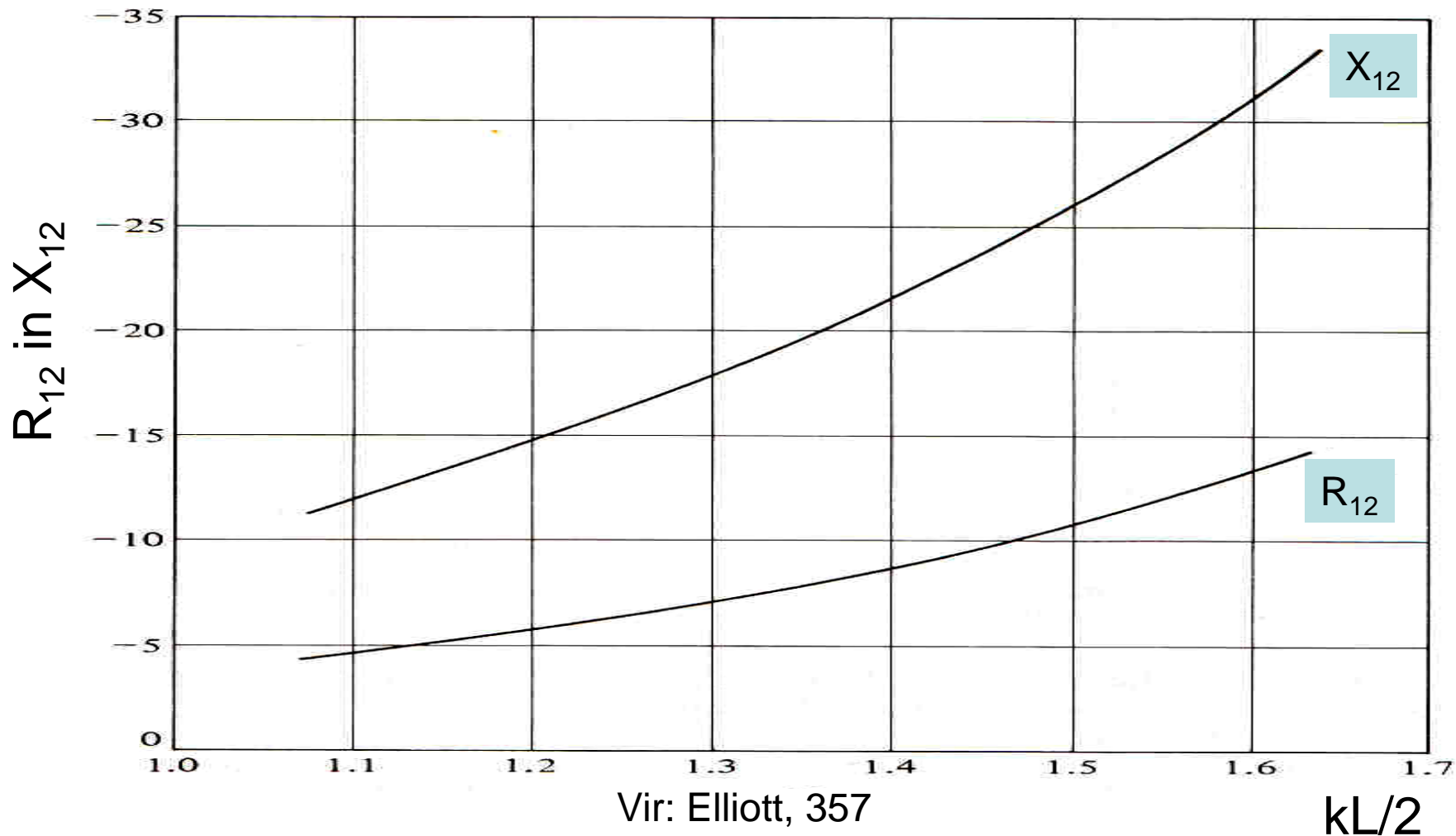
# Medsebojna impedanca

Medsebojna rezistanca in reaktanca dveh kolinearnih polvalovnih dipolov v odvisnosti od razdalje. Z razdaljo se naglo zmanjšuje.



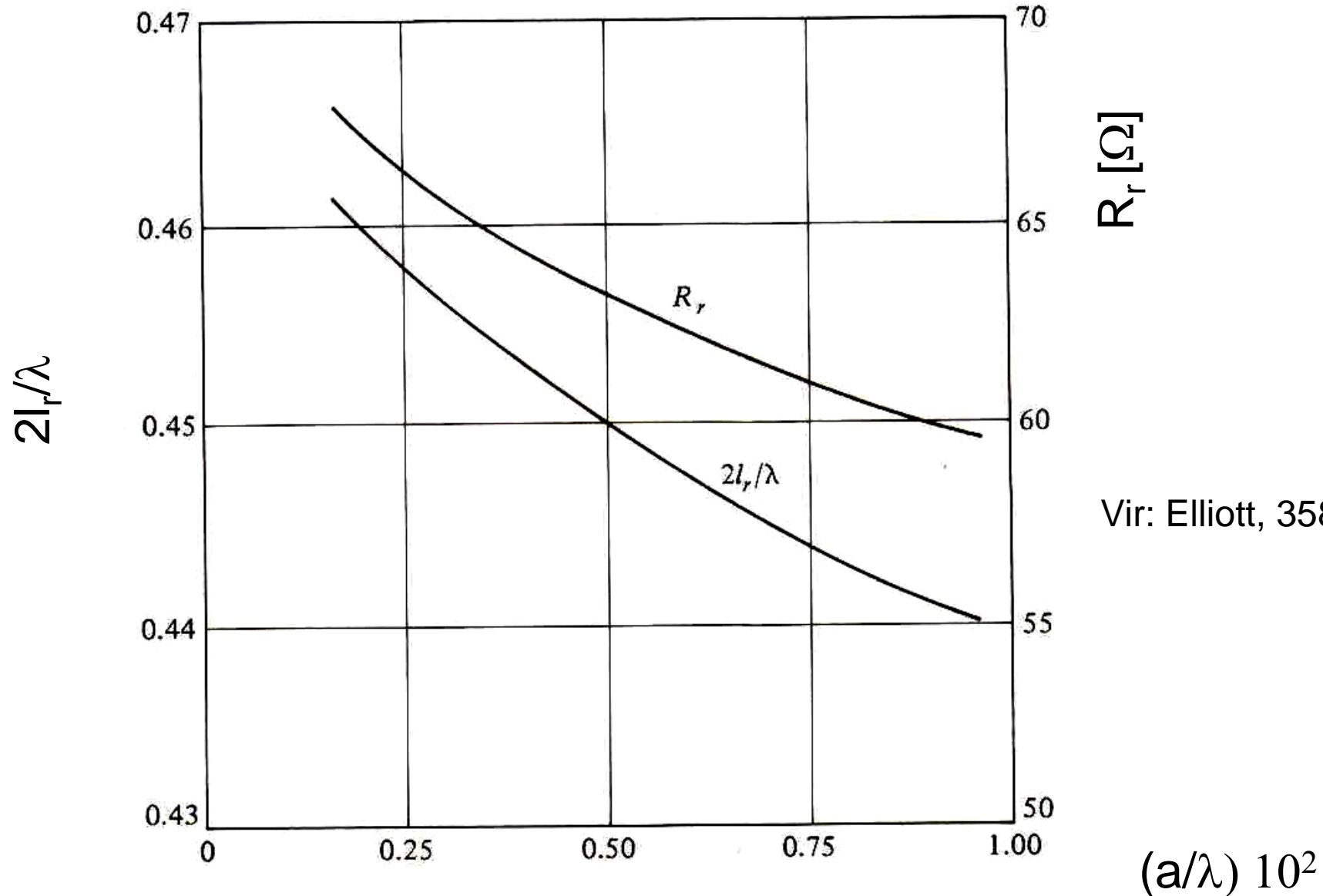
# Primeri medsebojne impedance

Medsebojna impedanca ( $R_{12}$  in  $X_{12}$ ) resonančnih ( $L = \lambda/2$ ) vzporednih dipolov na polvalovni razdalji  $d = \lambda/2$



# Primeri medsebojne impedance

Odvisnost resonančne medsebojne upornosti in resonančne dolžine od polmera

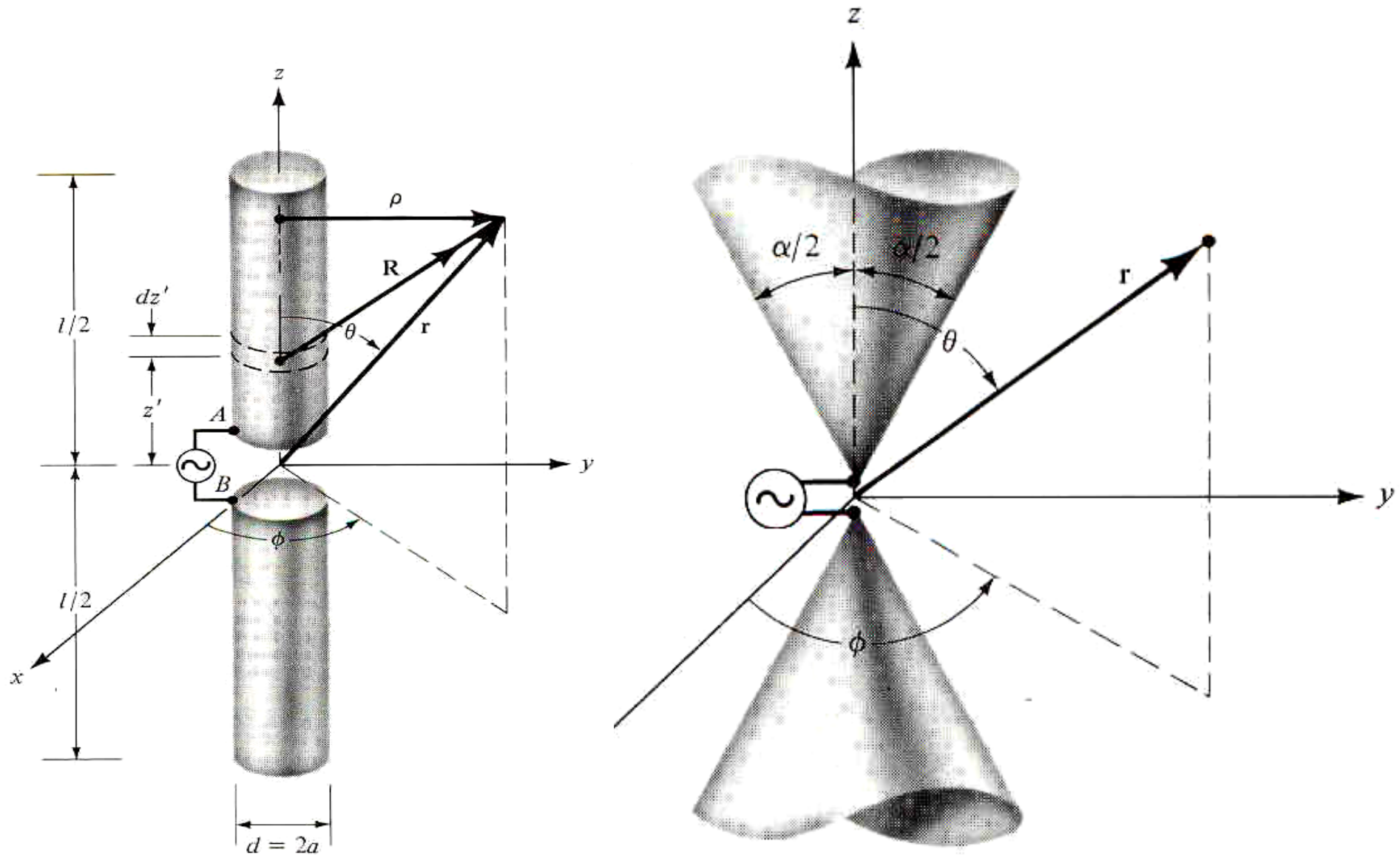


# Cilindrični dipol in njegove izpeljanke

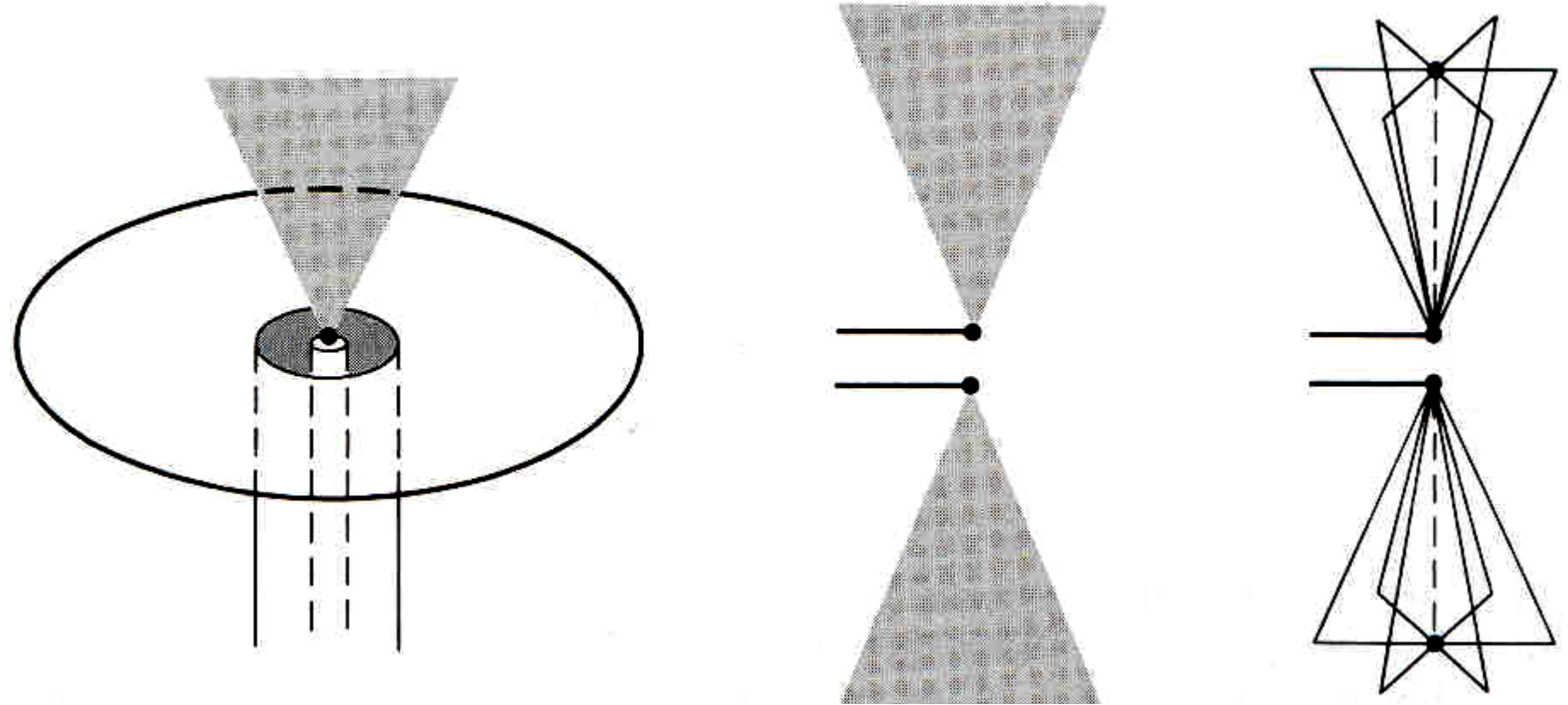
- Cilindrični dipol
- Bikonični dipol
- Rokavni dipol
- Zganjen dipol
- Koaksialni dipol
- Komplementarni dipol (dipolska reža)
- Dipol oblike U in V



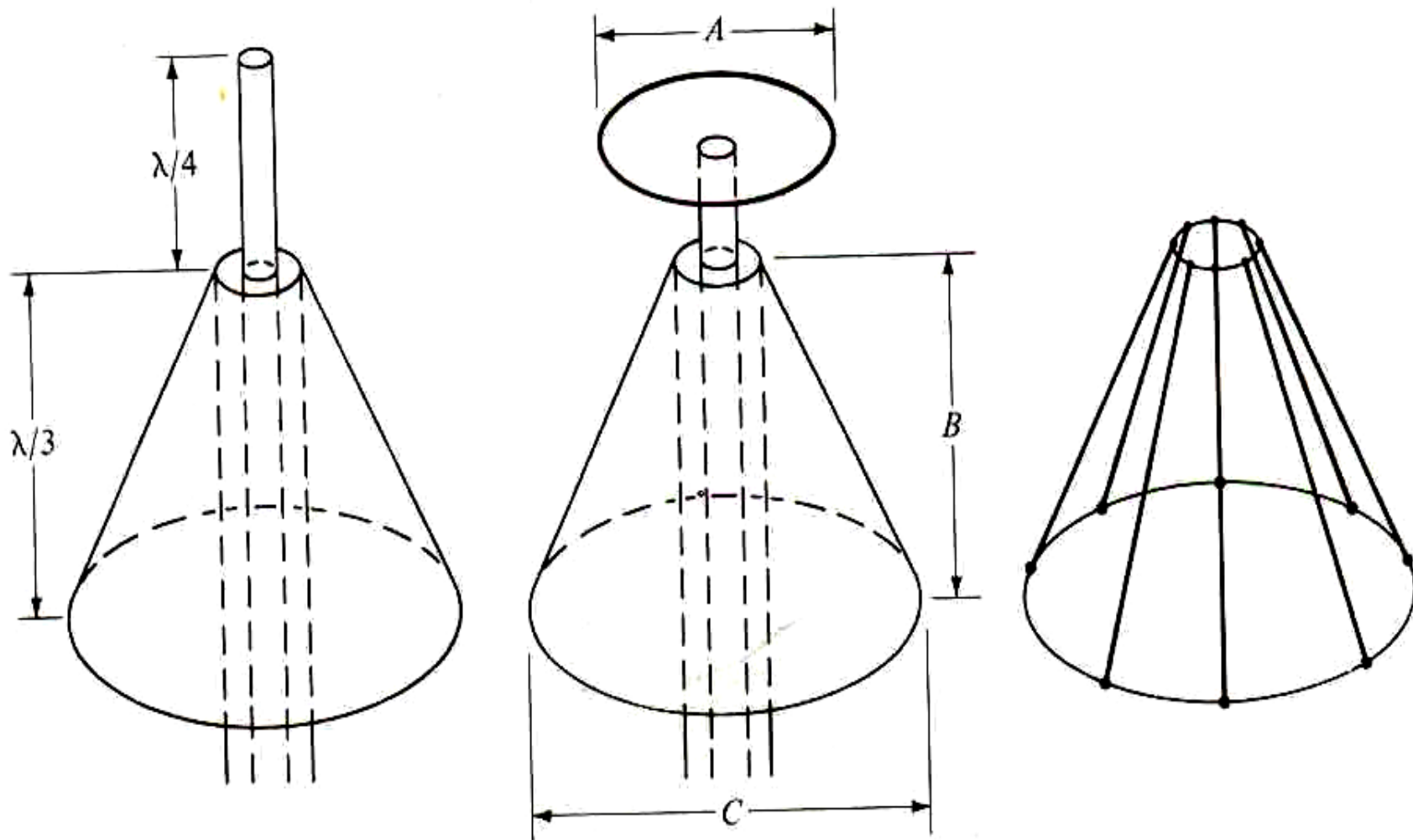
# Širokopasovni dipoli



# Ploščne izvedbe bikoničnega dipola

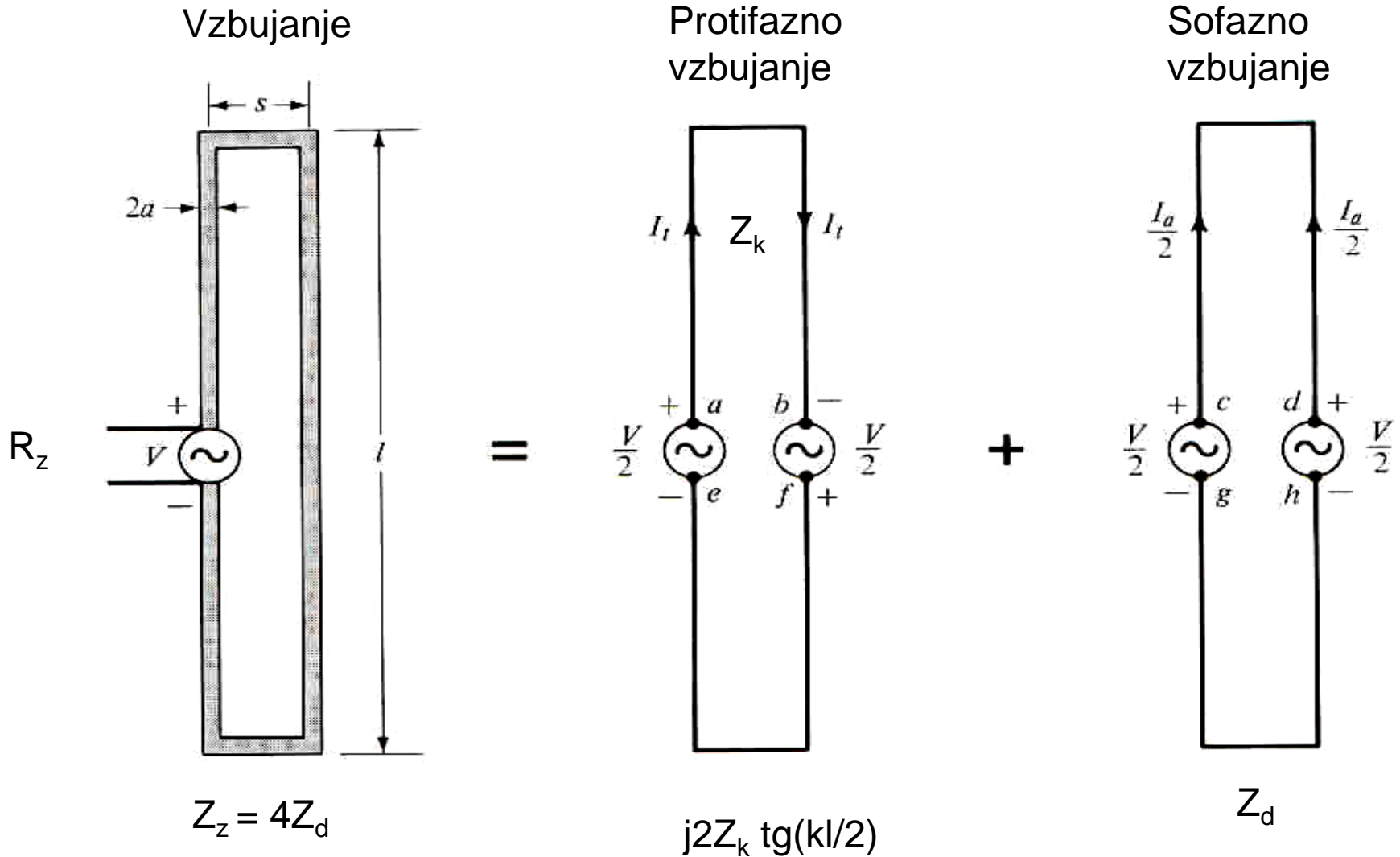


# Koaksialno konični dipol



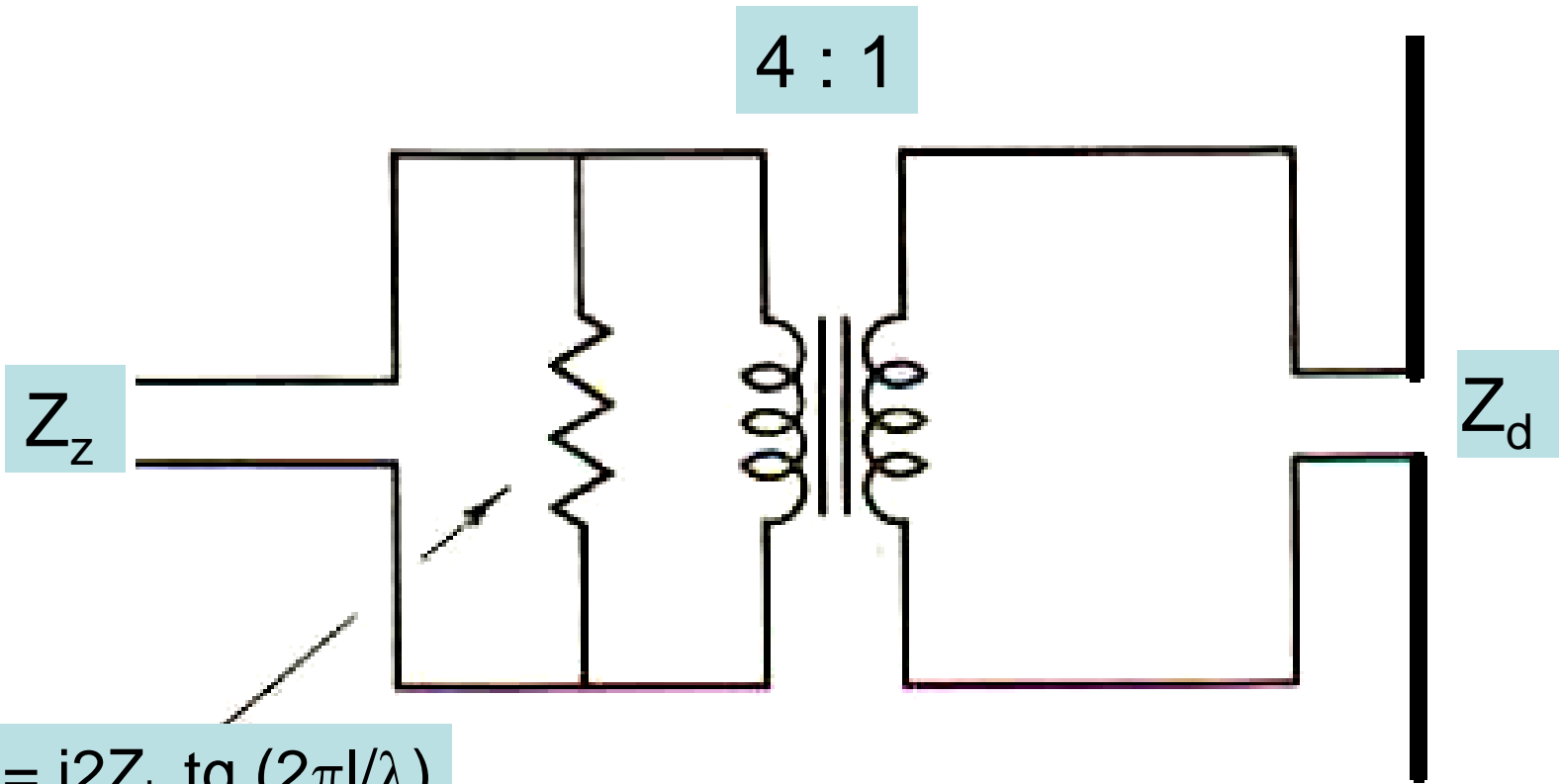
# Zganjen dipol 1/4

Sofazni (antenski) in protifazni (linijski) način vzbujanja dipola:



# Zganjen dipol 3/3

4 : 1



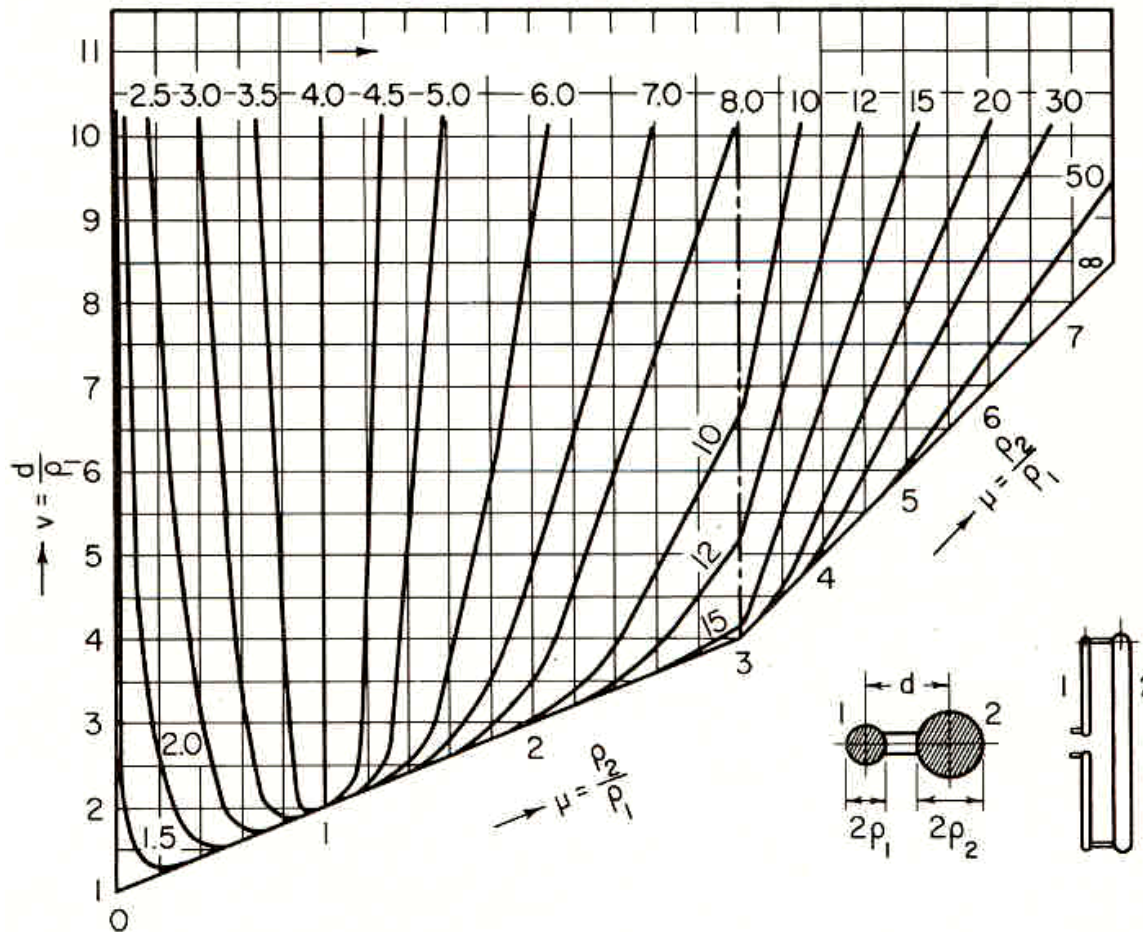
$$Z_f = j2Z_k \operatorname{tg} (2\pi l/\lambda)$$

$$Z_z = 4 Z_d + j2Z_k \operatorname{tg} (2\pi l/\lambda)$$

# Zganjen dipol 2/4

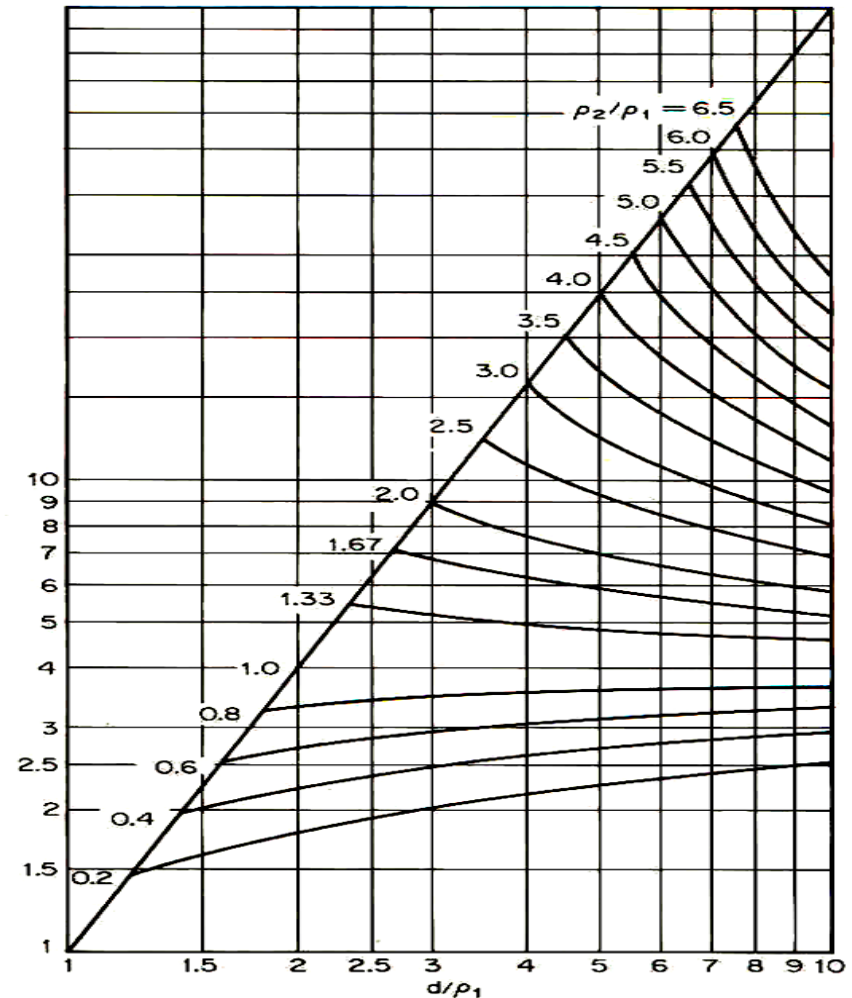
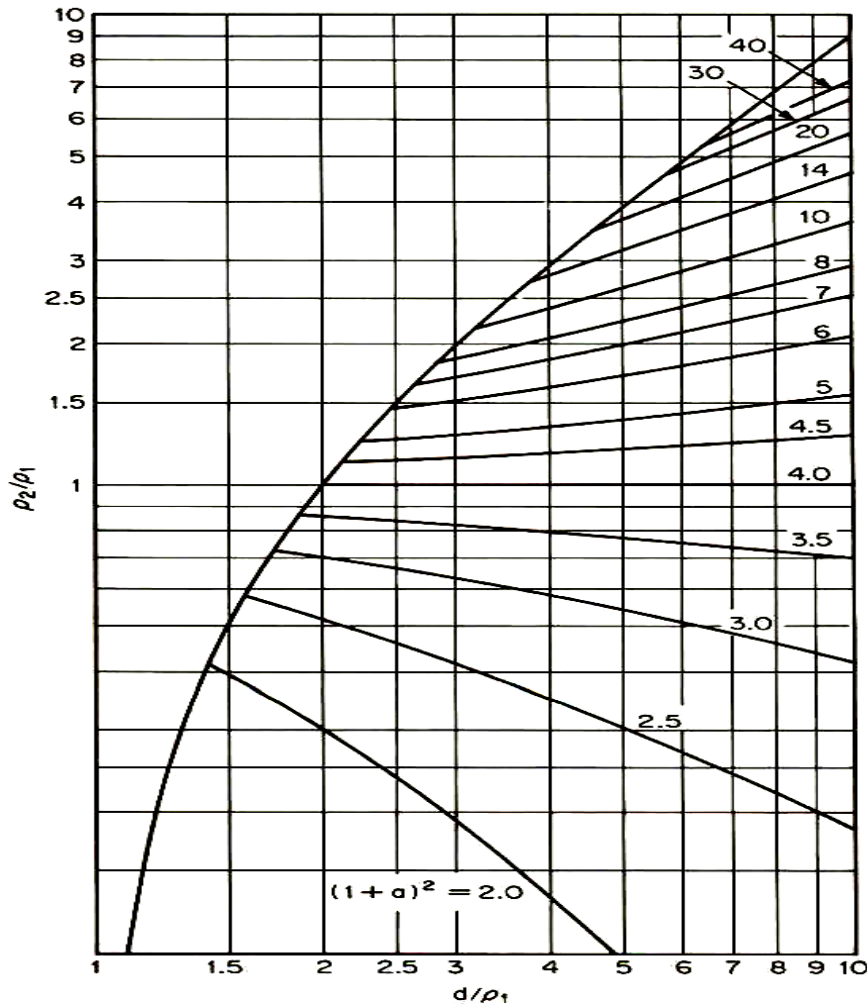
## Predstavitev transformacijskega razmerja:

S podatki  $\rho_1$ ,  $\rho_2$ ,  $d$  lahko transformacijsko razmerje impedance povečamo ali zmanjšamo glede na običajno razmerje 4.



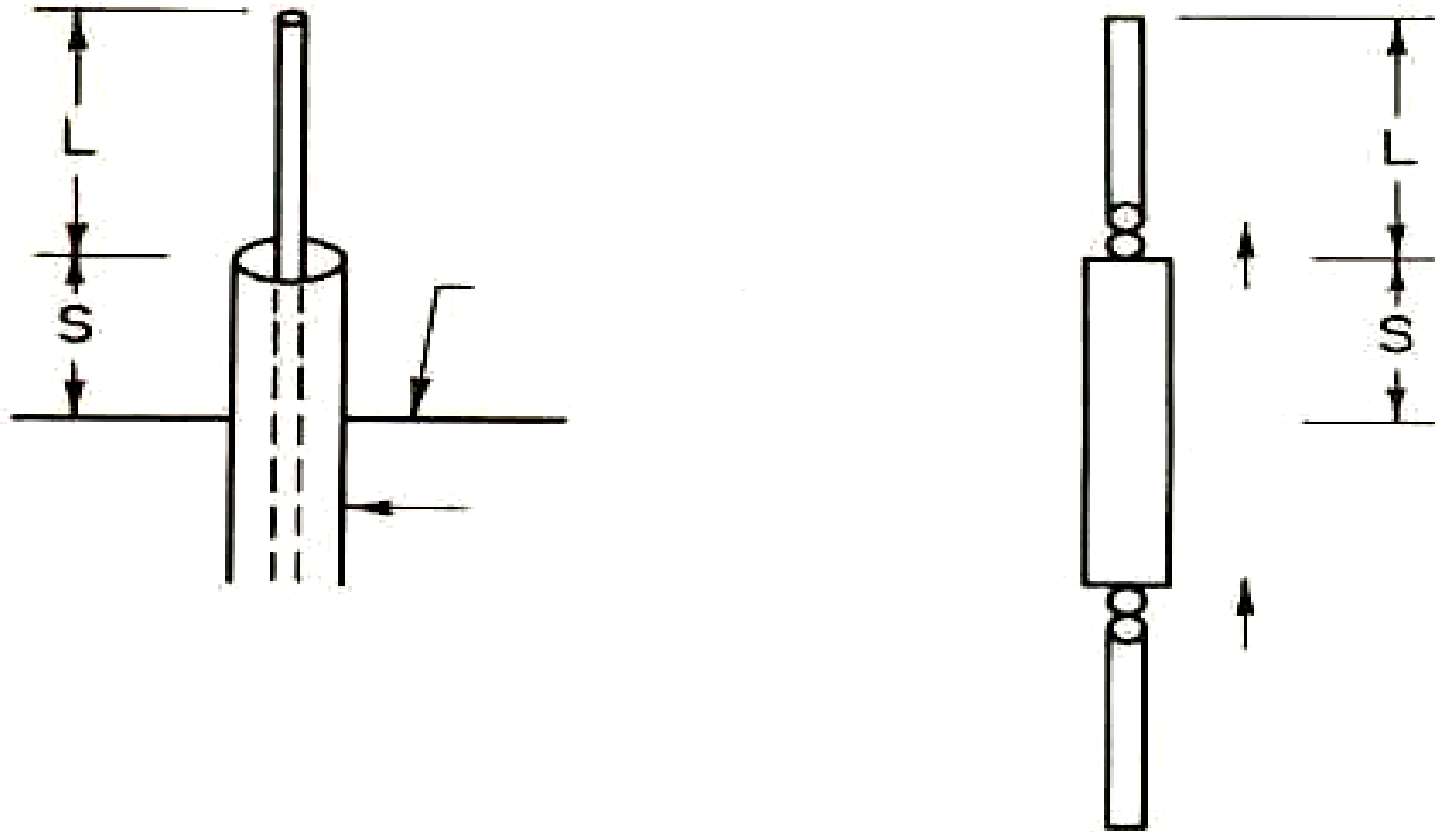
# Zganjen dipol 4/4

## Alternativna predstavitev transformacijskega razmerja



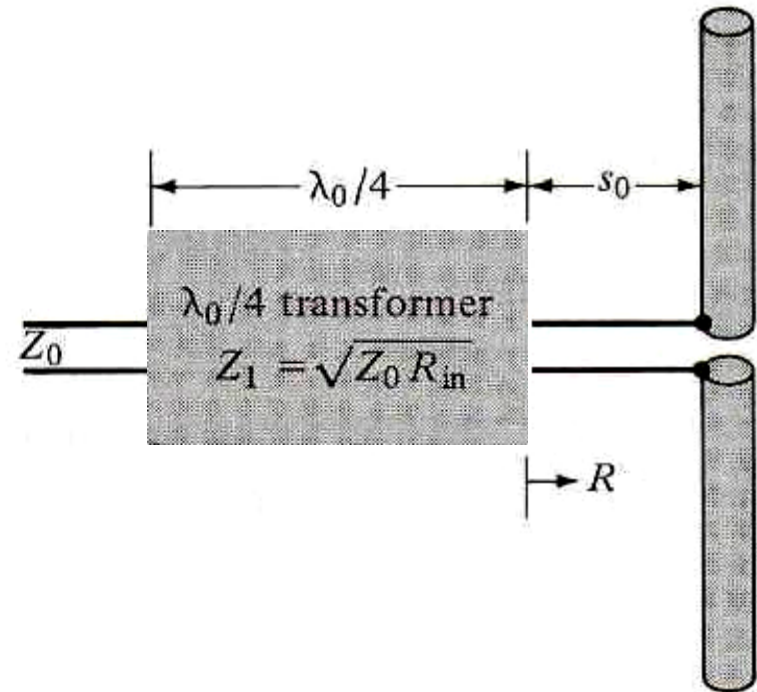
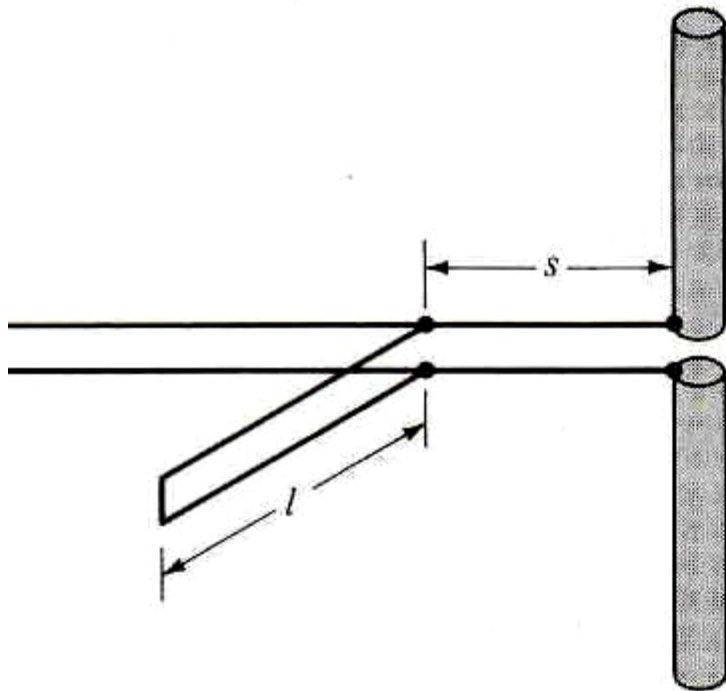
# Rokavni dipol

Vzbujanje dipola (unipola) na ekscentričnem mestu

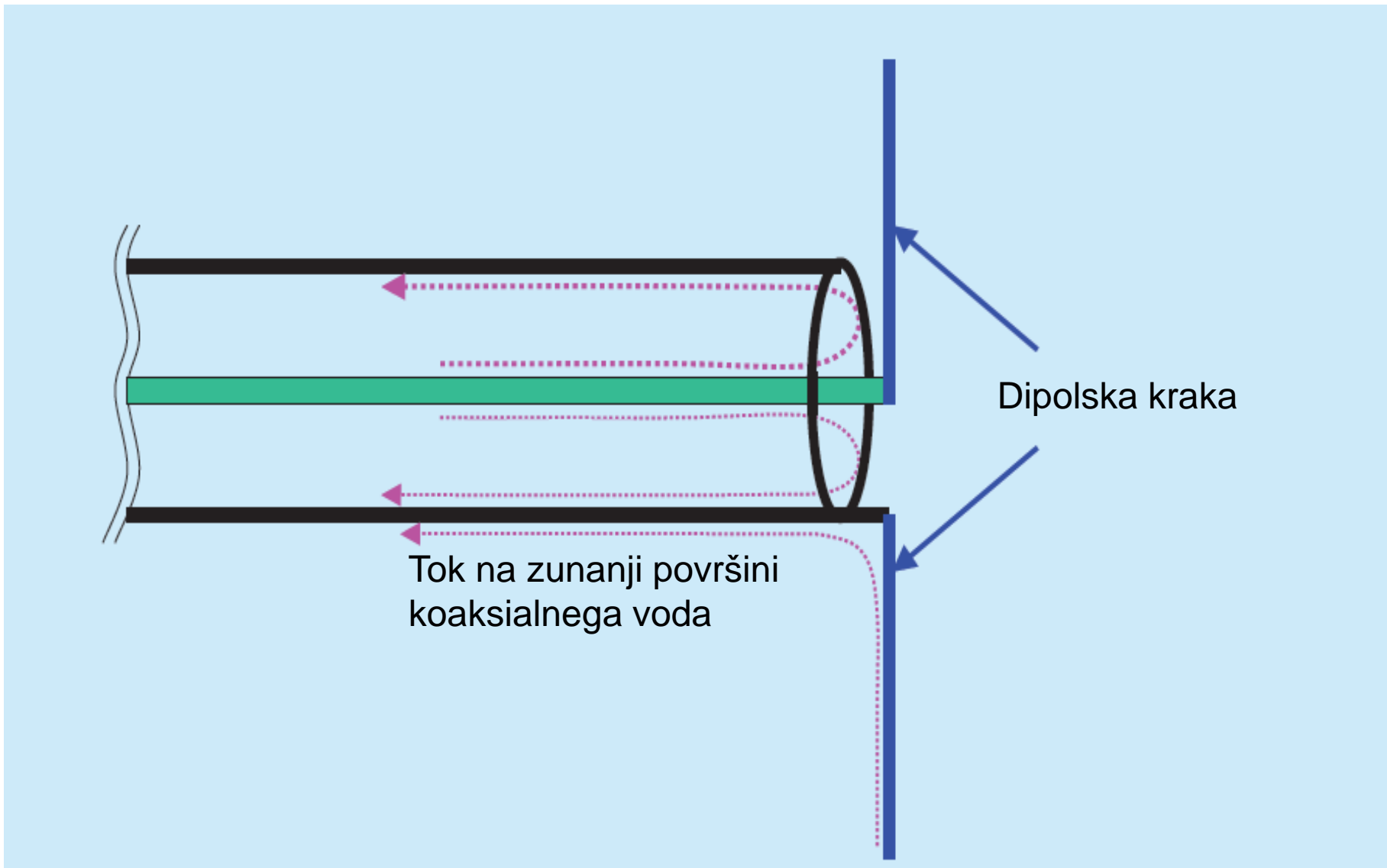




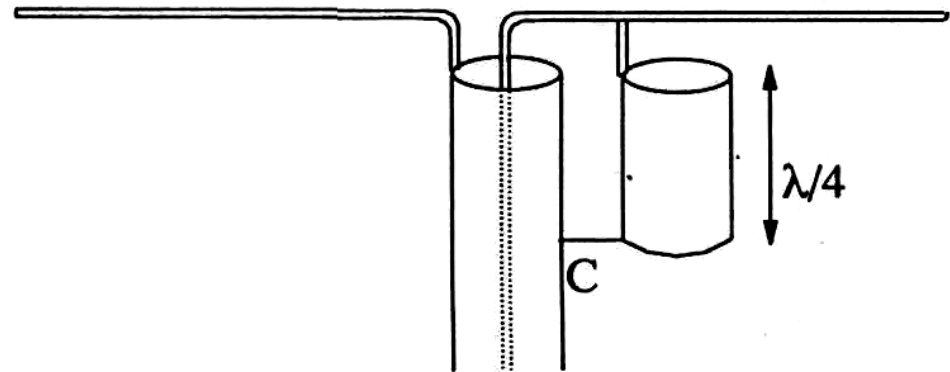
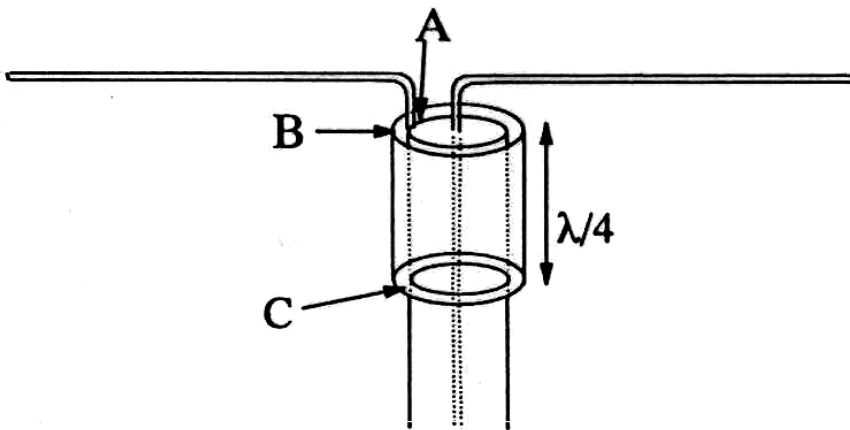
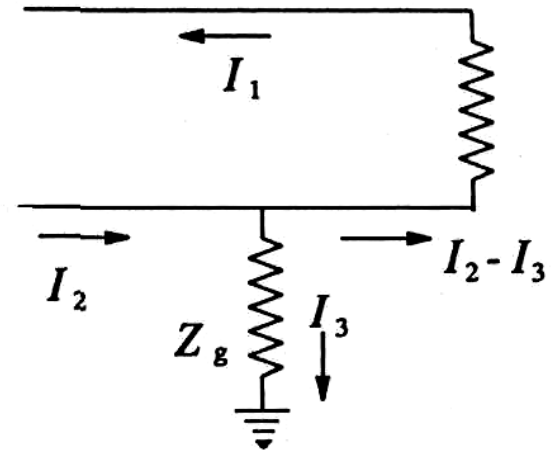
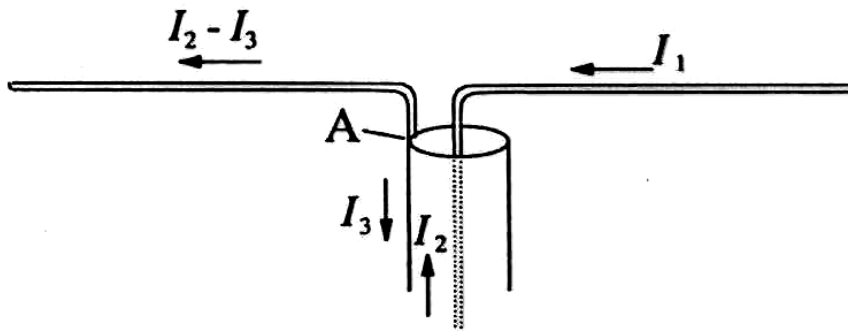
# Prilagajanje dipolov



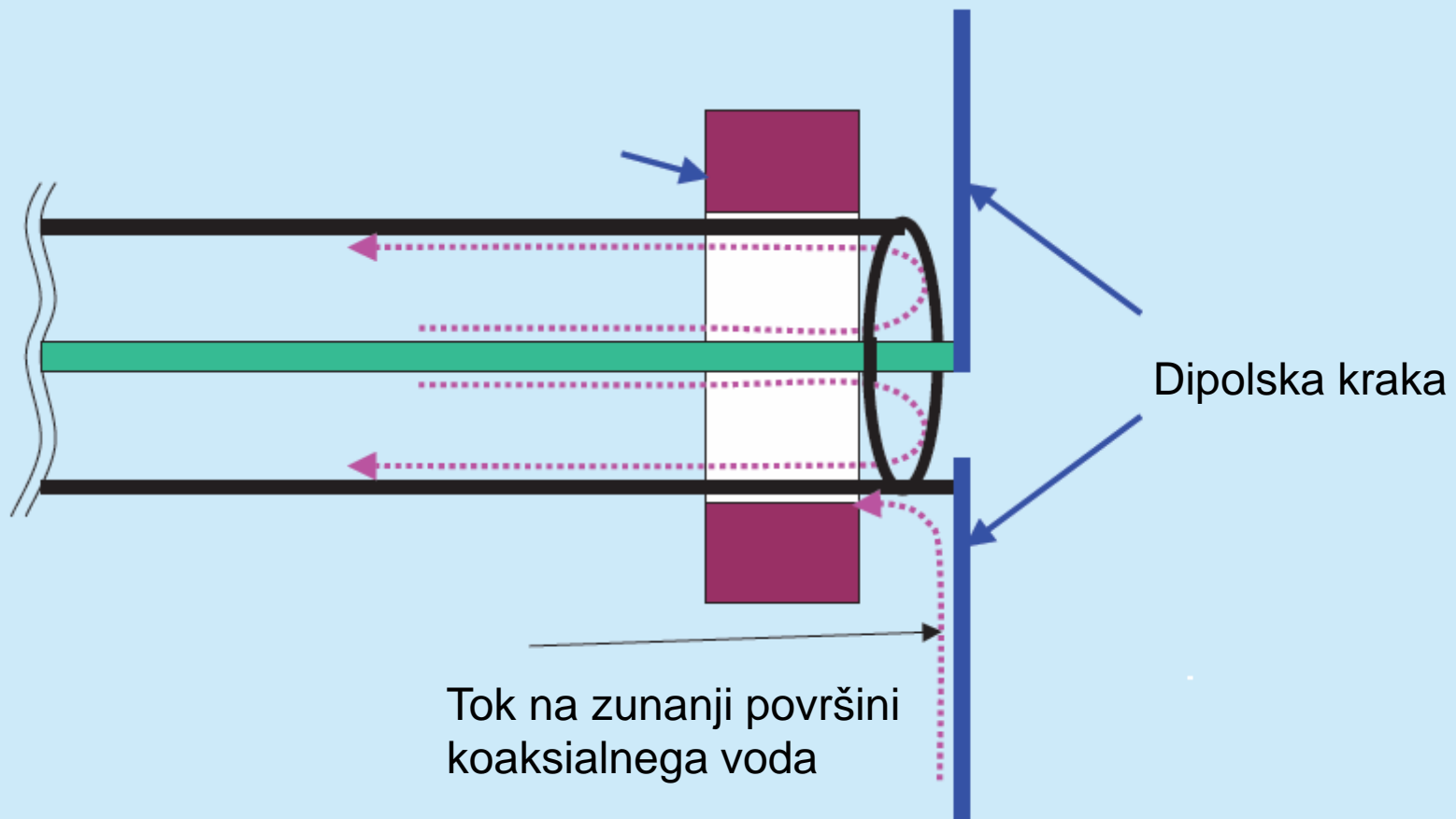
# Vzbujanje dipola s koaksialnim vodom<sup>66</sup>



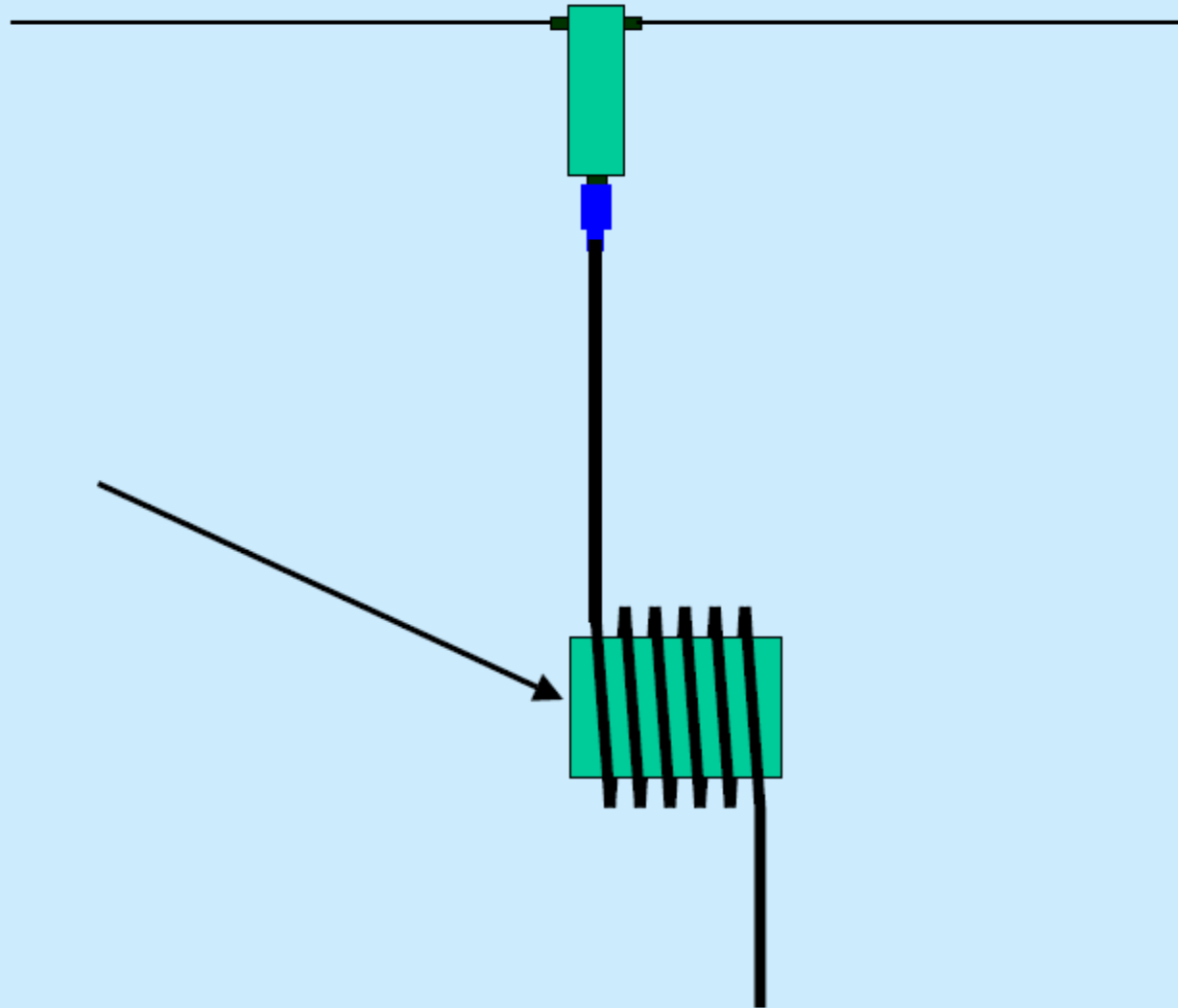
# Simetrične naprave 1/2



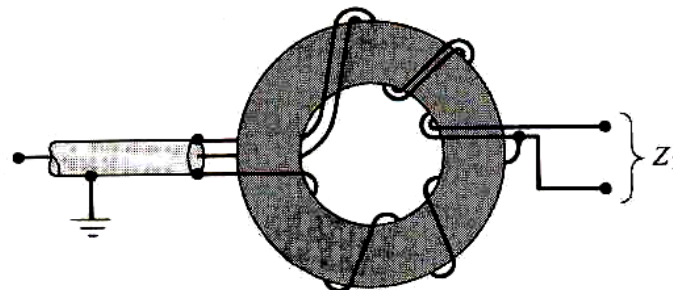
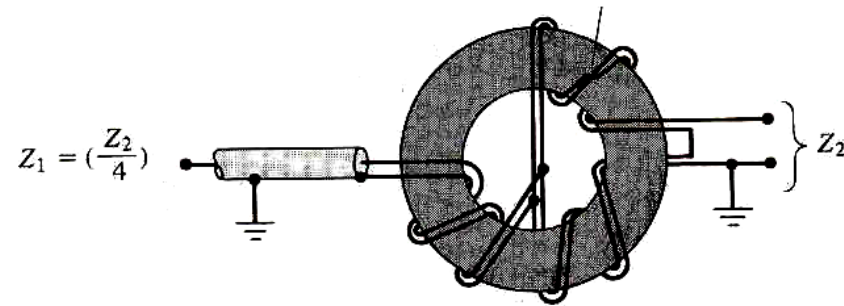
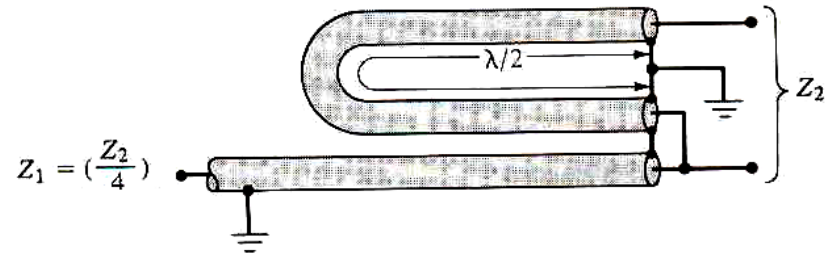
# Feritna zapora



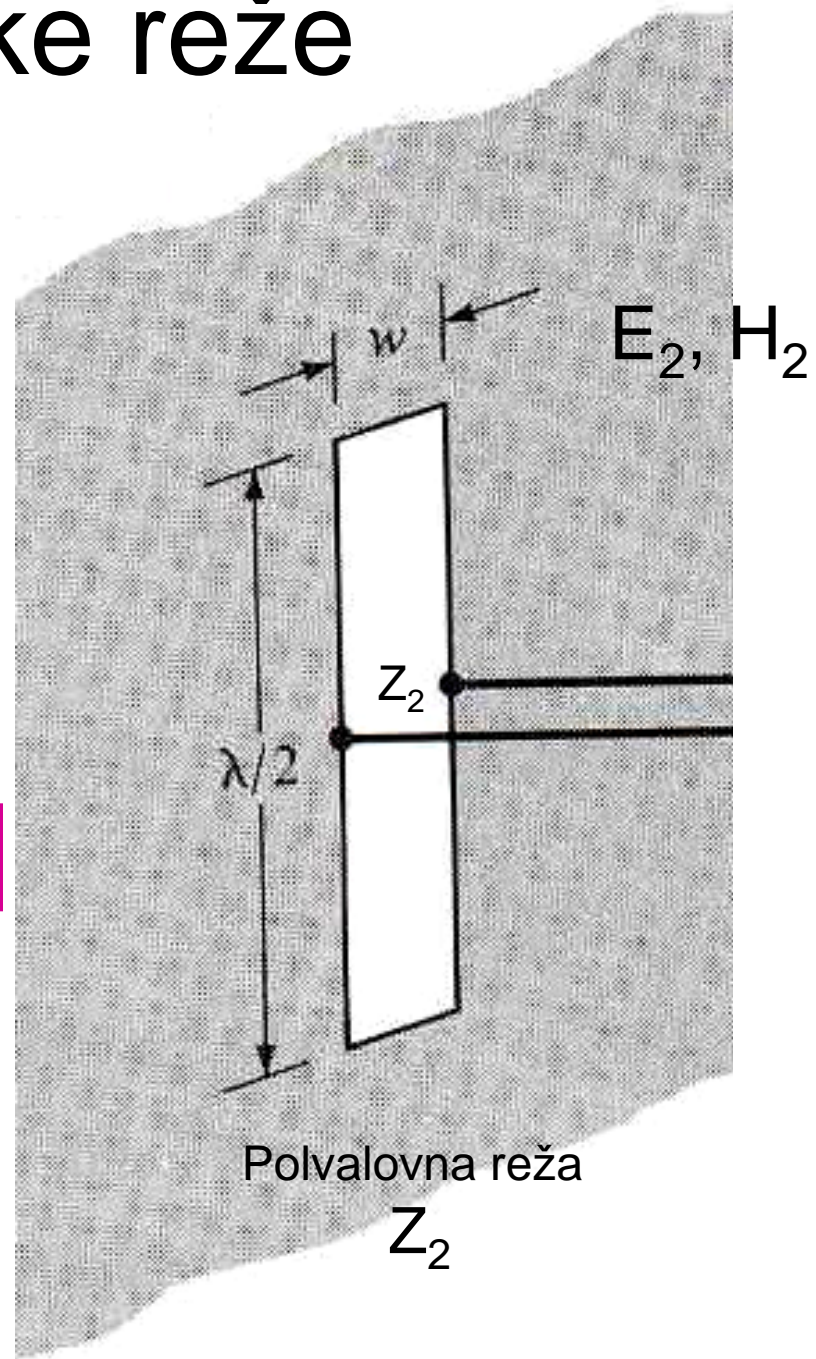
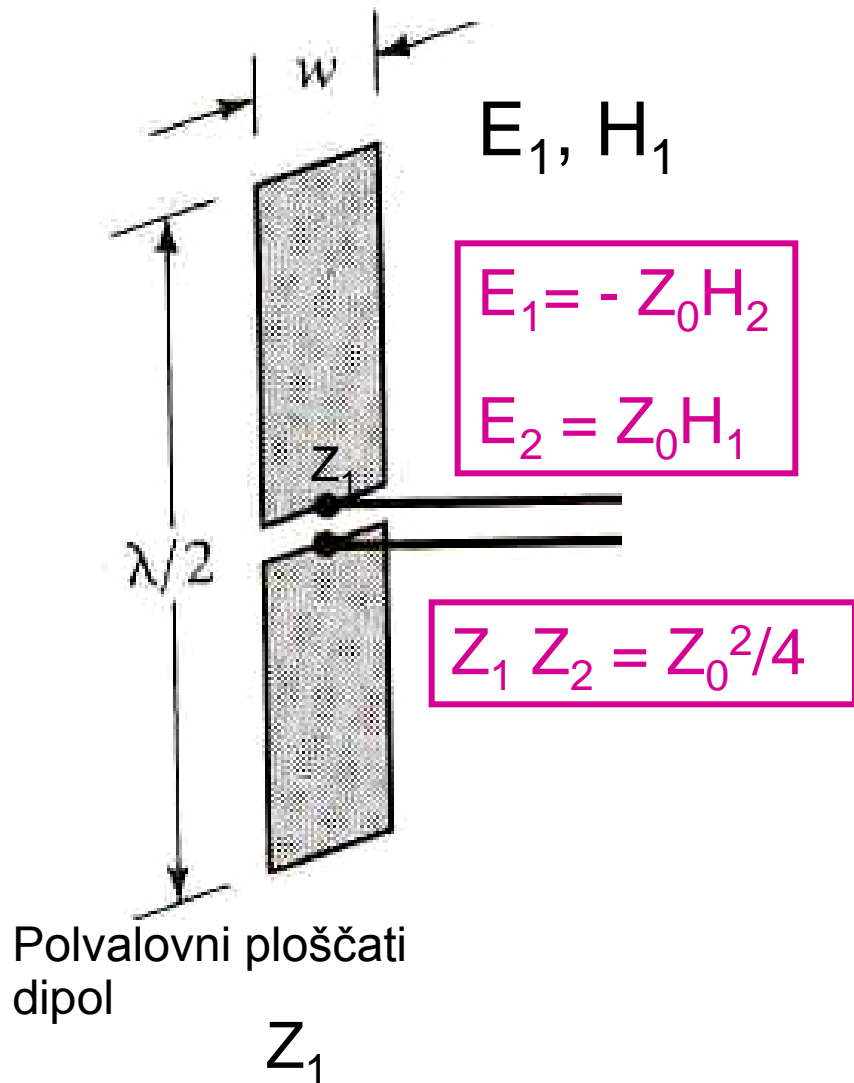
# Induktivna zapora



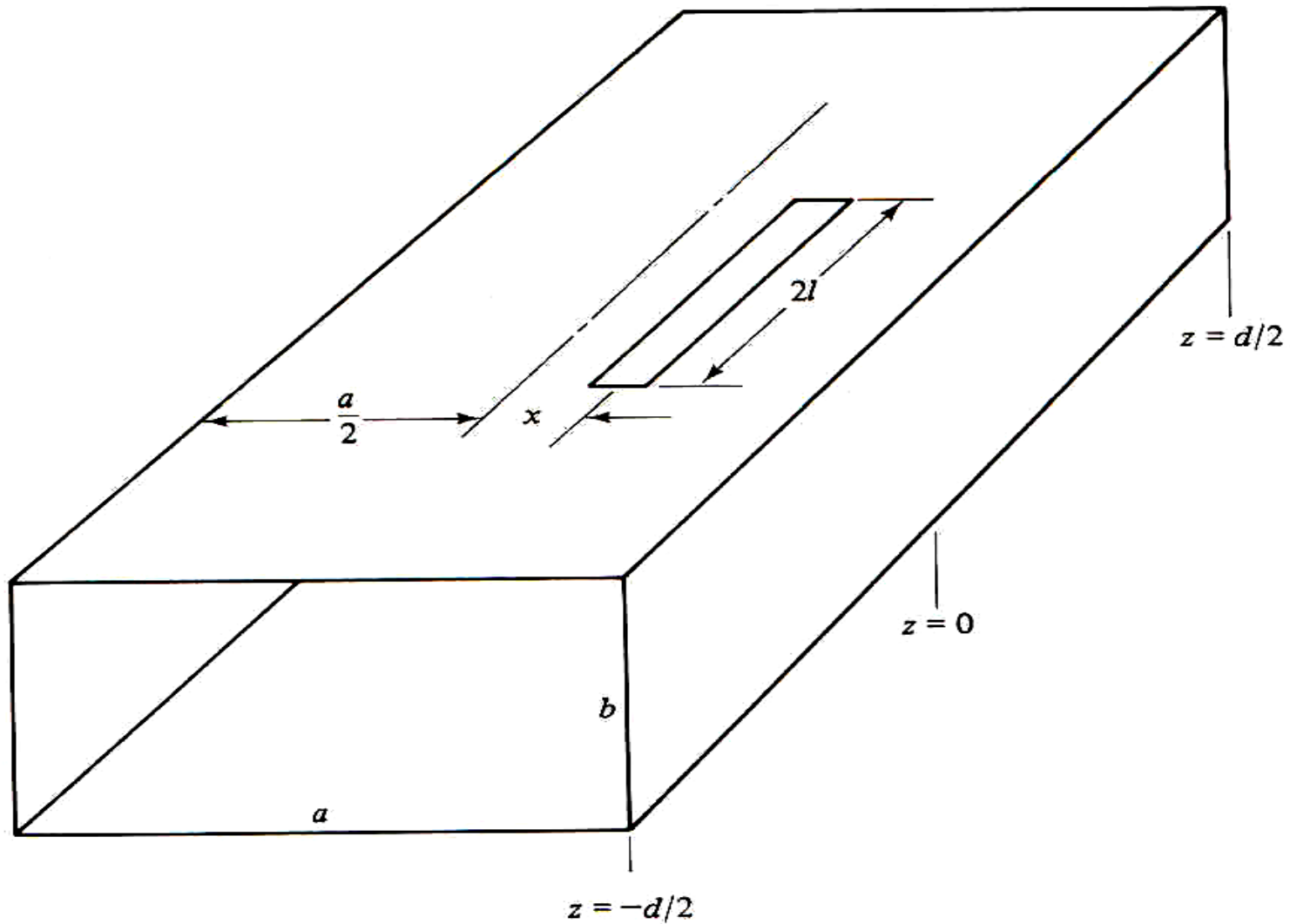
# Simetrične naprave 2/2



# Dipolske reže

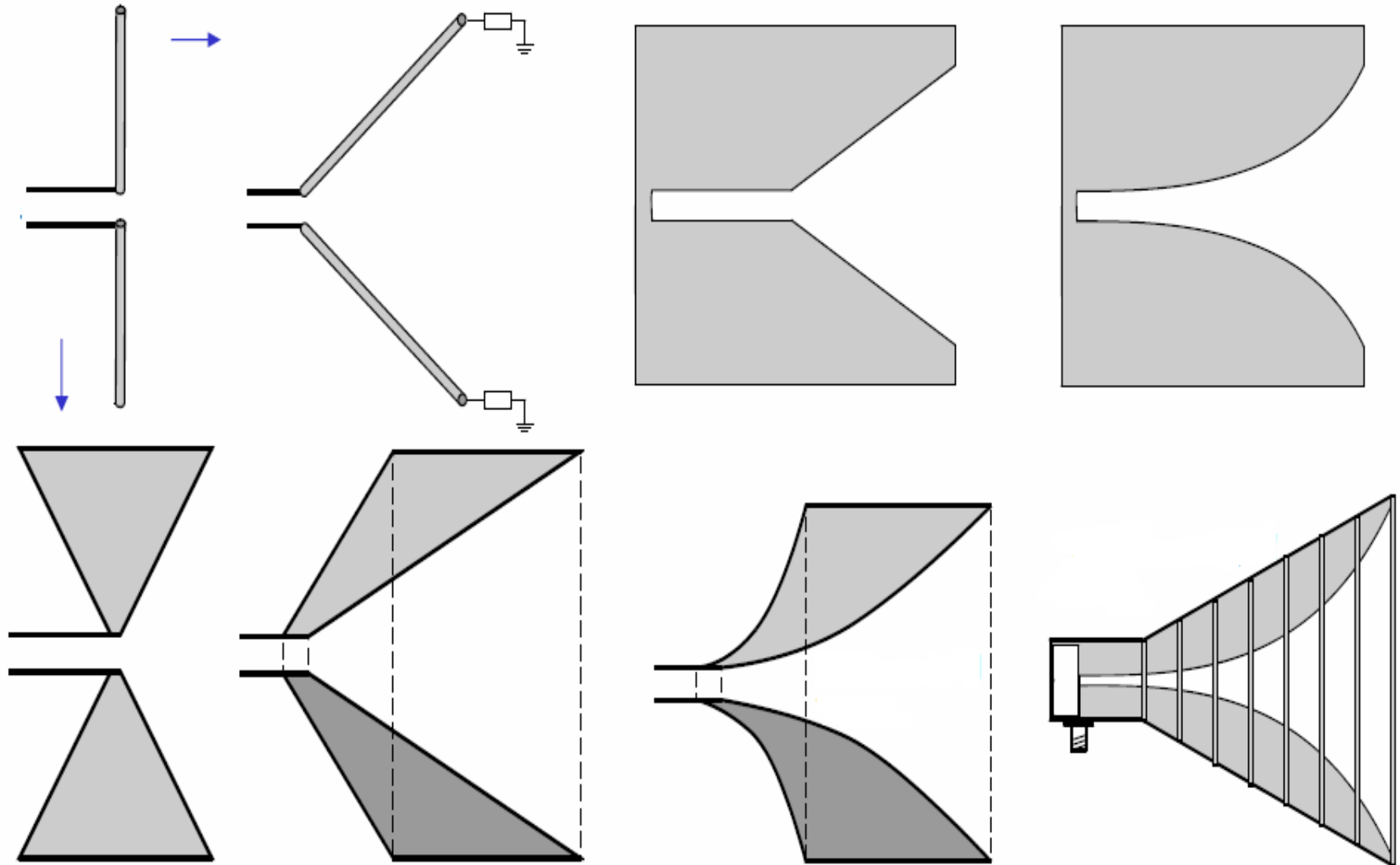


# Reža v široki stranici valovoda





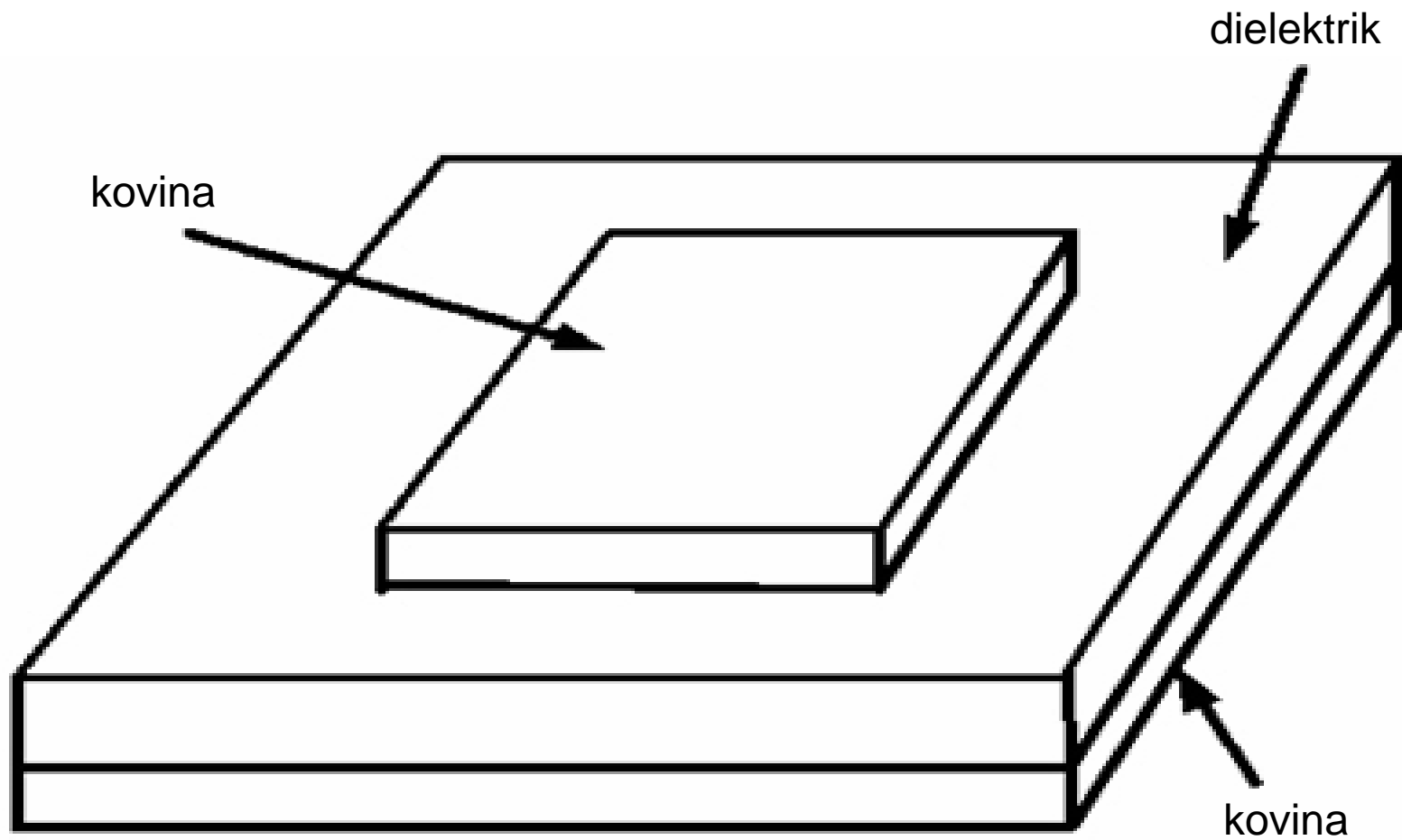
# Metamorfoza dipola



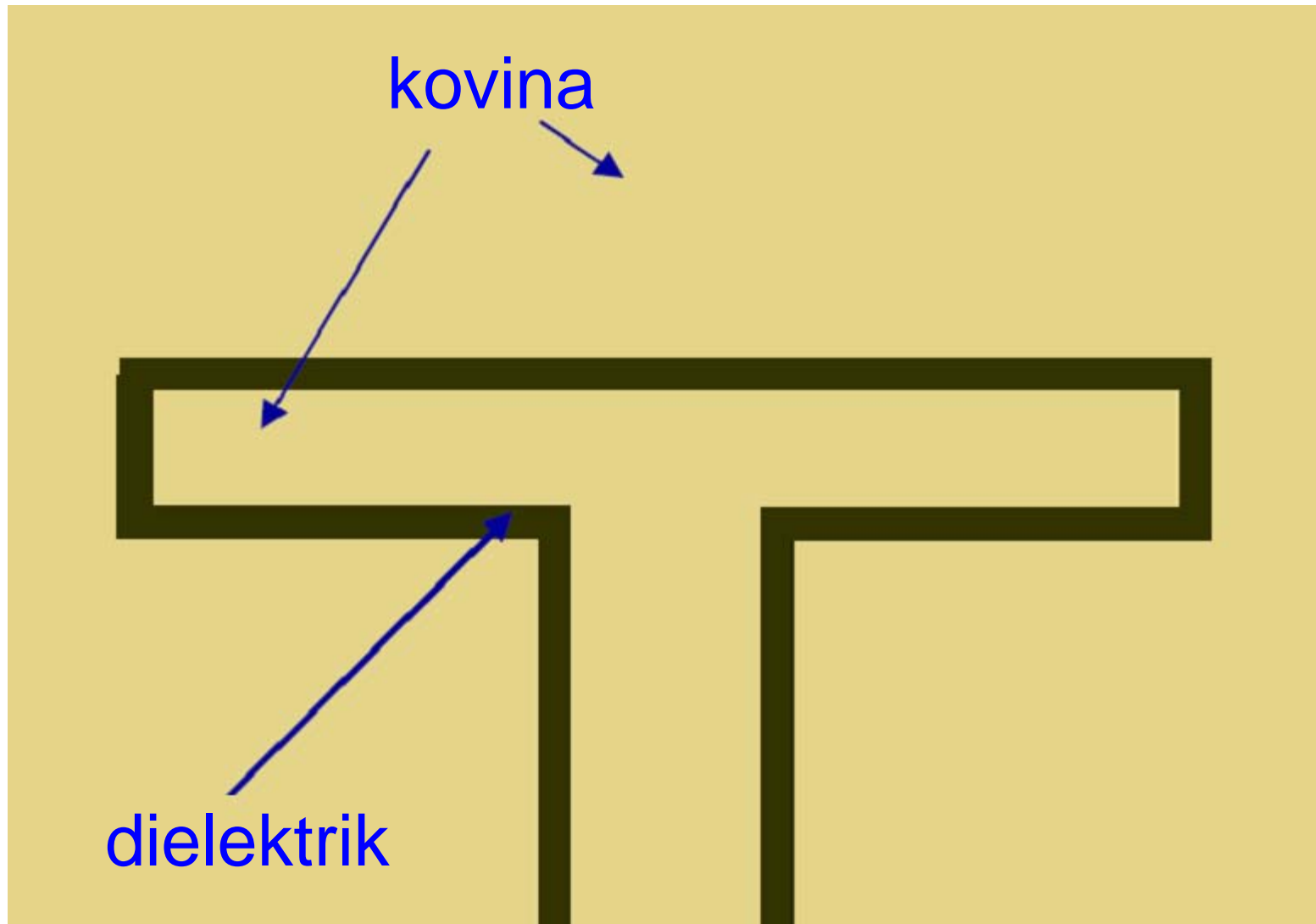
# Nekaj primerjalnih podatkov

<b>Antenna</b>	<b>Power Gain</b>	<b>Effective Area</b>
Isotropic	1	$\lambda^2/(4\pi)$
Small Dipole or Loop	1.5	$(1.5\lambda^2)/(4\pi)$
Half-Wave Dipole	1.64	$(1.64\lambda^2)/(4\pi)$
Horn, mouth area $A$	$(10A)/\lambda^2$	$0.81A$
Parabola, face area $A$	$(7A)/\lambda^2$	$0.56A$
Turnstile	1.15	$(1.15\lambda^2)/(4\pi)$

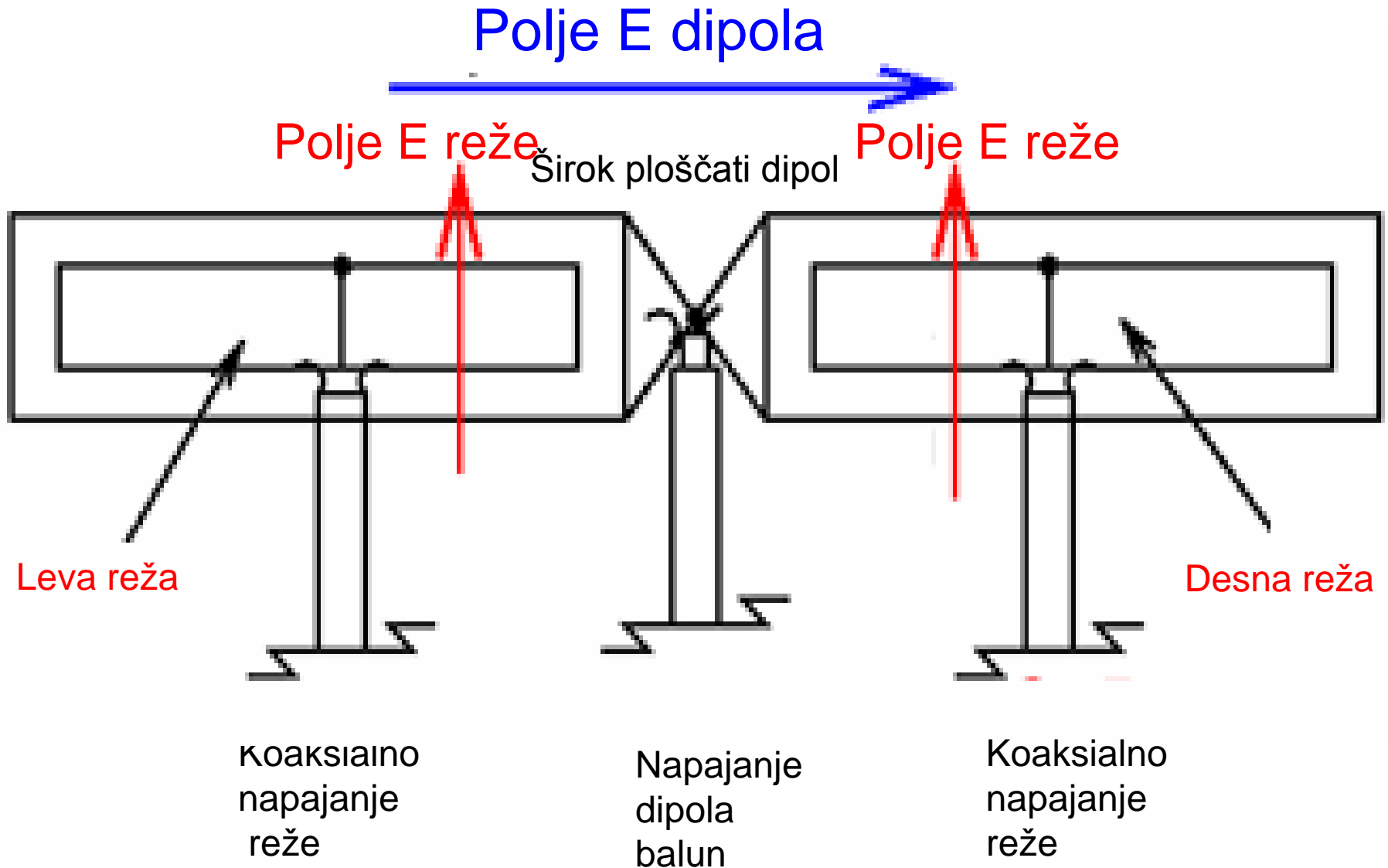
# Krpičasta antena



# Komplementarni zganjeni dipol



# Dualni ploščati dipol ( $\lambda$ dipol in dve $\lambda/2$ reži) <sup>77</sup>



# Širokopasovni bikonični dipol





# Križni zganjen dipol





# Okvirna antena



# Koaksialni dipol





# Skrajševalni faktor $\lambda$ dipola

