ESF II project of the University of West Bohemia in Pilsen
reg. number: CZ.02.2.69/0.0/0.0/18_056/0013239

KEI/ANT – Antennas

new presentation for lectures since academic year 2021/2022

EUROPEAN UNION
European Structural and Investment Funds
Operational Programme Research,
Development and Education

MINISTRY OF EDUCATION,
YOUTH AND SPORTS

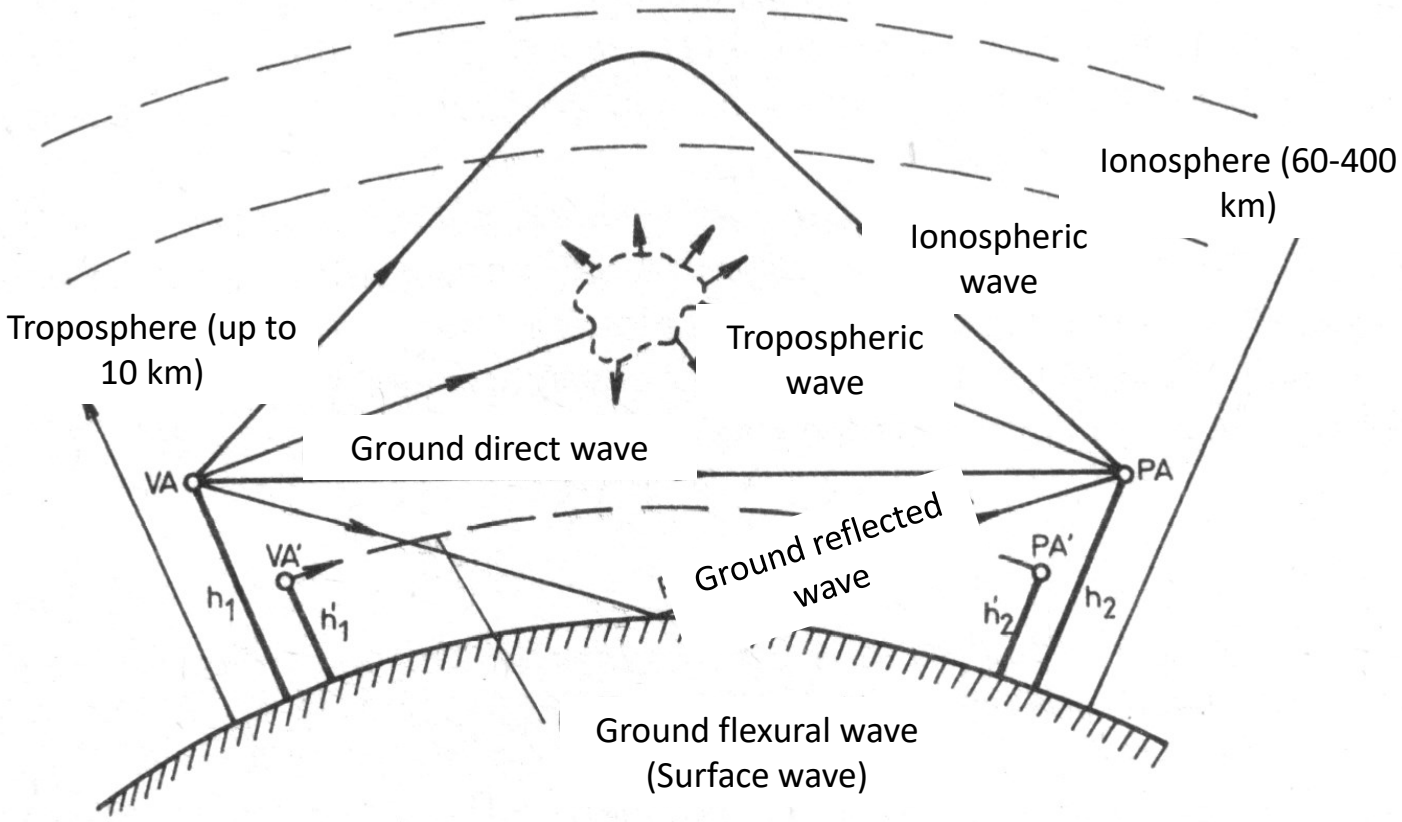
Modes of propagation in particular wavebands

Waveband	Short distances (100, max. 200 km)	Long distances	
		day	night
ELF (3 mHz-3 kHz)	surface, ionospheric	ionospheric	ionospheric
VLF (3-30 kHz)	surface, ionospheric	ionospheric	ionospheric
LF (30-300 kHz) (LW)	surface, ionospheric	ionospheric	ionospheric
MF (300-3000 kHz) (MW)	surface	surface	ionospheric
HF (3-30 MHz) (SW)	surface	ionospheric	ionospheric
VHF (30-300MHz) (VSW)	ground direct and reflected	ground direct and reflected, tropospheric	ground direct and reflected, tropospheric
UHF (300-3000 MHz)	ground direct and reflected	ground direct and reflected, tropospheric	ground direct and reflected, tropospheric
SHF (3-30 GHz)	ground direct and reflected	ground direct and reflected, tropospheric	ground direct and reflected, tropospheric
EHF (30-300 GHz)	direct	direct	direct
Optical Band	direct	direct	direct

EUROPEAN UNION
European Structural and Investment Funds
Operational Programme Research,
Development and Education

MINISTRY OF EDUCATION, YOUTH AND SPORTS

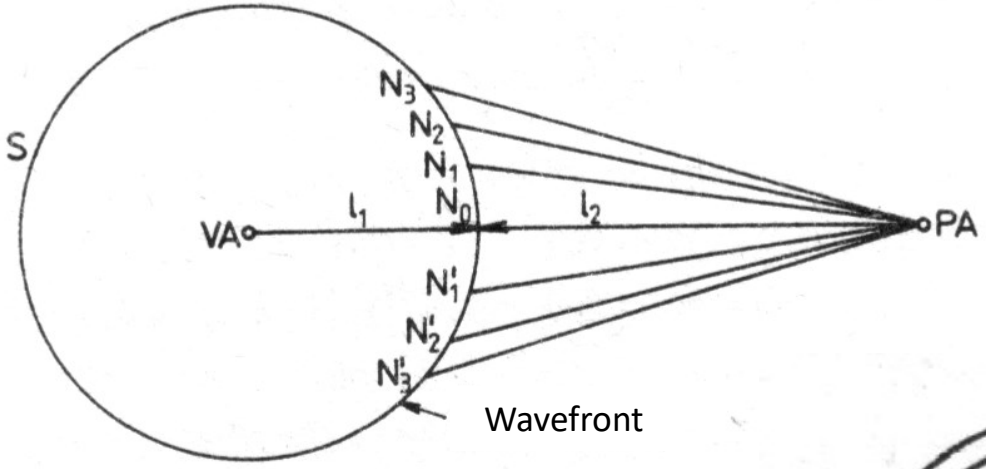
Modes of propagation of electromagnetic waves



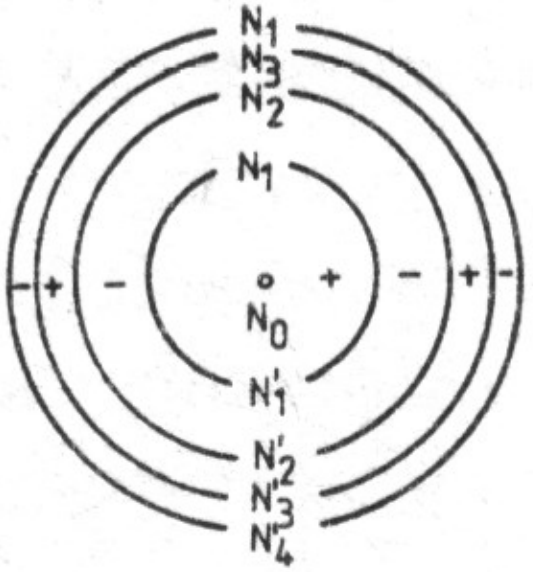
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Propagation of ground waves



Determining Fresnel regions on the sphere surface

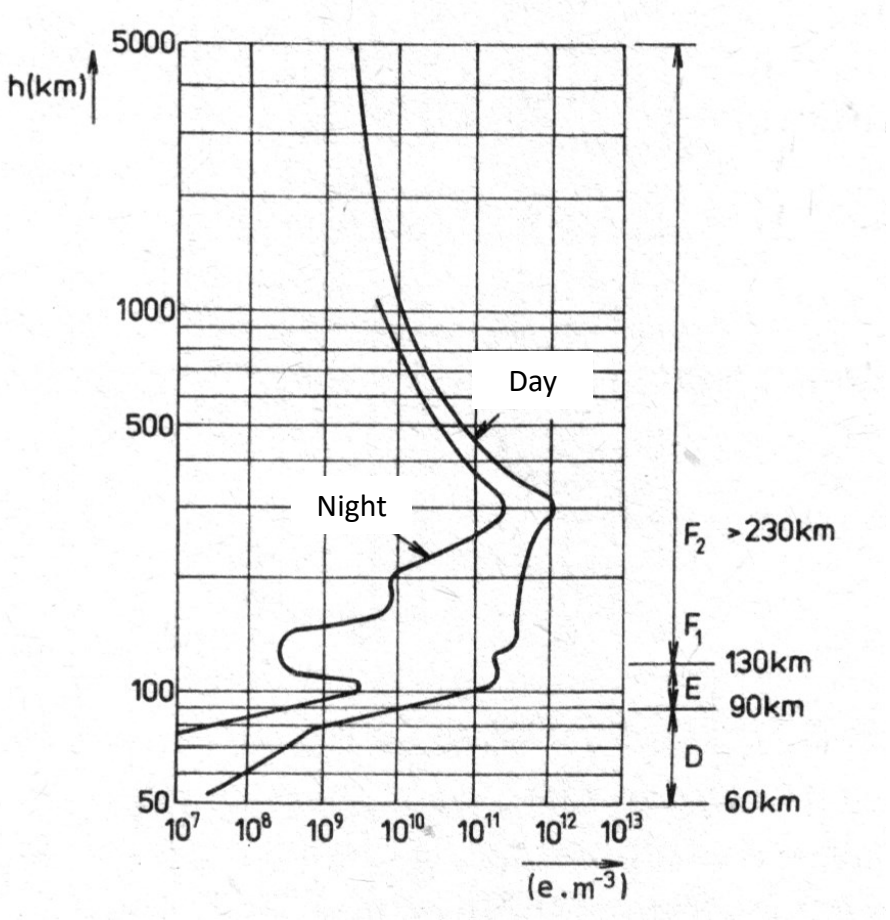


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Propagation of ionospheric waves

Typical altitude profile of electron density

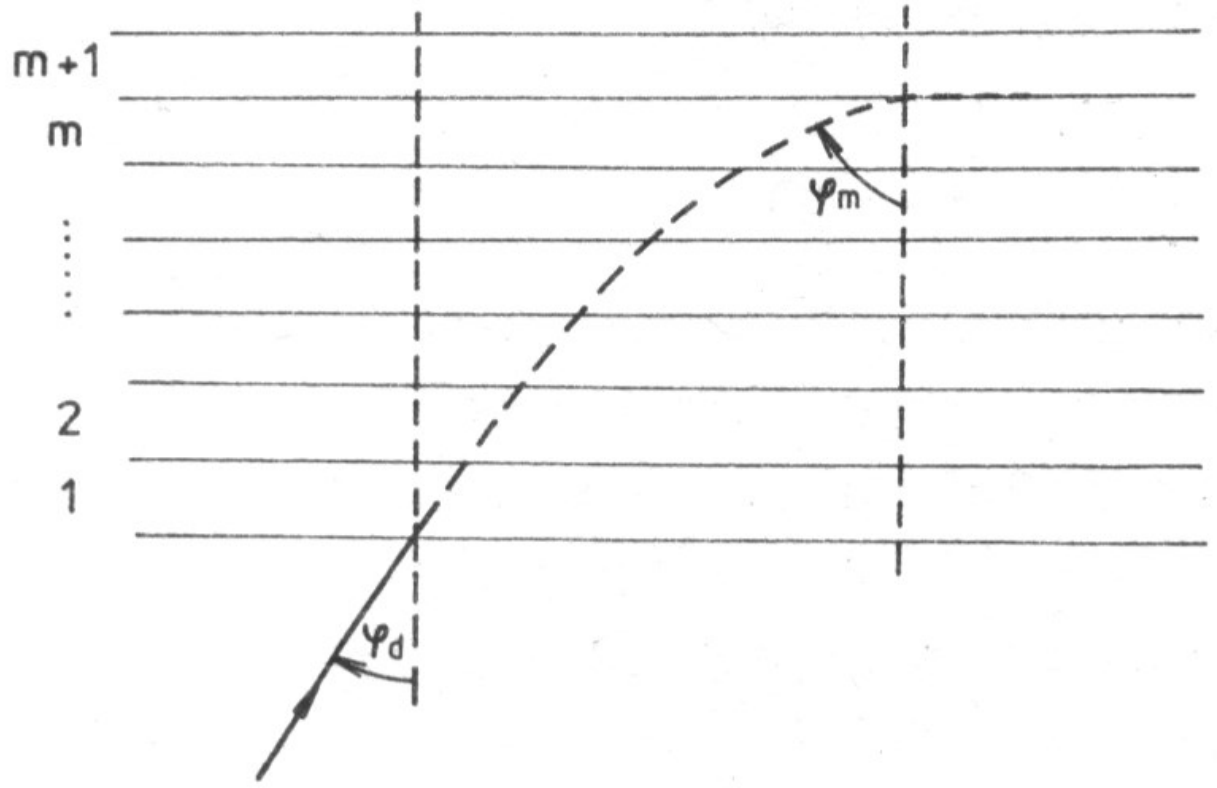


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Propagation of ionospheric waves

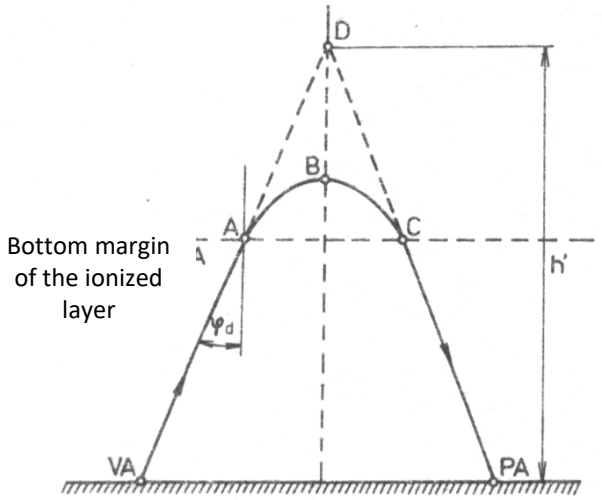
Propagation of electromagnetic wave in flatly layered ionosphere



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

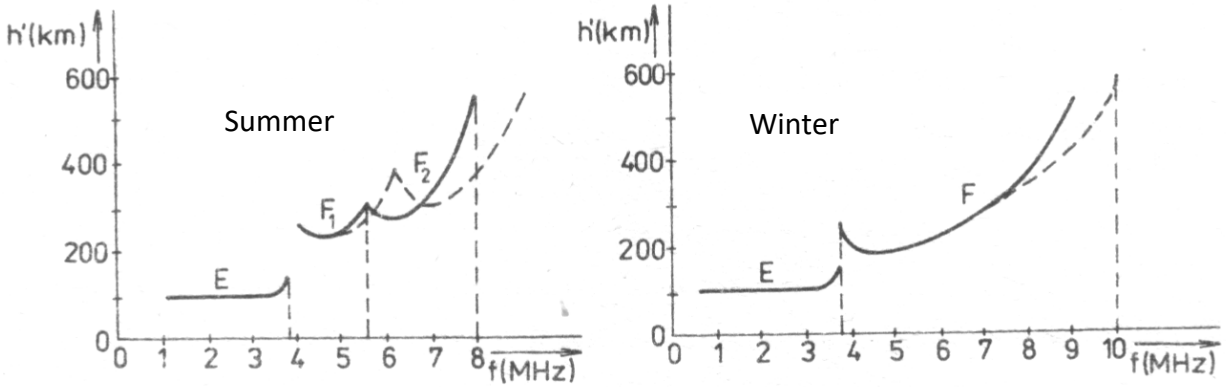
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Šíření ionosférických vln



Virtual and real height of reflection

Schematic characteristics of ionosphere in the summer and winter period

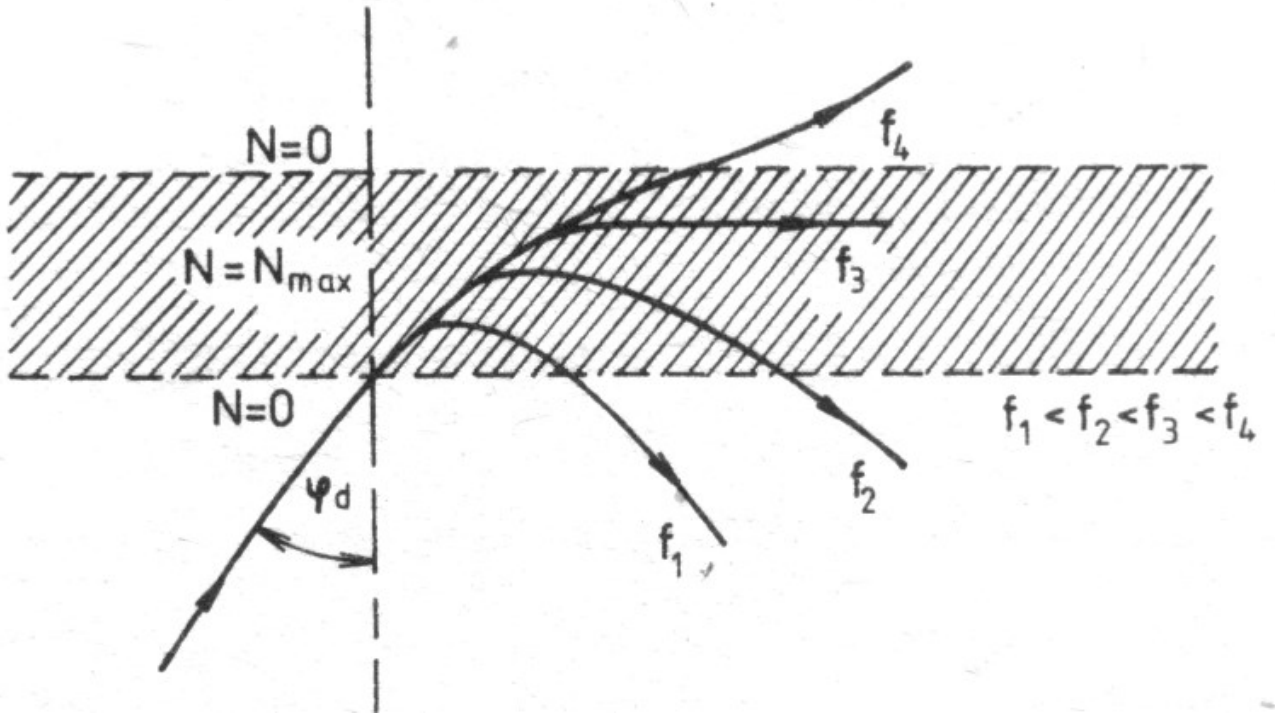


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Propagation of ionospheric waves

Wave trajectories for different frequencies

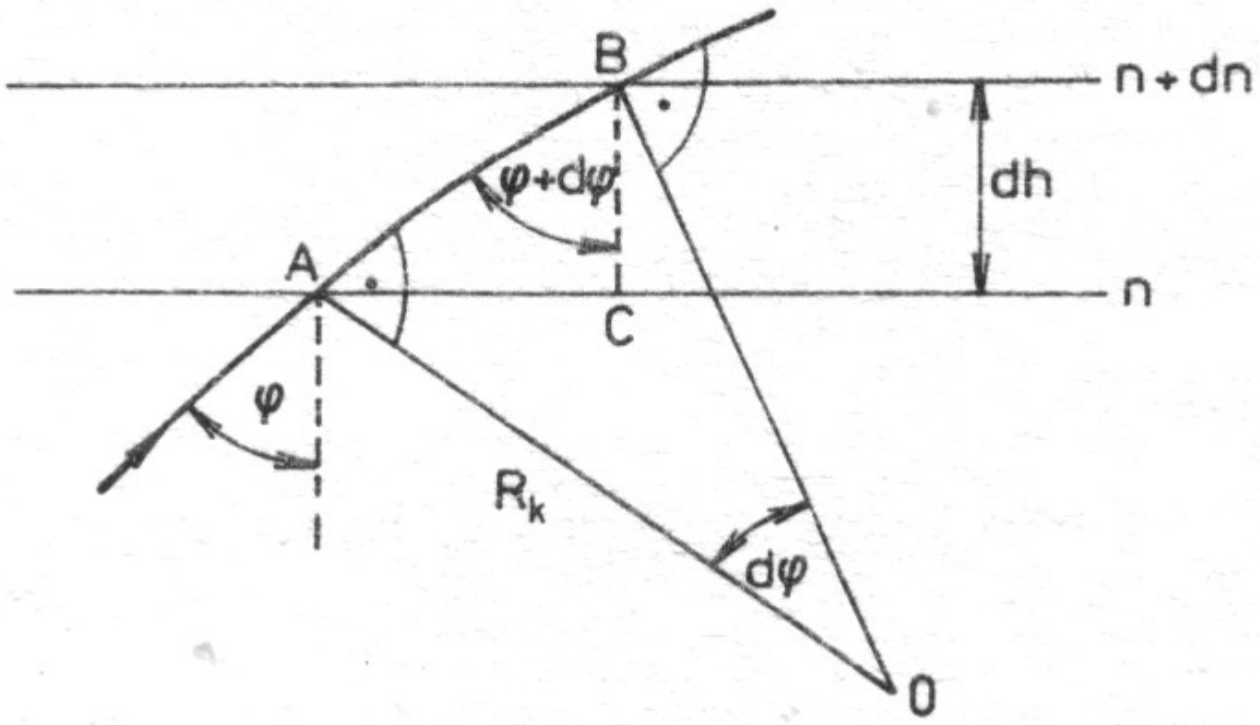


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Tropospheric waves: Tropospheric refraction

Finding the radius of curvature of the ray

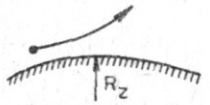
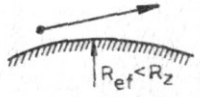
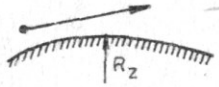
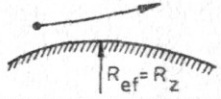
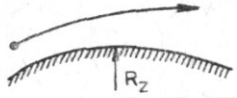
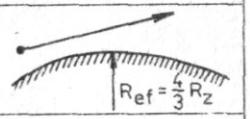
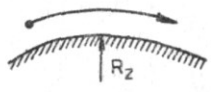
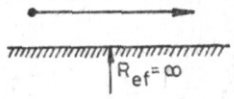
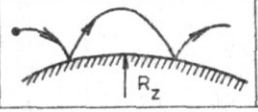
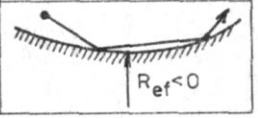


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Propagation of tropospheric waves

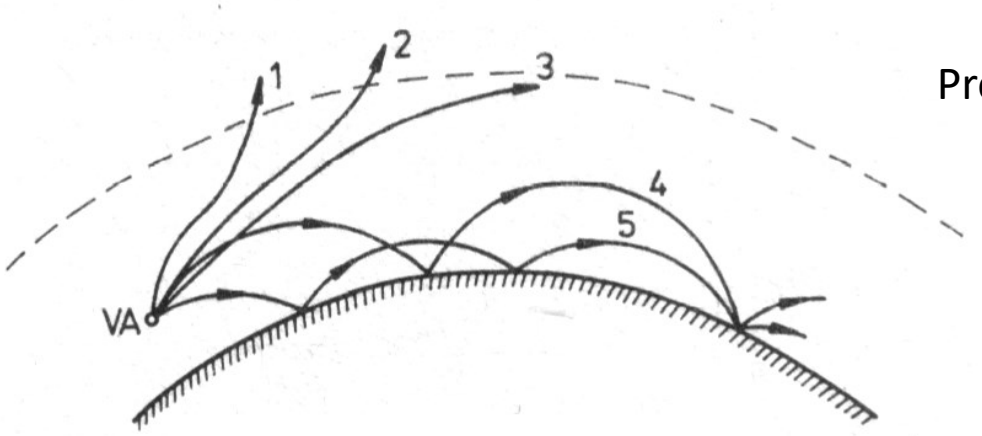
Types of tropospheric refraction

La-bel	Refraction type	$\frac{dN}{dh}$ (m^{-1})	R_k (m)	R_{ef} (m)	k_{ef}	Real path	Equivalent path
A	negative	> 0	< 0	$< 6{,}37 \cdot 10^6$	< 1		
B	zero	0	∞	$6{,}37 \cdot 10^6$	1		
C	positive						
C_1	sub-refraction	0 až $-0{,}04$	∞ až $2{,}5 \cdot 10^7$	$6{,}37 \cdot 10^6$ až $8{,}5 \cdot 10^6$	1 až 4/3		
C_2	standard refraction	$-0{,}04$	$2{,}5 \cdot 10^7$	$8{,}5 \cdot 10^6$	4/3		
C_3		$-0{,}04$ až $-0{,}157$	$2{,}5 \cdot 10^7$ až $6{,}37 \cdot 10^6$	$8{,}5 \cdot 10^6$ až ∞	4/3 až ∞		
C_4	critical refraction	$-0{,}157$	$6{,}37 \cdot 10^6$	∞	∞		
C_5	super-refraction	$< -0{,}157$	$< 6{,}37 \cdot 10^6$	< 0	< 0		

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

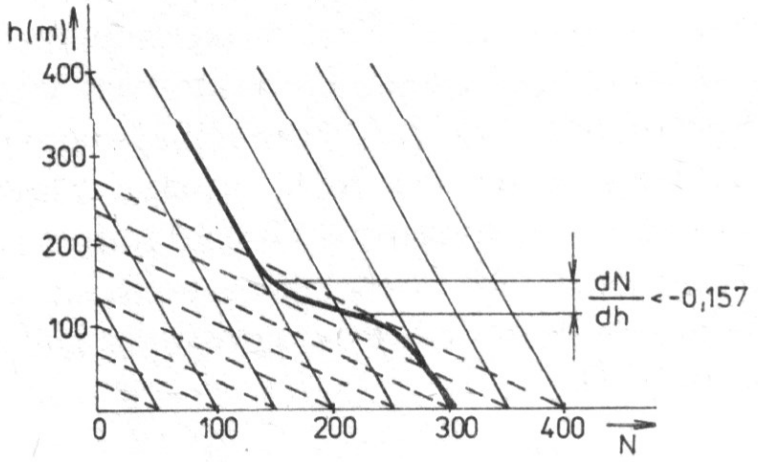
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Propagation of tropospheric waves



Propagation of electromagnetic waves at superrefraction

Inception of superrefraction

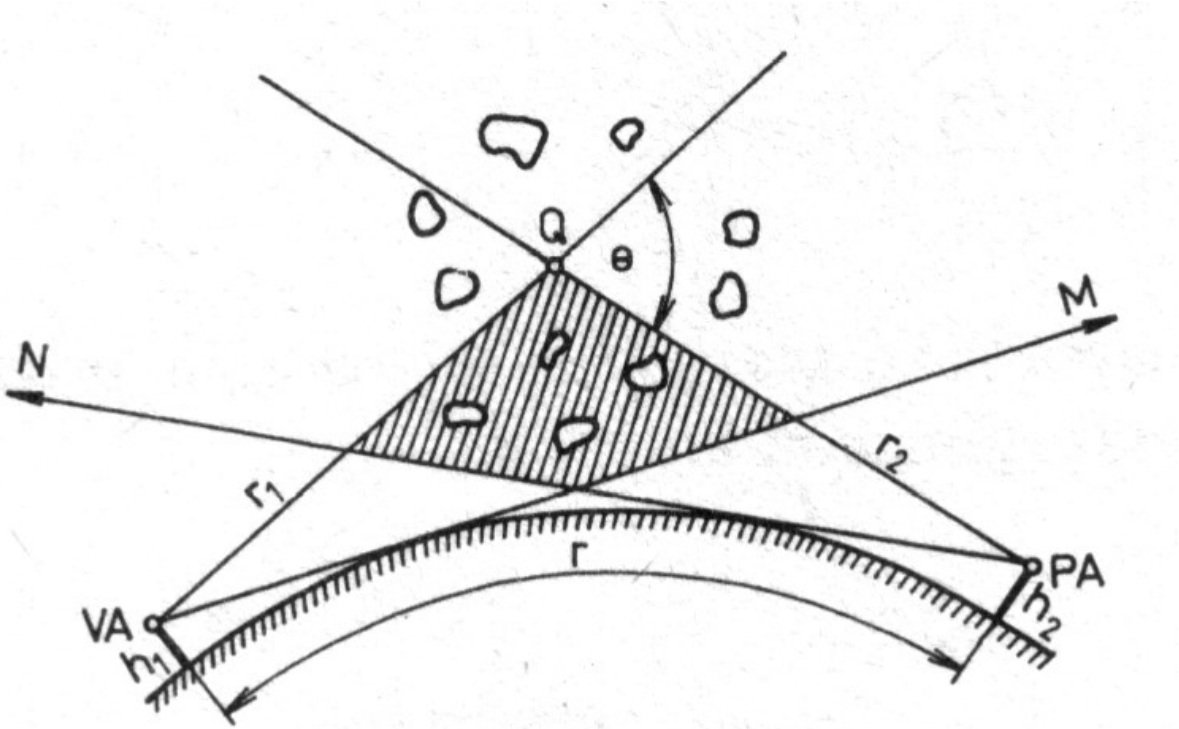


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Tropospheric waves: tropospheric scatter

Tropospheric radio link over horizon



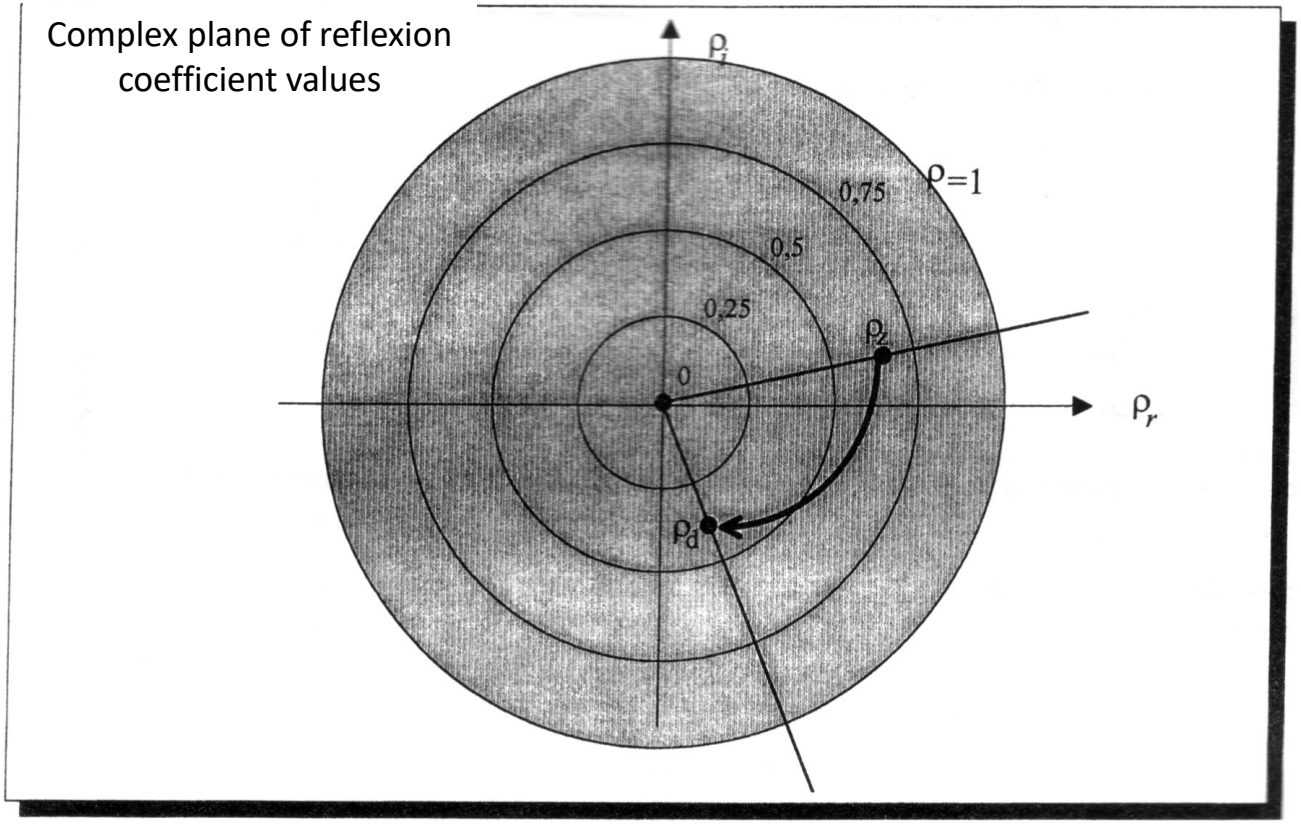
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Standing waves on the line

Transformation of reflection coefficient along the line

Complex plane of reflexion coefficient values

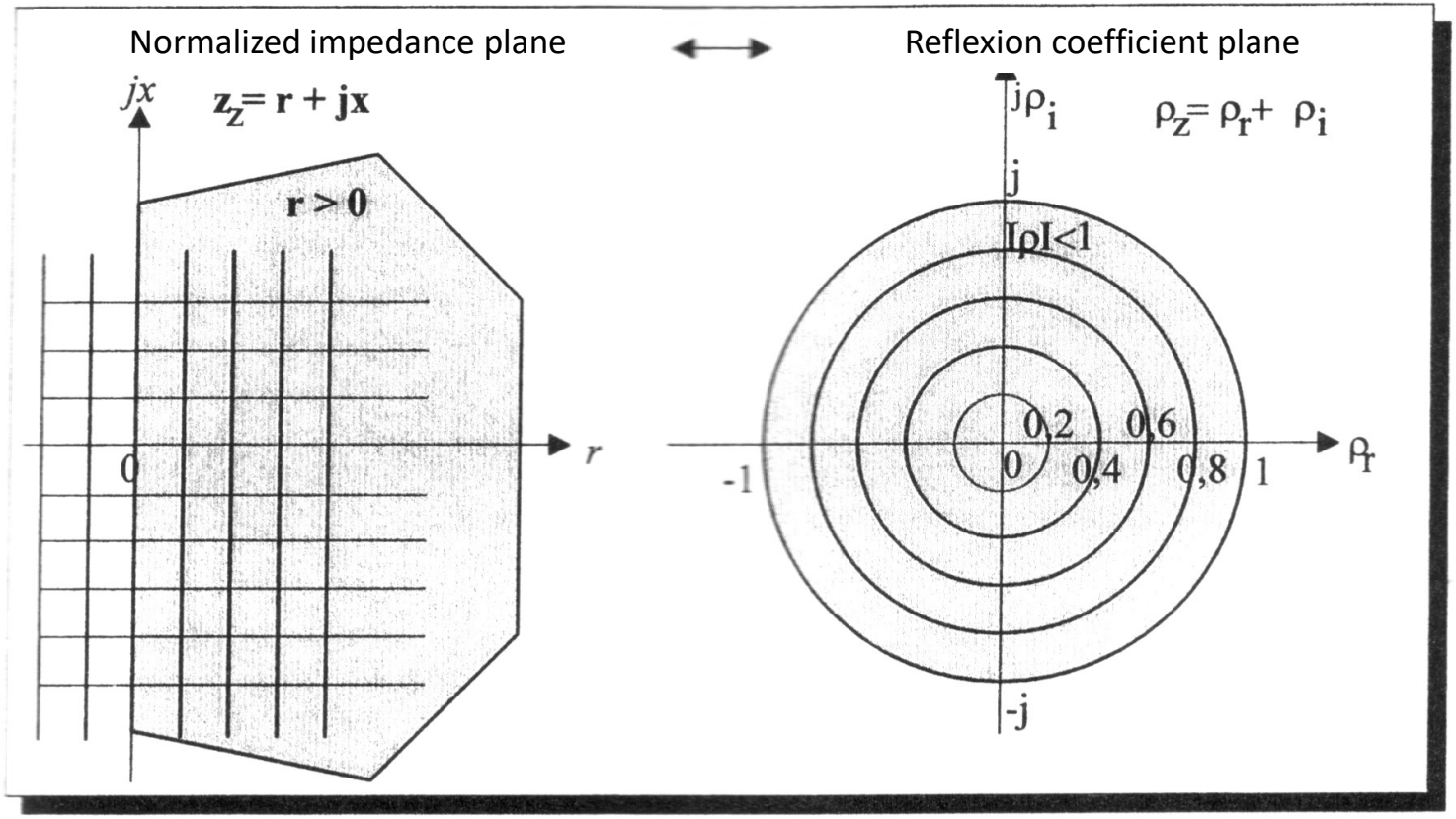


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Smith diagram

Projecting the half-plane of impedance into a closed circular region in the complex plane of the reflection coefficient

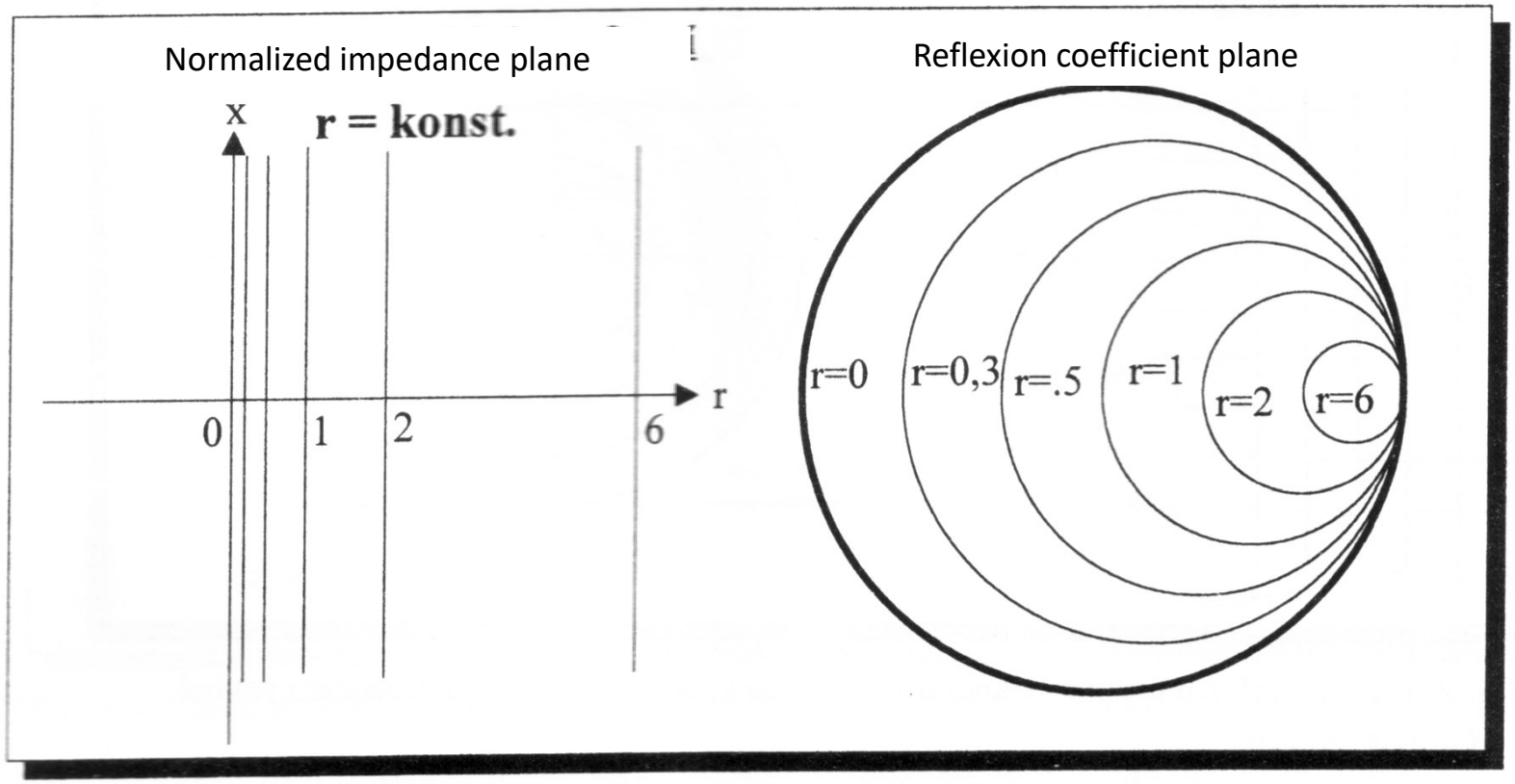


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Smith diagram

Circle of the constant real impedance

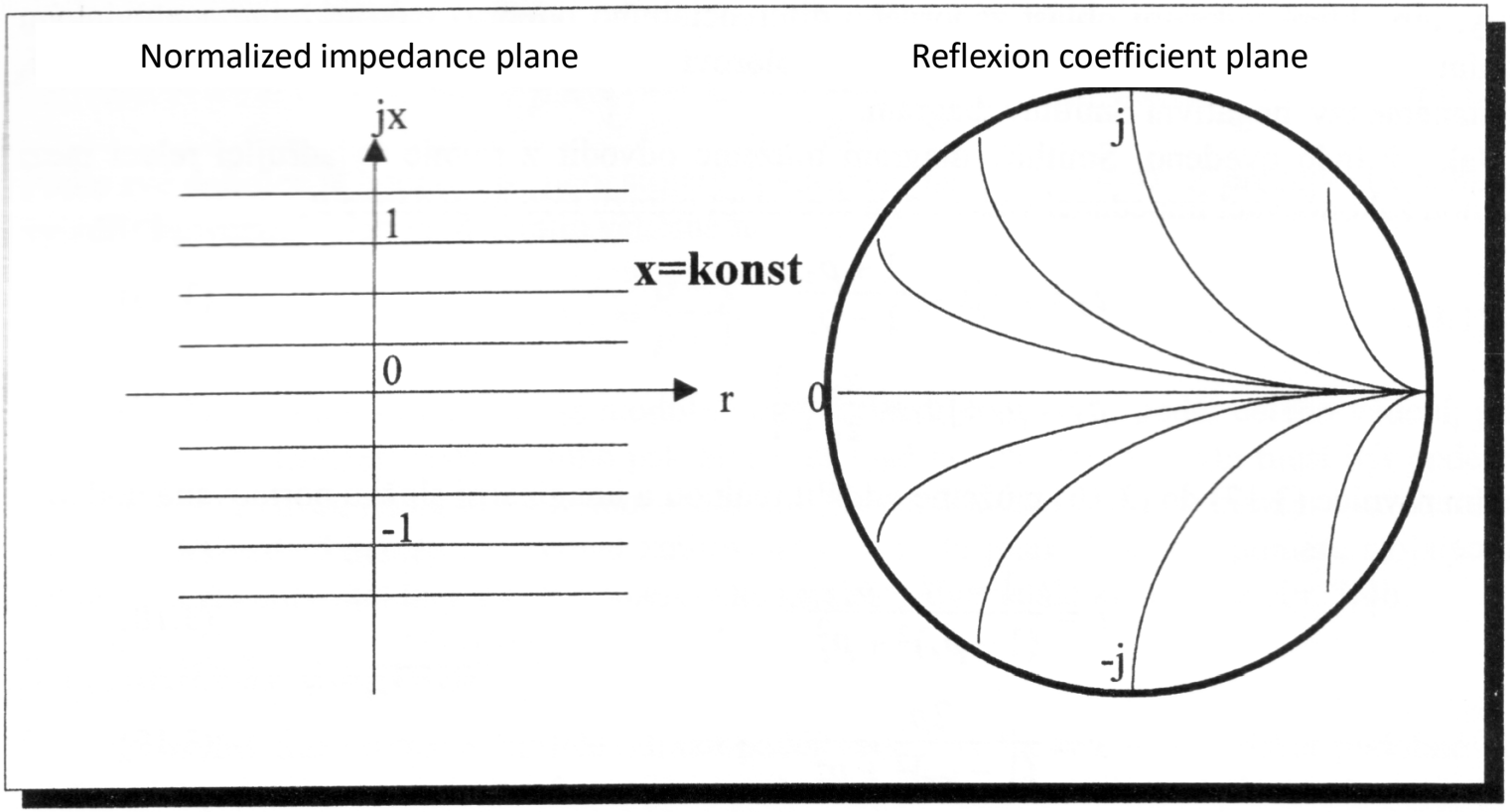


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Smith diagram

Circle of the constant imaginary impedance

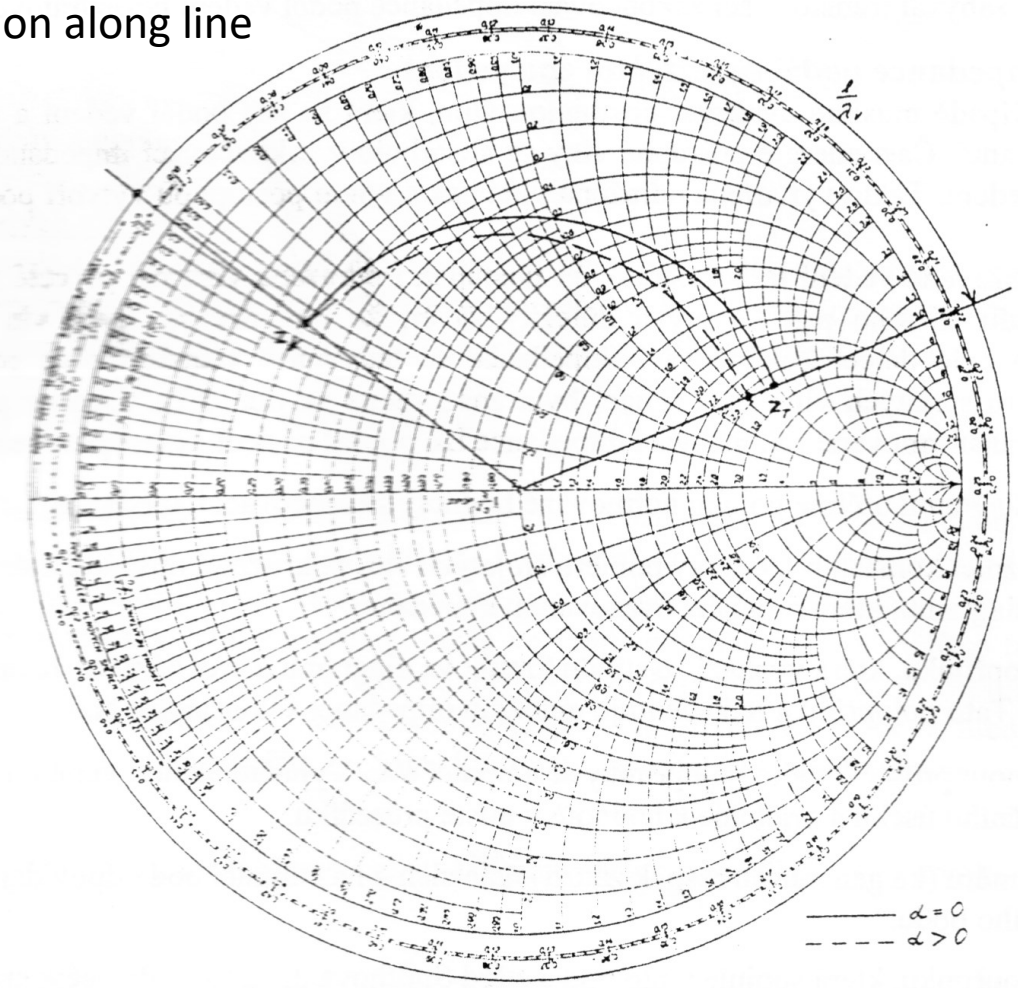


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Impedance transformation

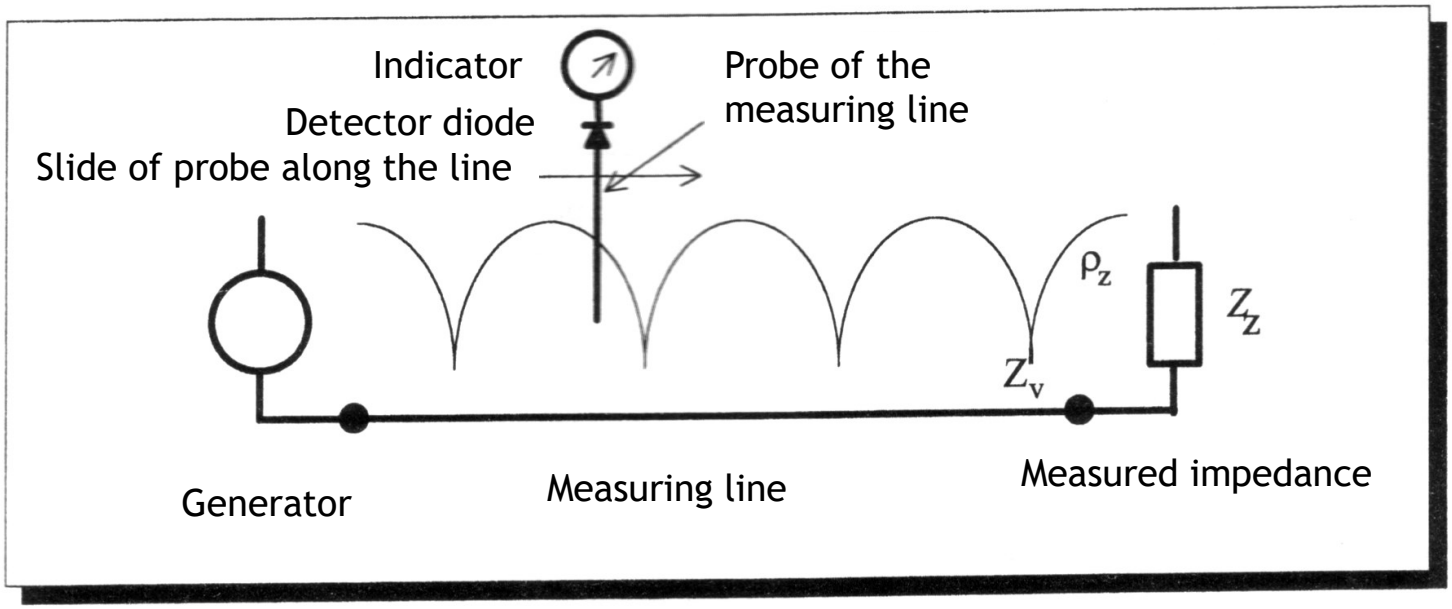
Example of impedance transformation along line



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Impedance measurement

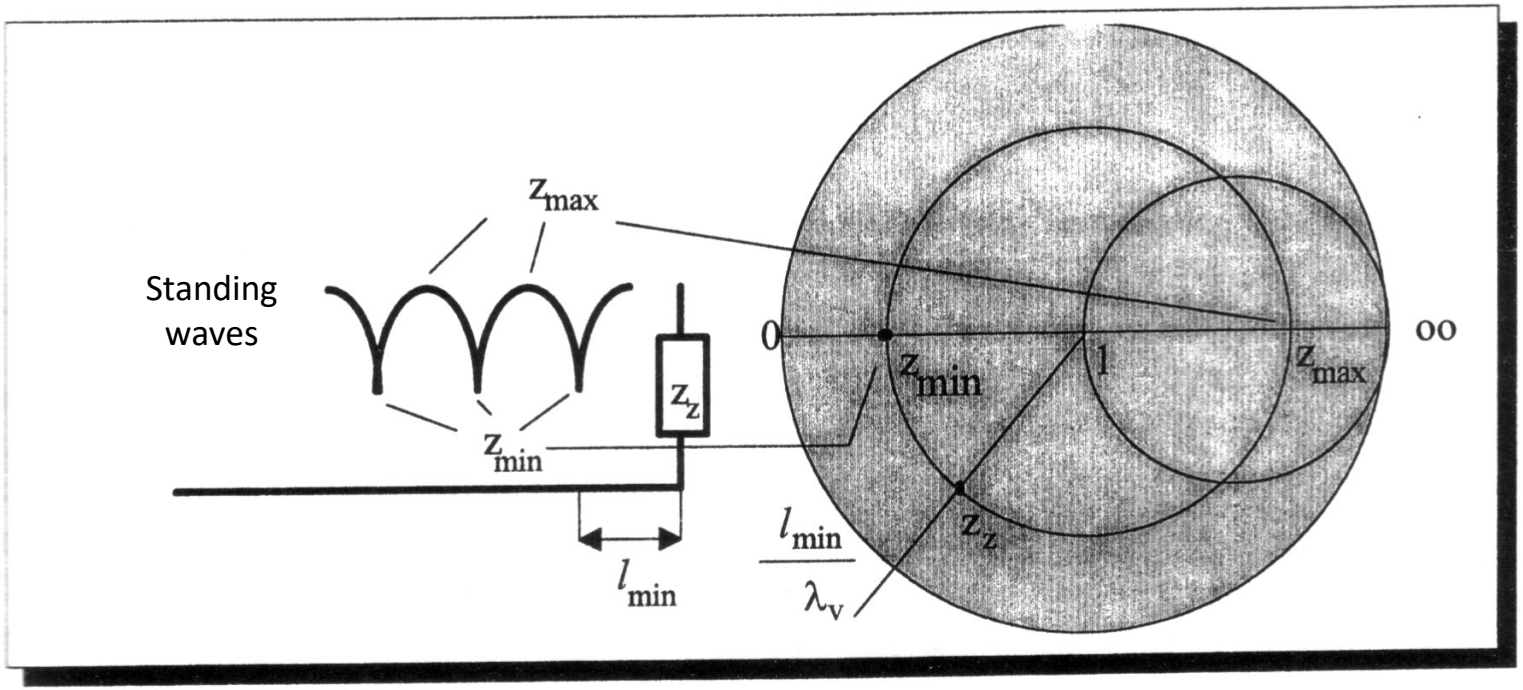


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Impedance measurement

Assignment of the line reference plane to the reference plane in the Smith chart

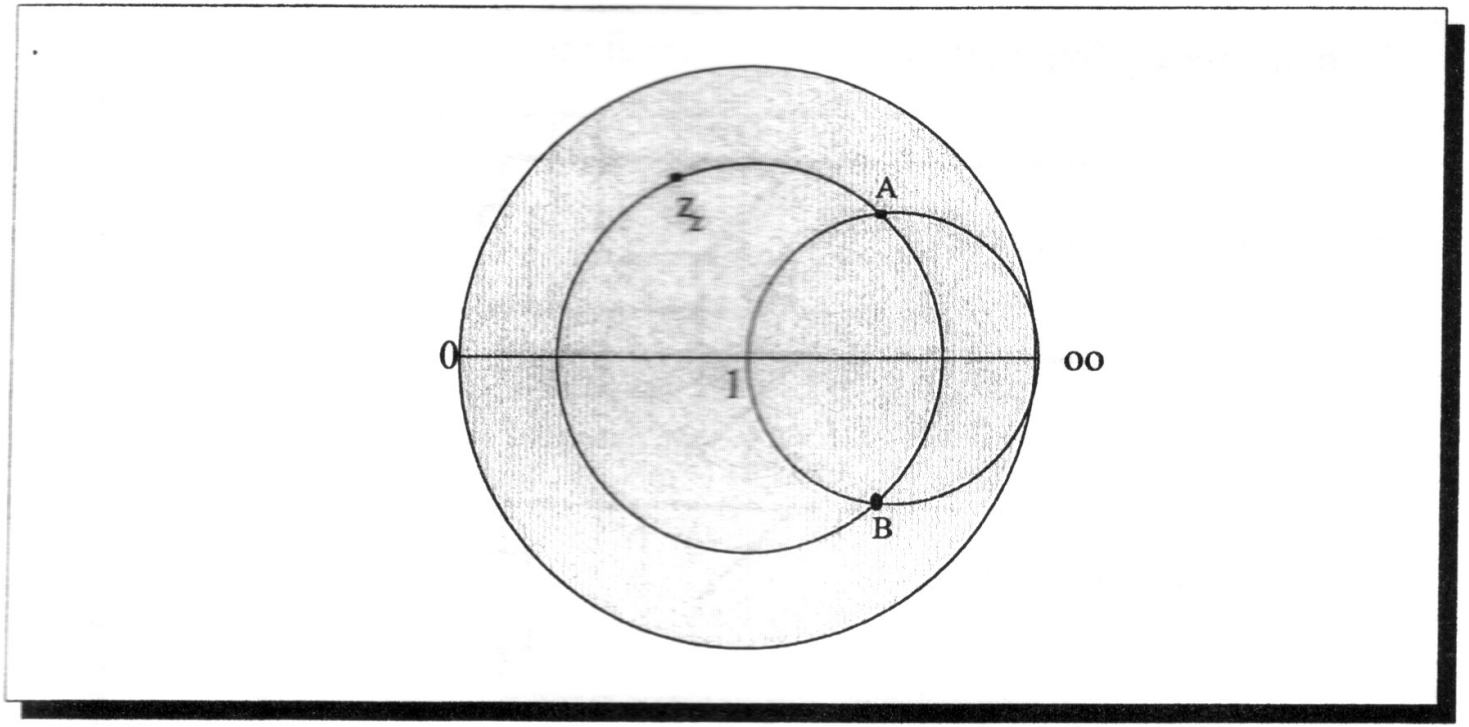


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Impedance matching

Transformation from the general position into origin of the diagram over intersection point with circle $r = 1$

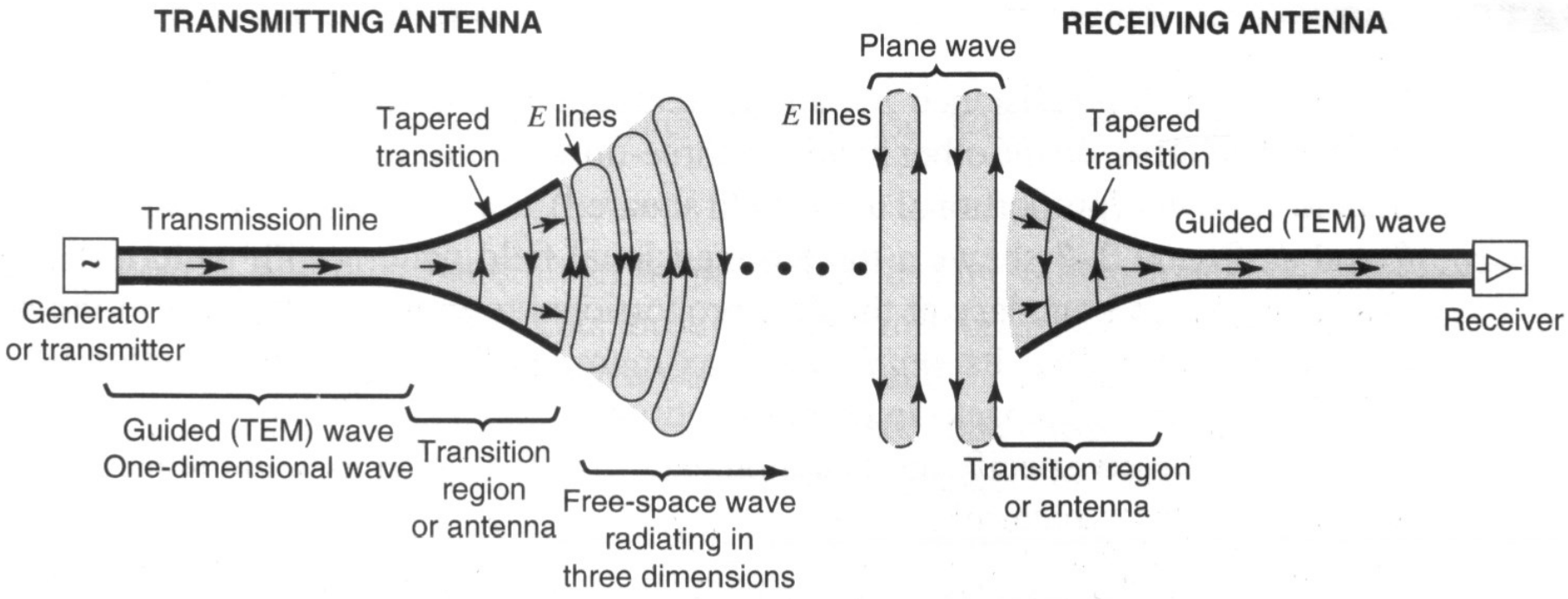


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Wireless link

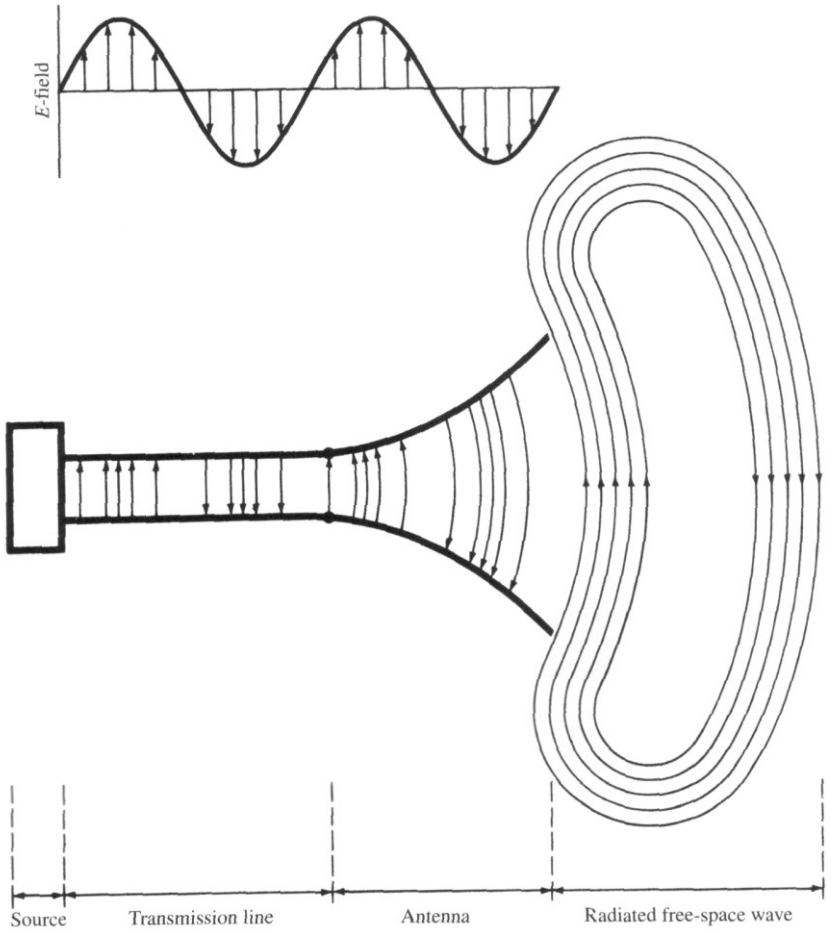
with transmitting and receiving antenna



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

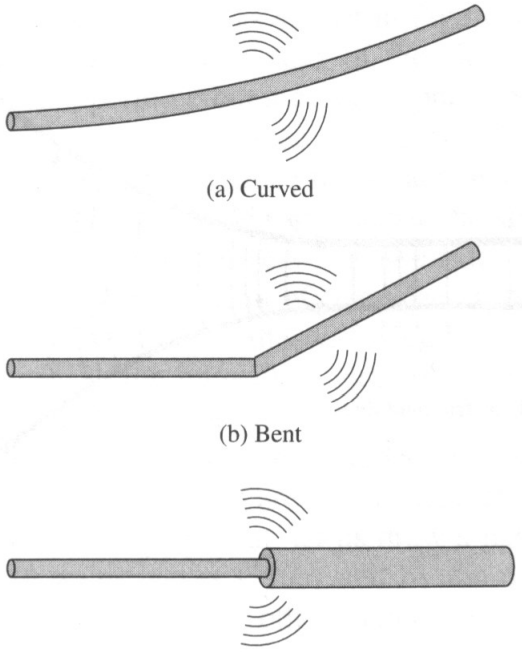
Antenna as a transformer

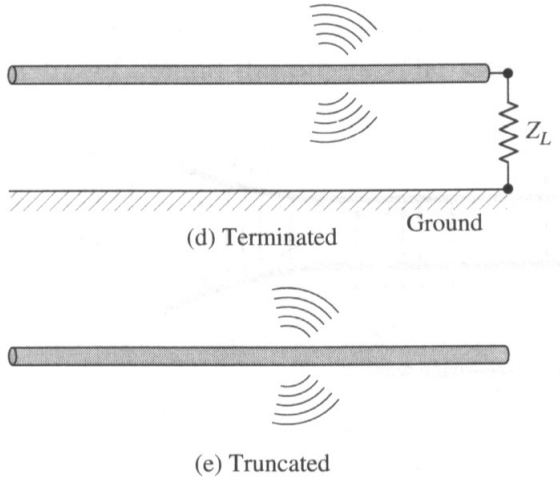


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Radiation from wires



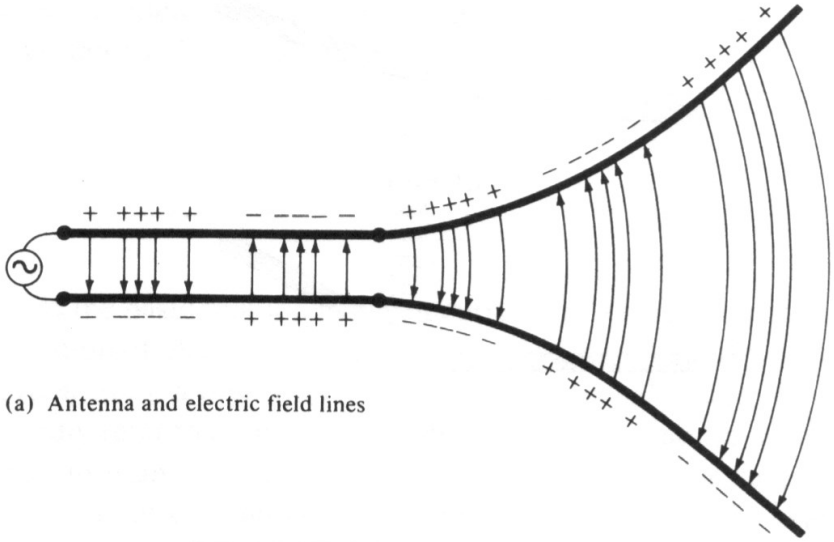


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

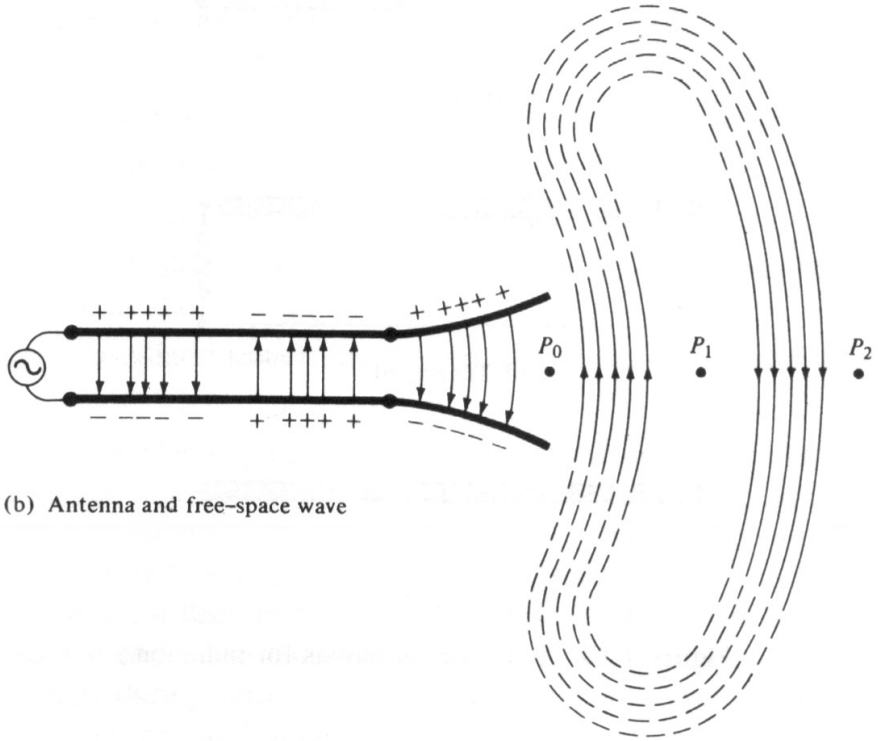
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Detachment of electromagnetic waves

Source, transmission line, antenna and detachment of electric field lines



(a) Antenna and electric field lines



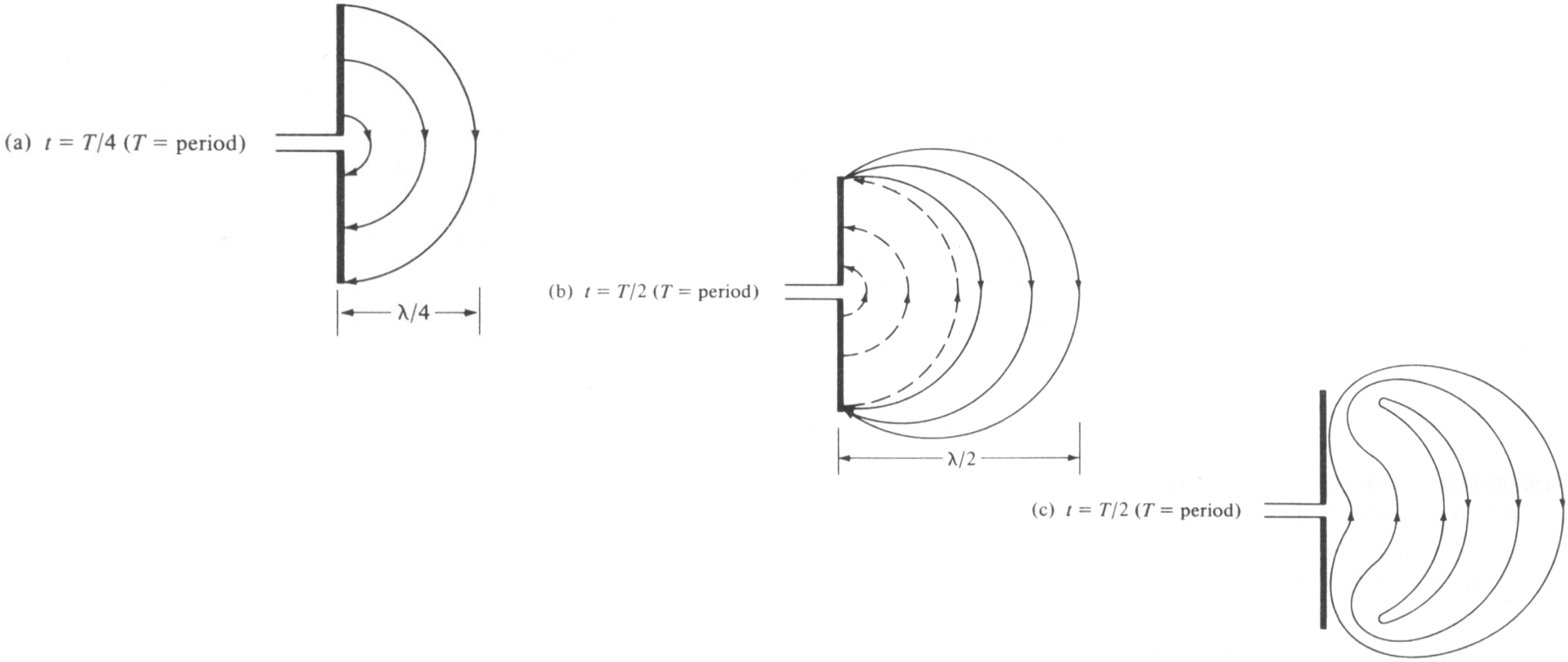
(b) Antenna and free-space wave

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Radiation from dipole

Creation and detachment of electric field lines for a short dipole

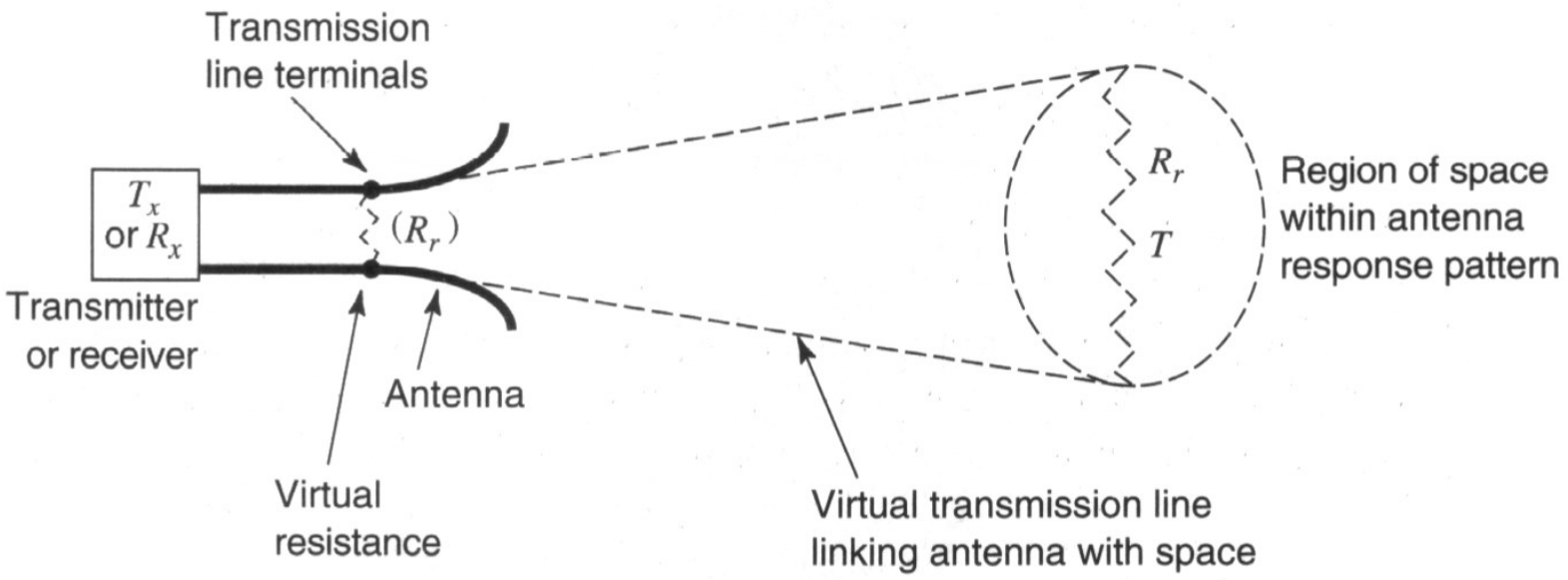


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

„Temperature sensing“

Connecting the region of space with antenna via a virtual transmission line

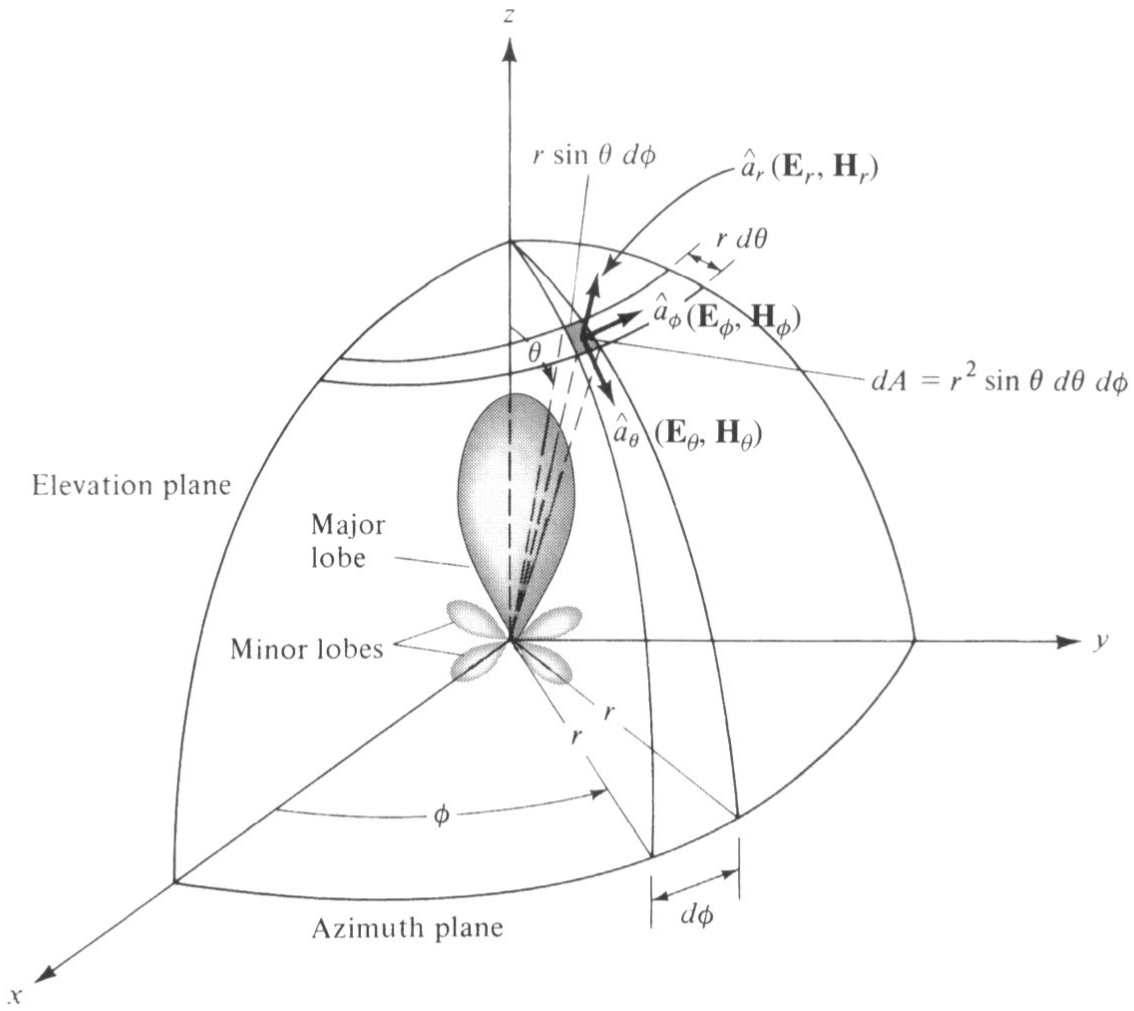


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Coordinate system

for antenna analysis

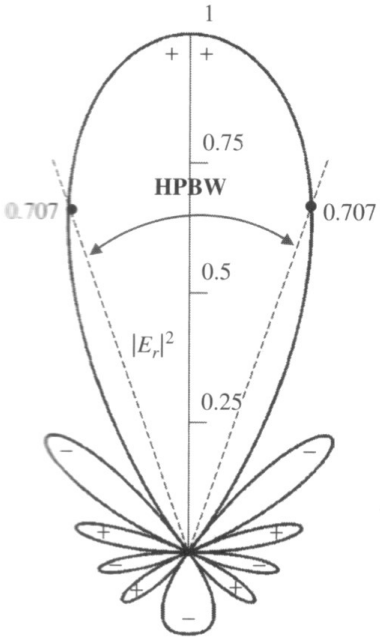


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

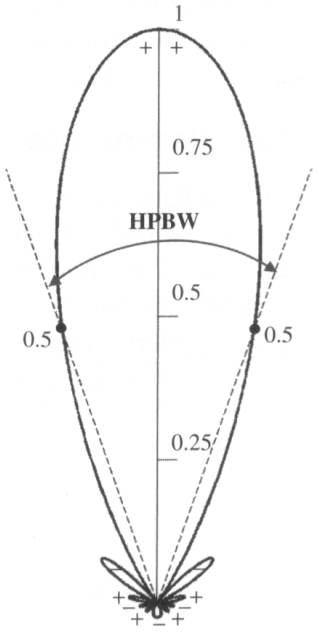
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Two-dimensional diagram

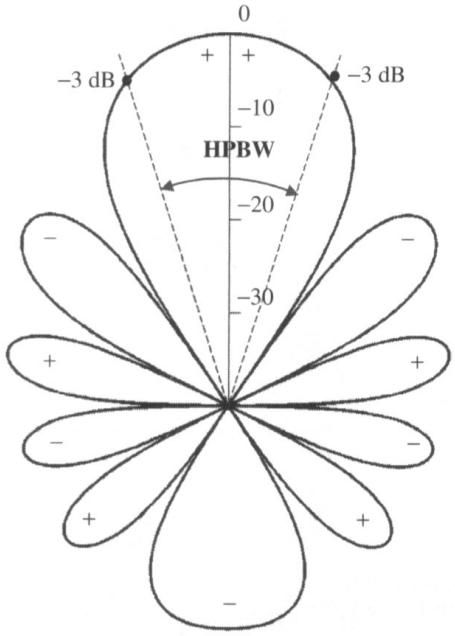
Ten-element linear array with distances $d = 0{,}25\lambda$



a) napěťový diagram (lineární měřítko)



b) výkonový diagram (lineární měřítko)



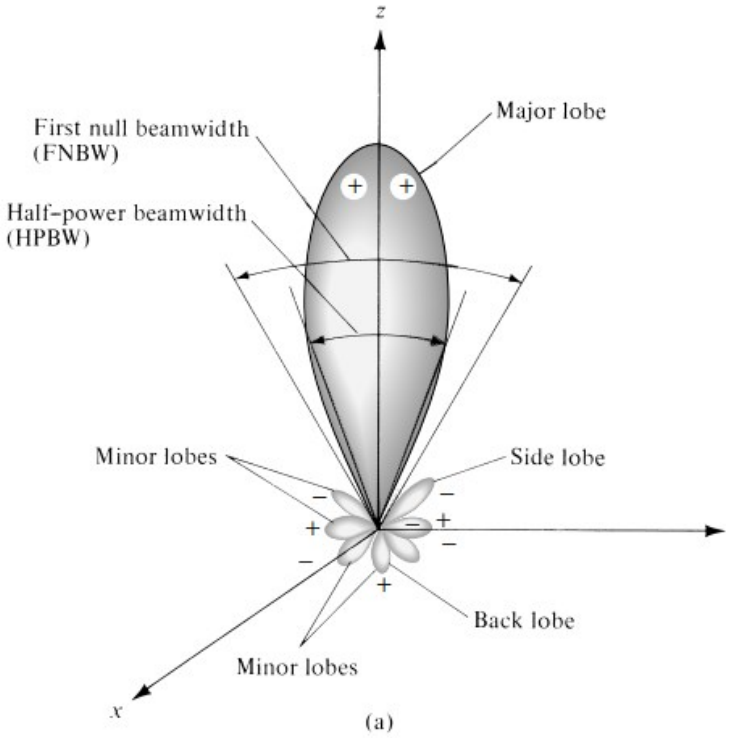
c) výkonový diagram (log. měřítko)

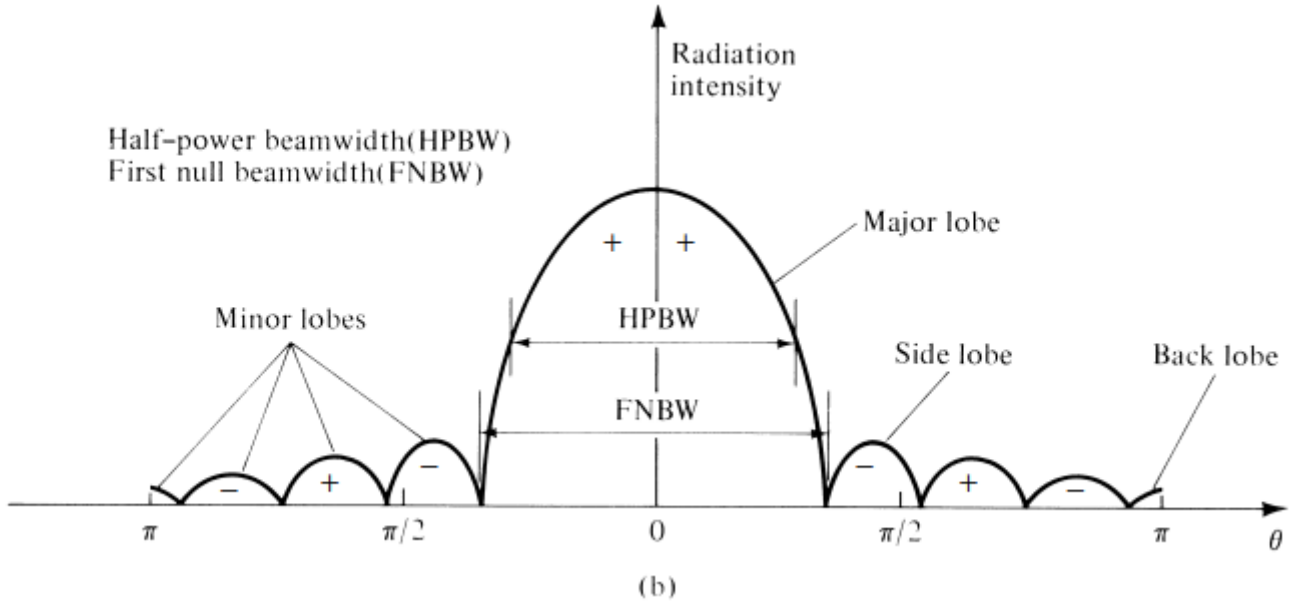
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Radiation pattern

a) Lobes and beamwidths, b) Cartesian diagram



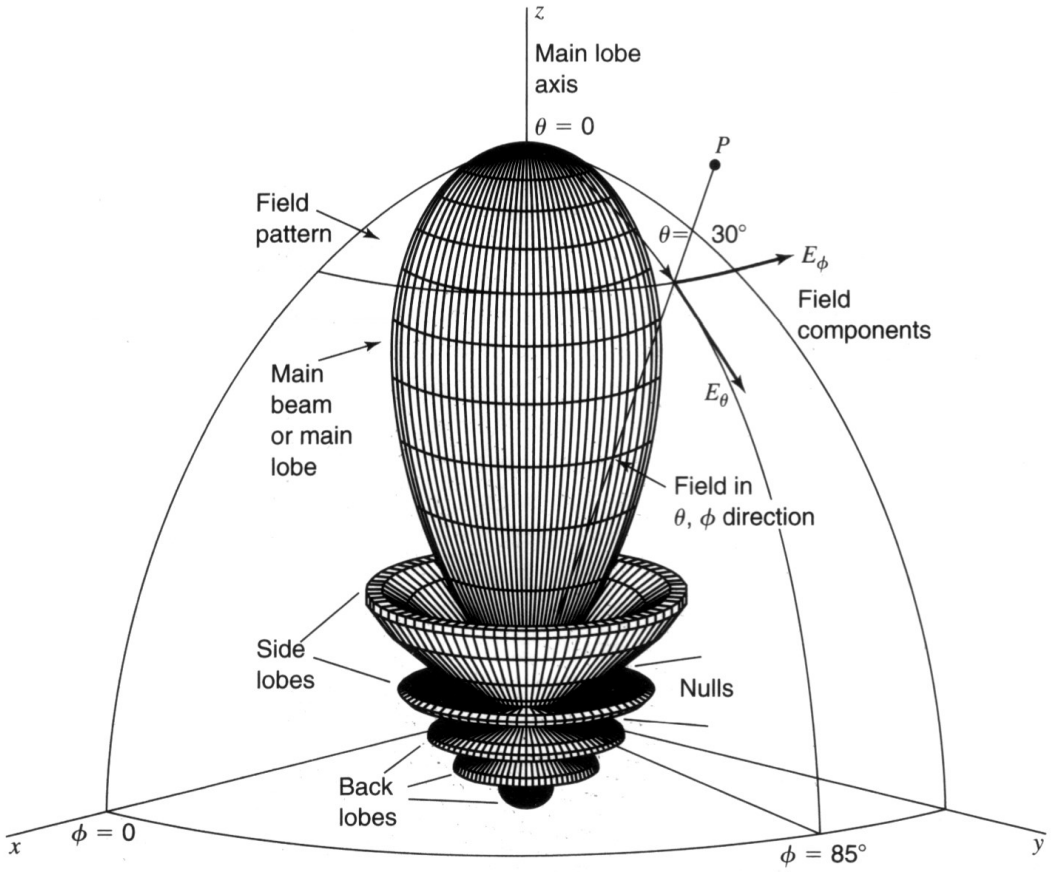


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Radiation pattern

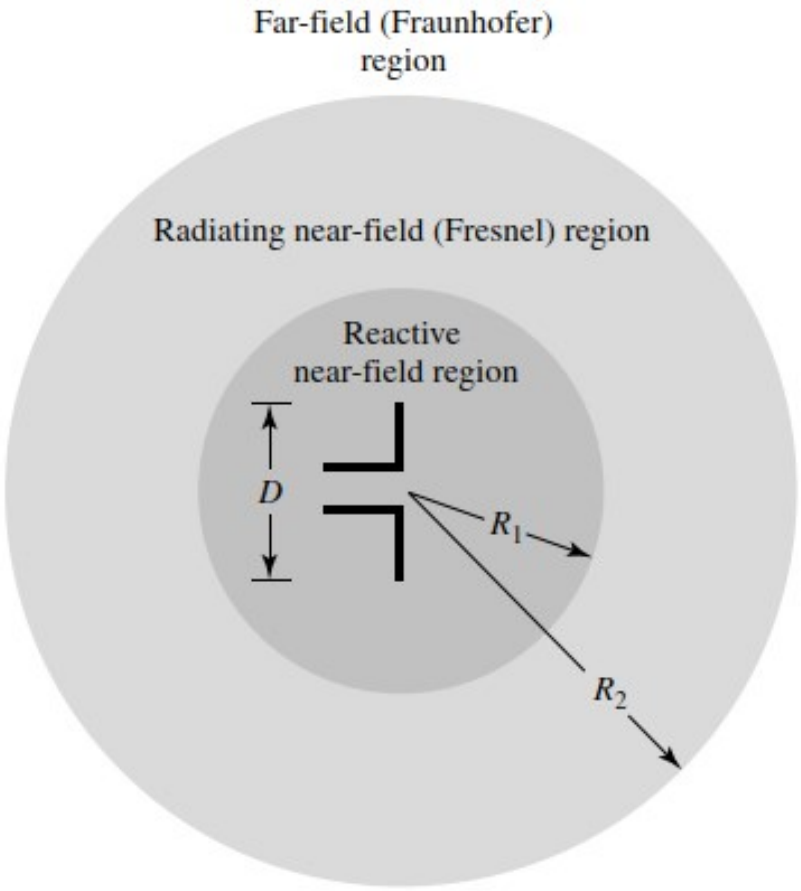
three-dimensional, for a directional antenna



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Field regions around antenna



$$R_1 = 0.62\sqrt{D^3/\lambda}$$

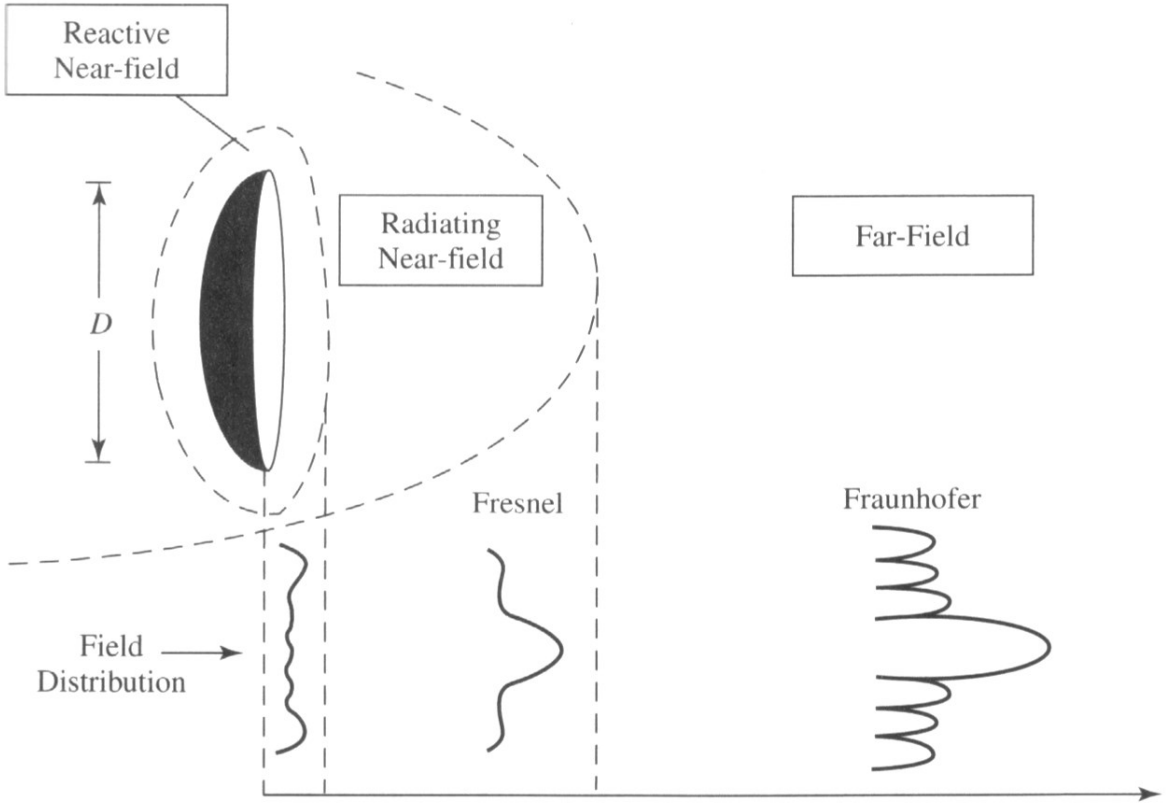
$$R_2 = 2D^2/\lambda$$

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Field regions around antenna

Amplitude diagram dependency on the distance from antenna

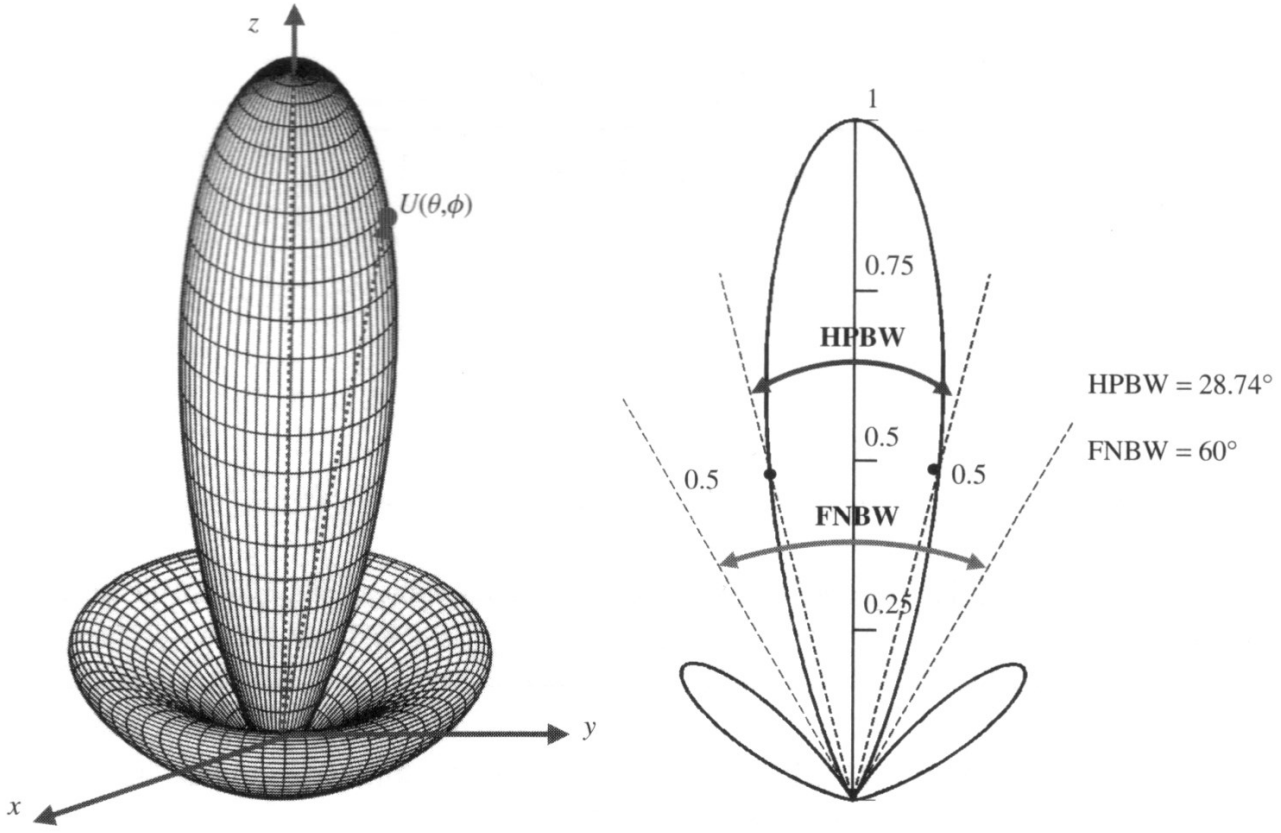


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Radiation pattern

Three- and two-dimensional power diagram in linear coordinates

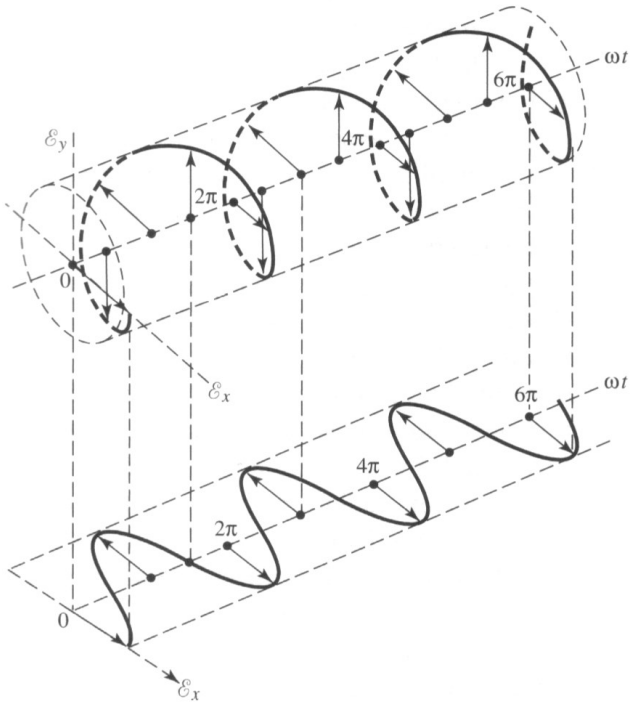


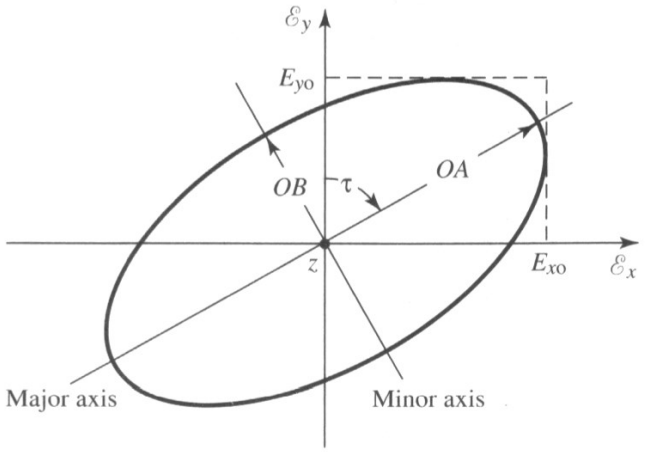
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Polarization of electromagnetic waves

Rotation of linear electromagnetic wave and its polarization ellipse for $z = 0$ as a function of time



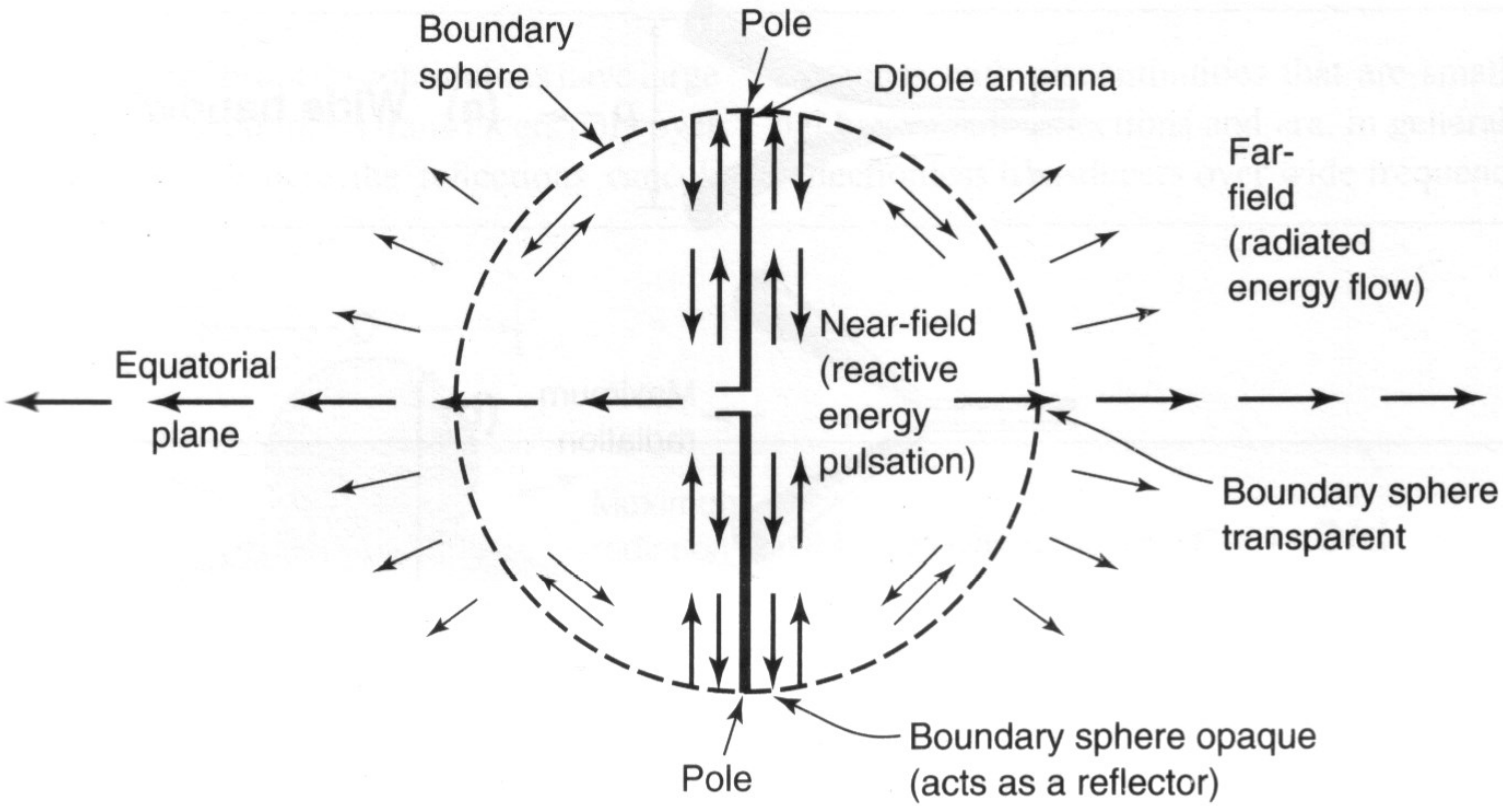


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Regions around antenna

Energy distribution around dipole antenna

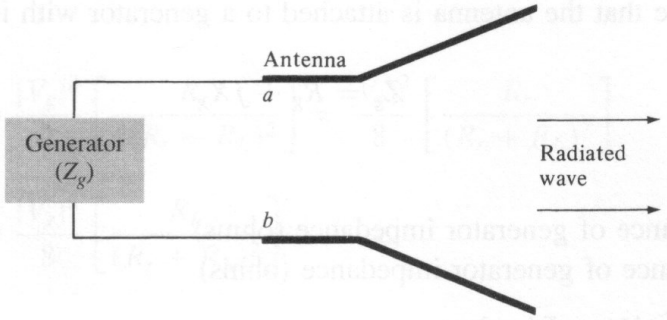


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

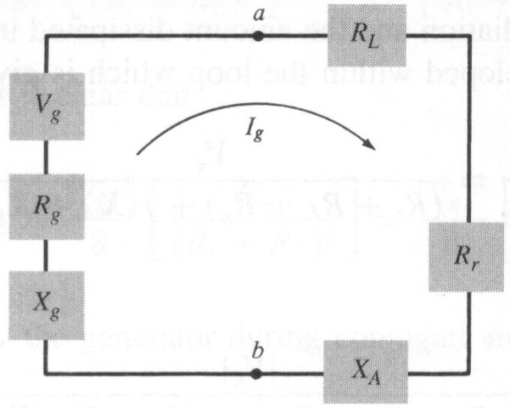
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Transmitting antenna

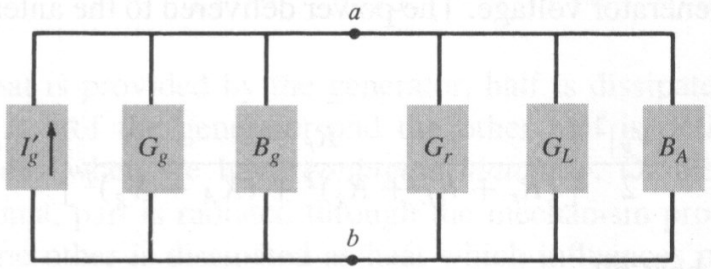
and its equivalent representation



a) Transmitting antenna



b) Thevenin equivalent



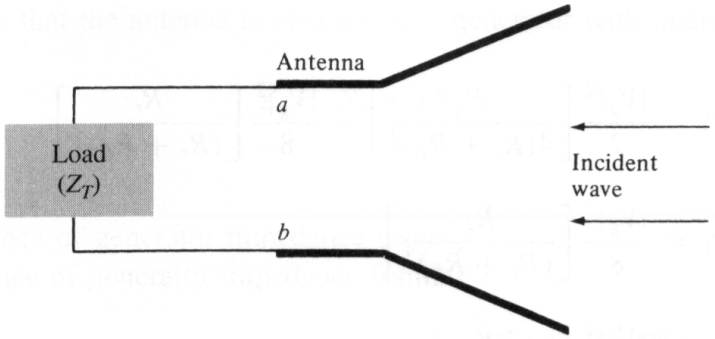
c) Norton equivalent

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

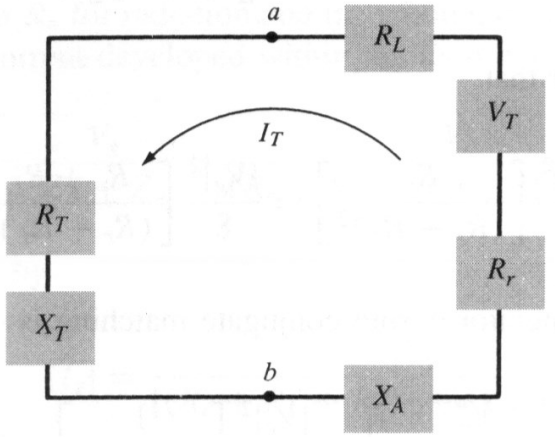
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Receiving antenna

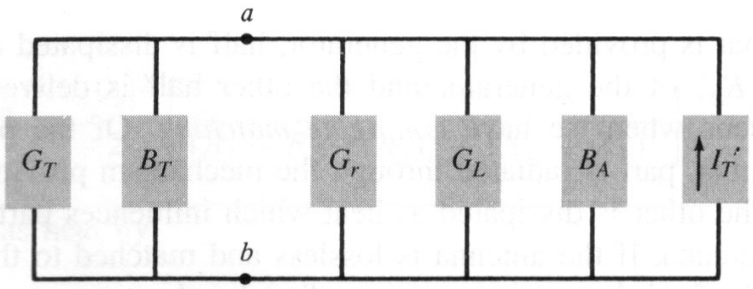
and its equivalent representation



a) Receiving antenna



b) Thevenin equivalent



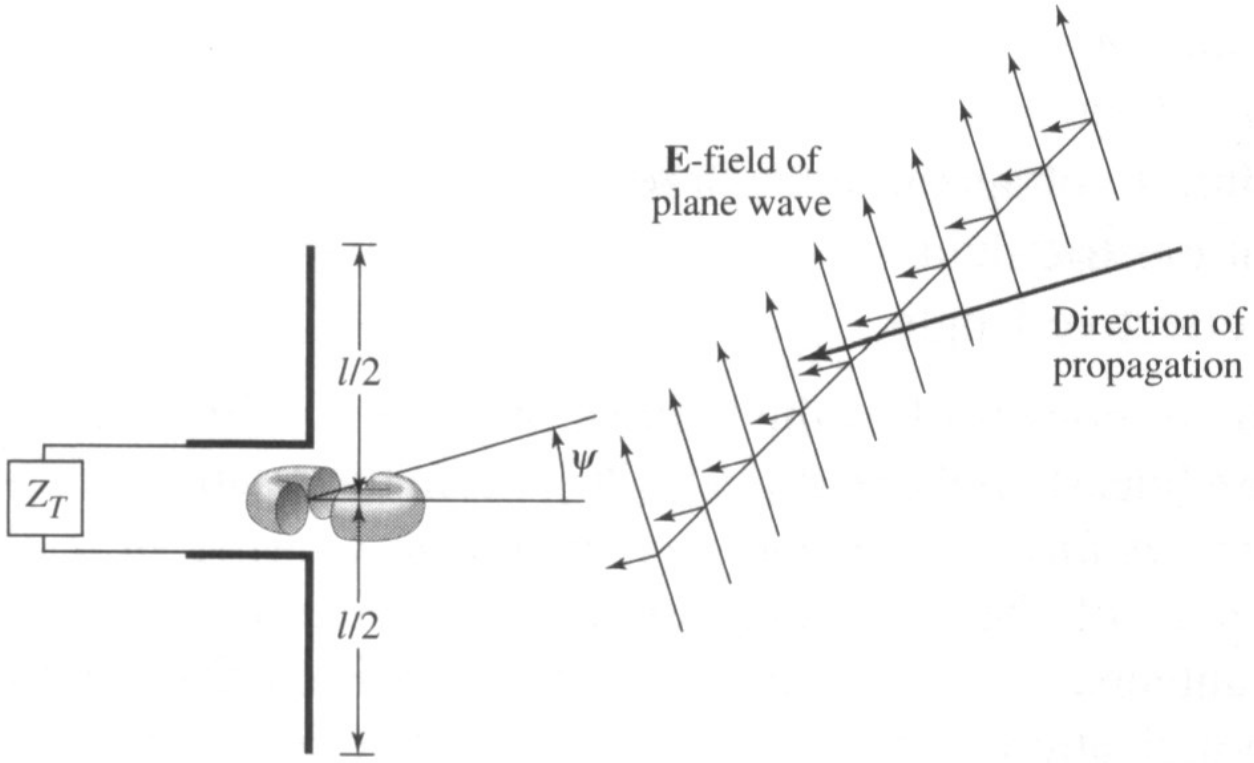
c) Norton equivalent

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Electromagnetic wave

impinging onto dipole

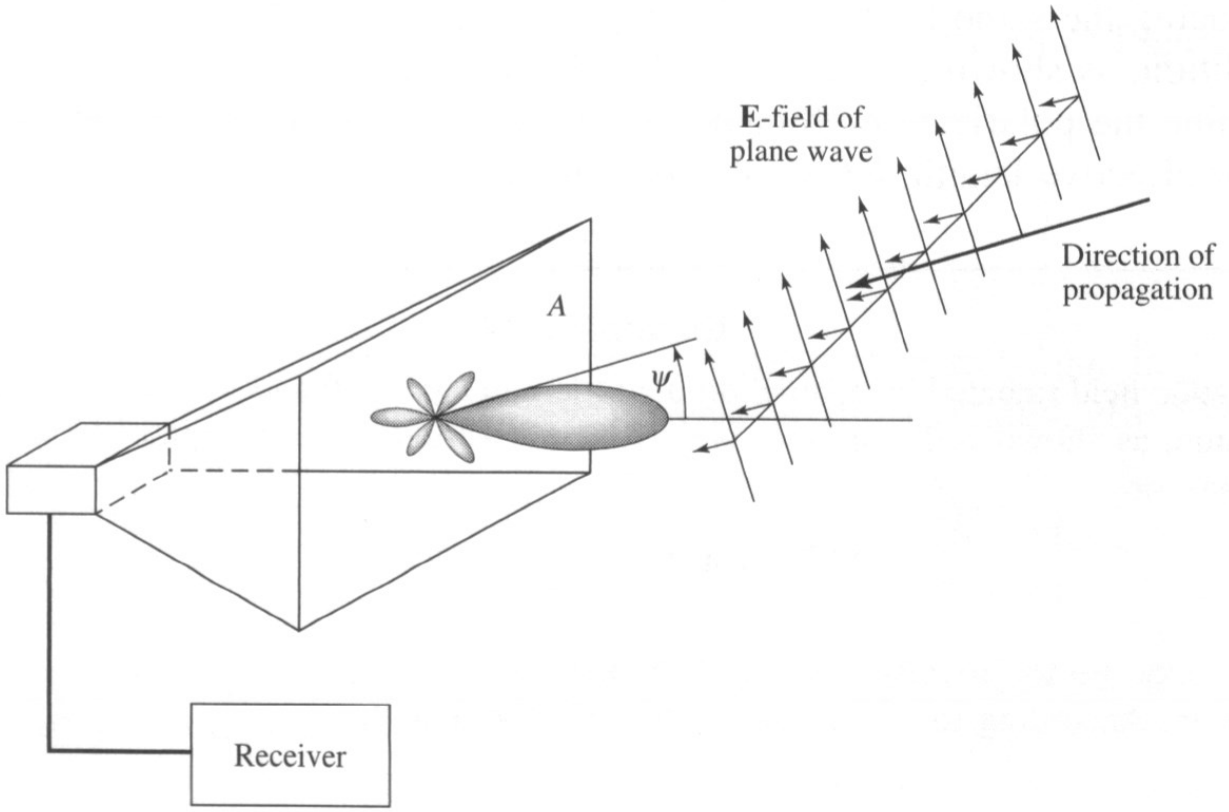


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Electromagnetic wave

impinging onto aperture

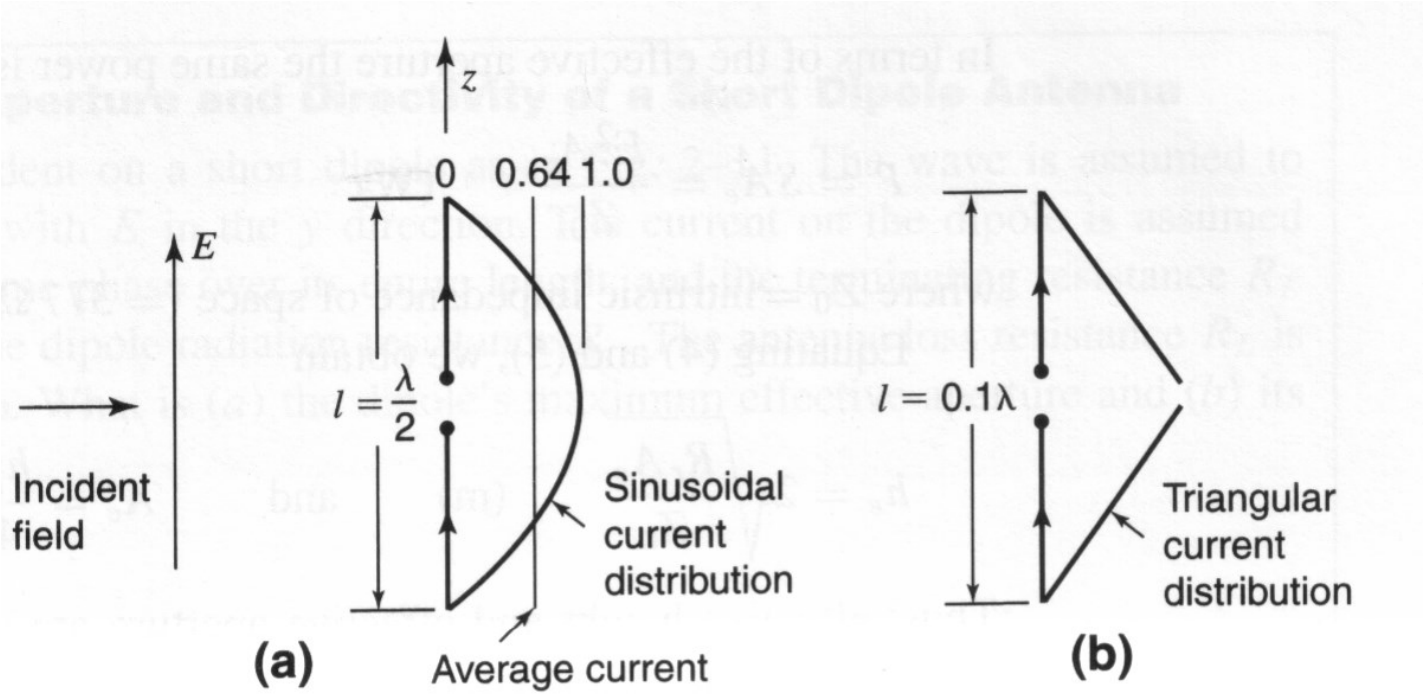


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Antenna effective length

Dipole



a) Dipole of length $l = \lambda/2$ with sine current distribution

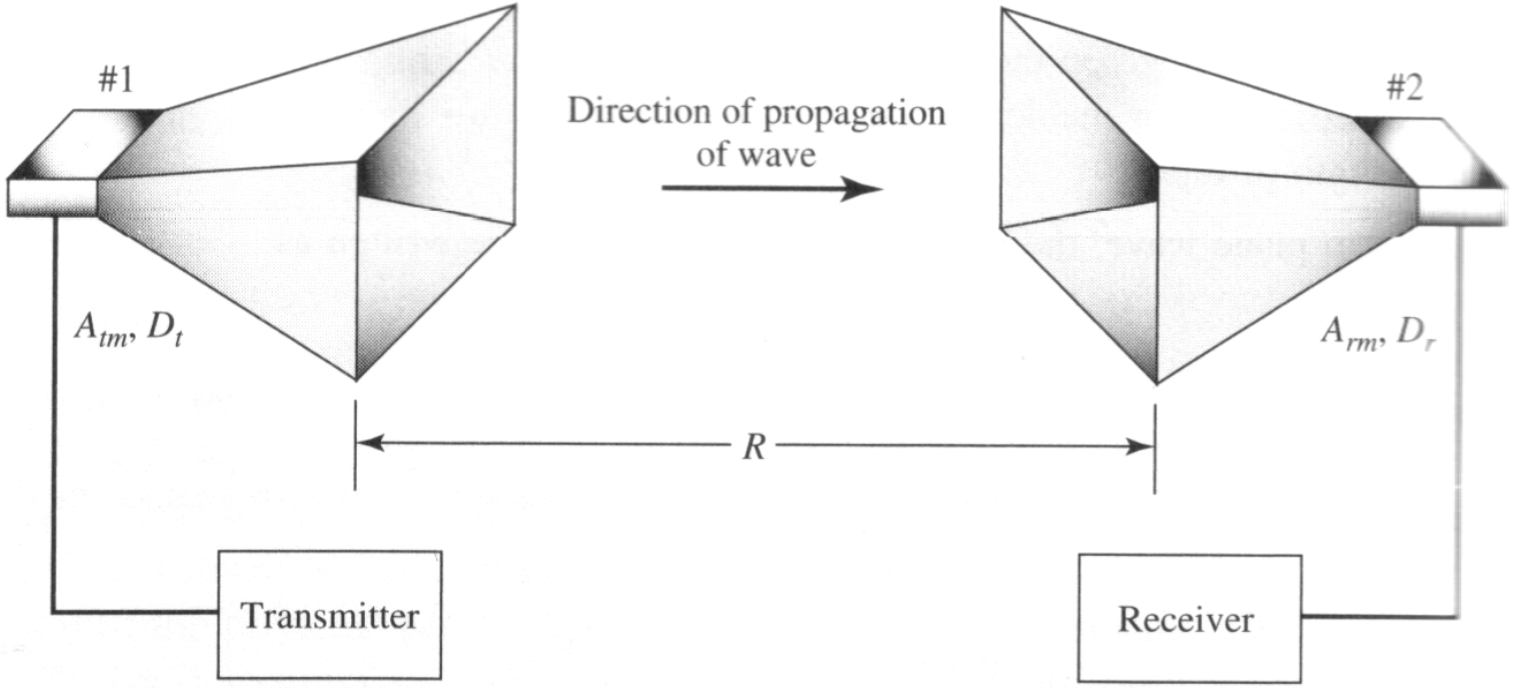
b) Dipole of length $l = 0{,}1\lambda$ with triangle current distribution

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Effective aperture

Two antennas, distance *R*

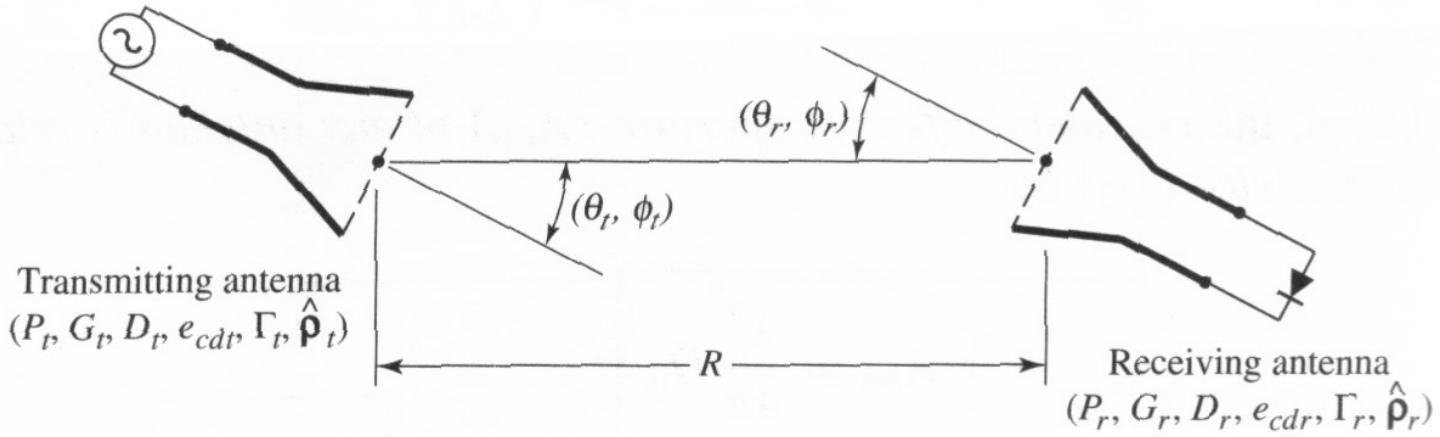


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Friis transmission formula

Geometric orientation of transmitting and receiving antenna

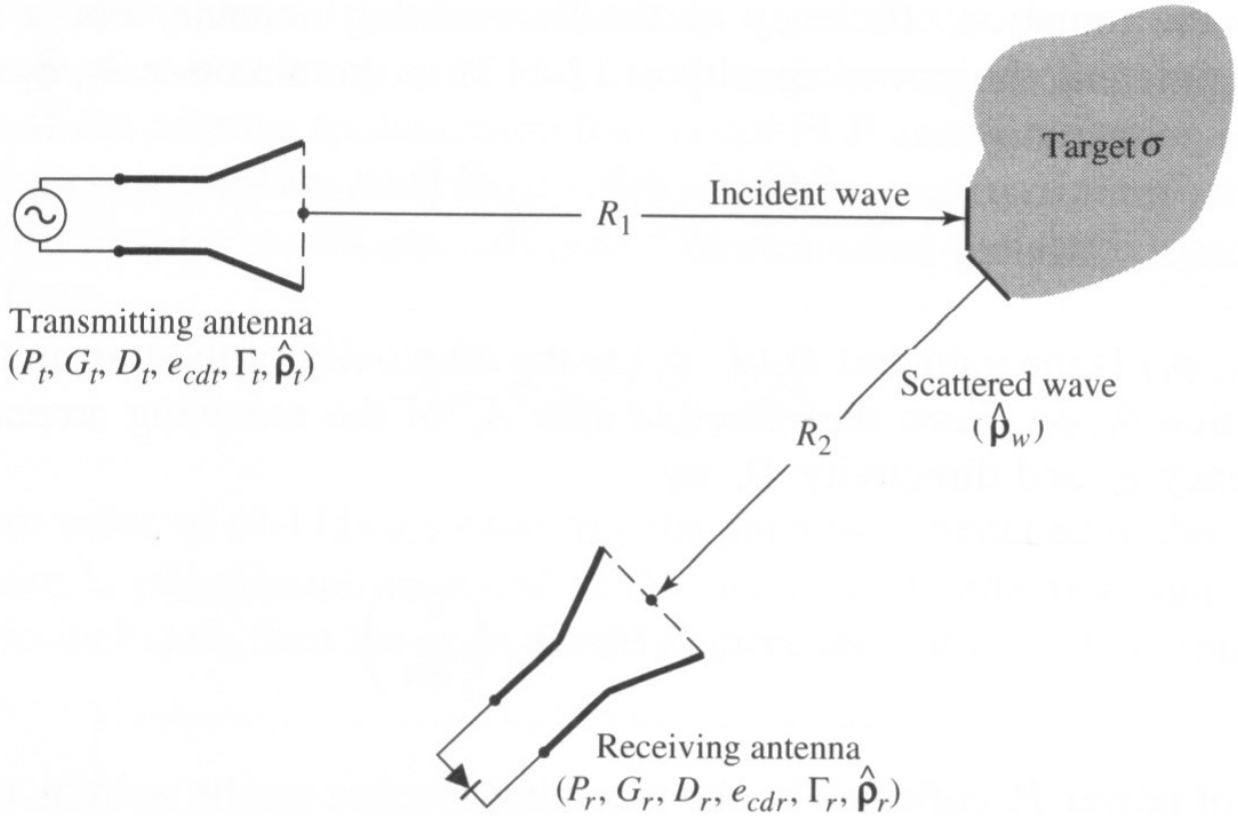


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Radar range equation

Geometric arrangement of transmitting antenna, target and receiving antenna



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Radar range equation

RCS of some typical targets

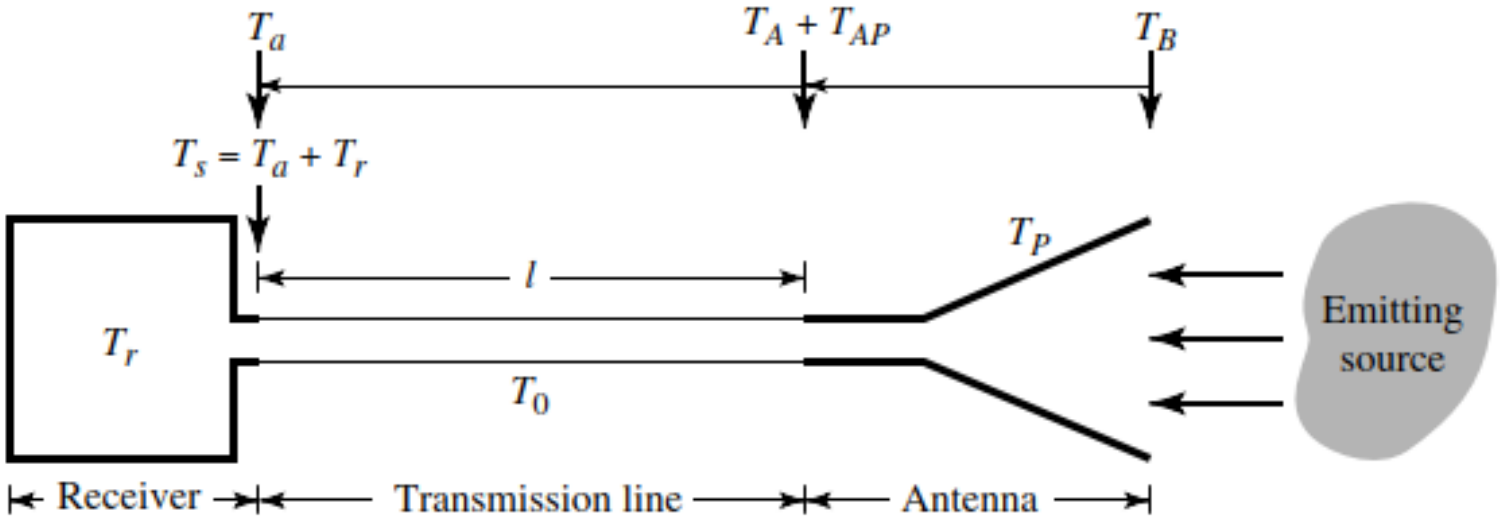
Object	Typical RCSs [22] RCS (m^2)	RCS (dBsm)
Pickup truck	200	23
Automobile	100	20
Jumbo jet airliner	100	20
Large bomber *or* commercial jet	40	16
Cabin cruiser boat	10	10
Large fighter aircraft	6	7.78
Small fighter aircraft *or* four-passenger jet	2	3
Adult male	1	0
Conventional winged missile	0.5	−3
Bird	0.01	−20
Insect	0.00001	−50
Advanced tactical fighter	0.000001	−60

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Antenna noise temperature

Arrangement of antenna, transmission line and receiver

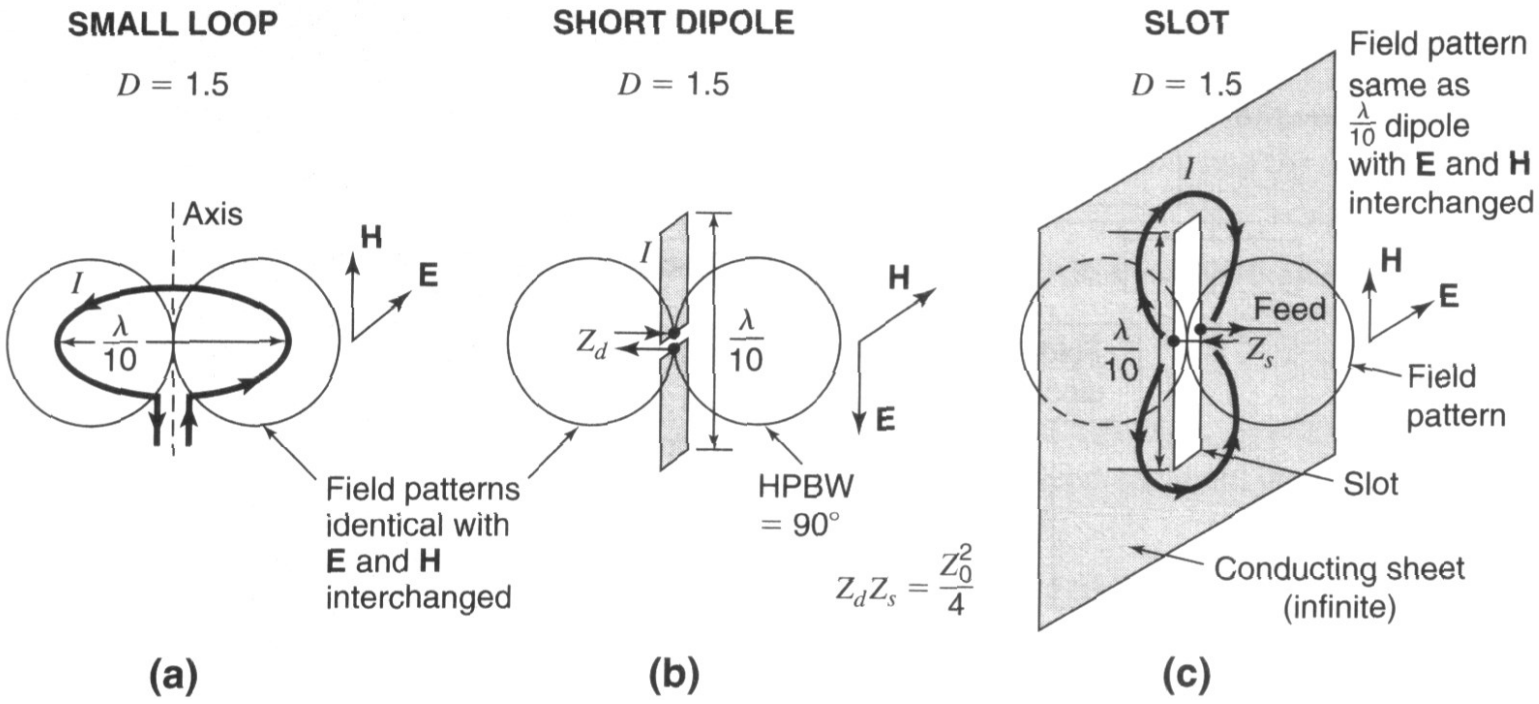


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Elementary radiators

Small loop, short dipole and slot

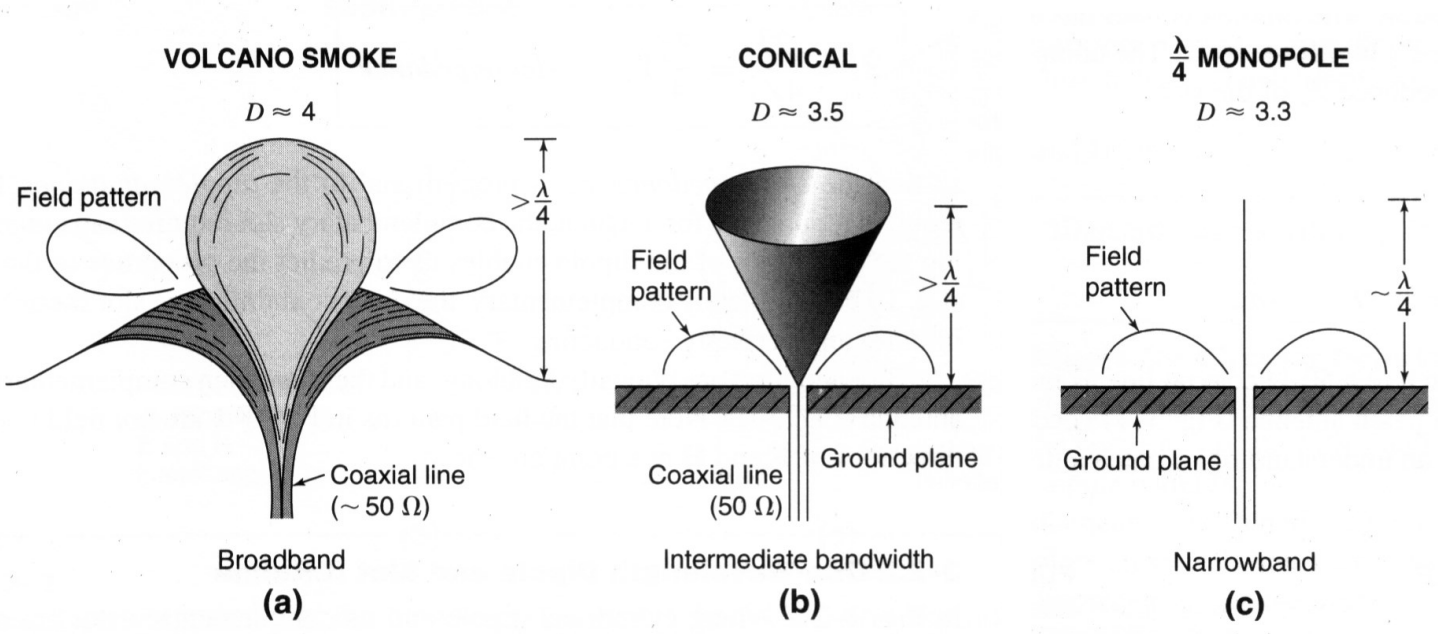


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Opened-out coaxial transmission line

„Volcano smoke“, conical antenna, monopole

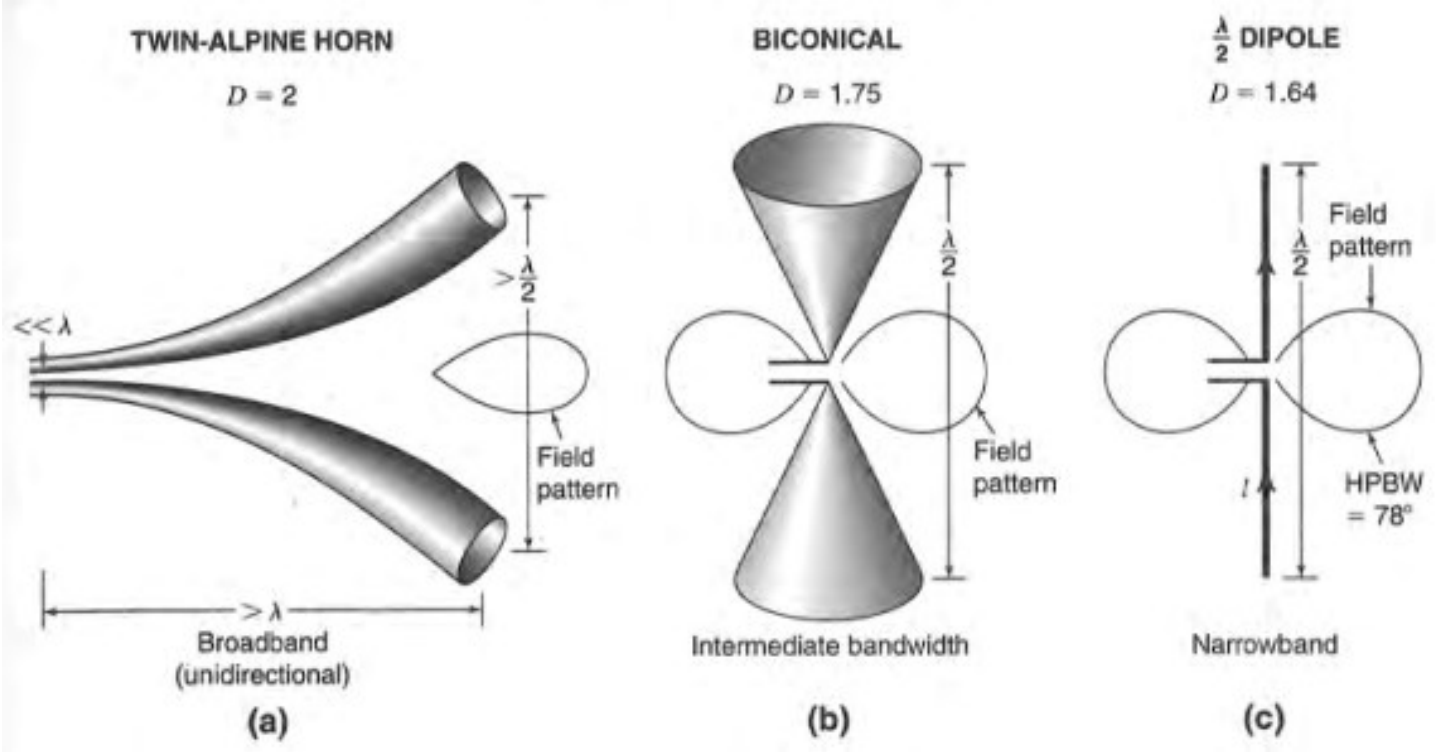


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Opened-out two-wire transmission line

„Twin-alpine horn“, biconical antenna, dipole

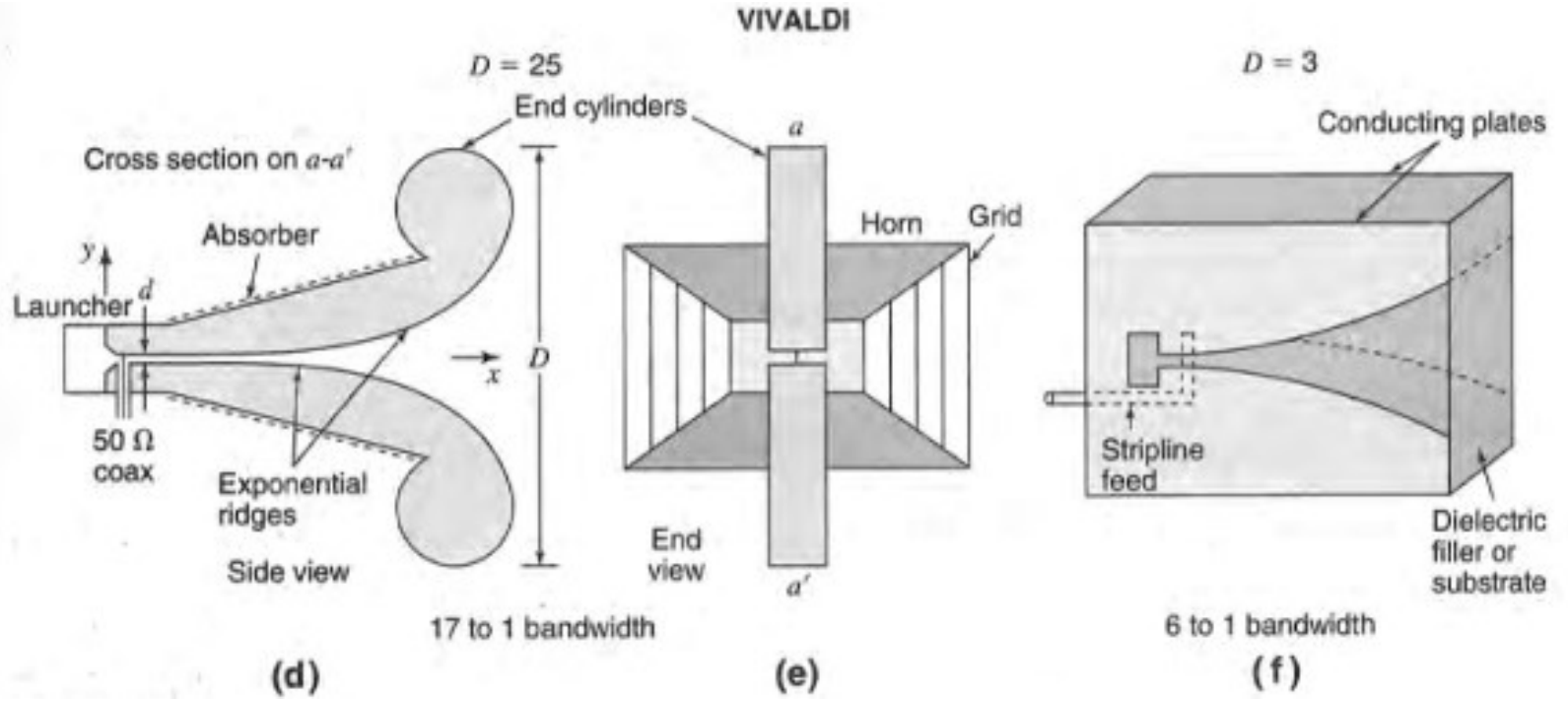


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Opened-out two-wire transmission line

Vivaldi antenna

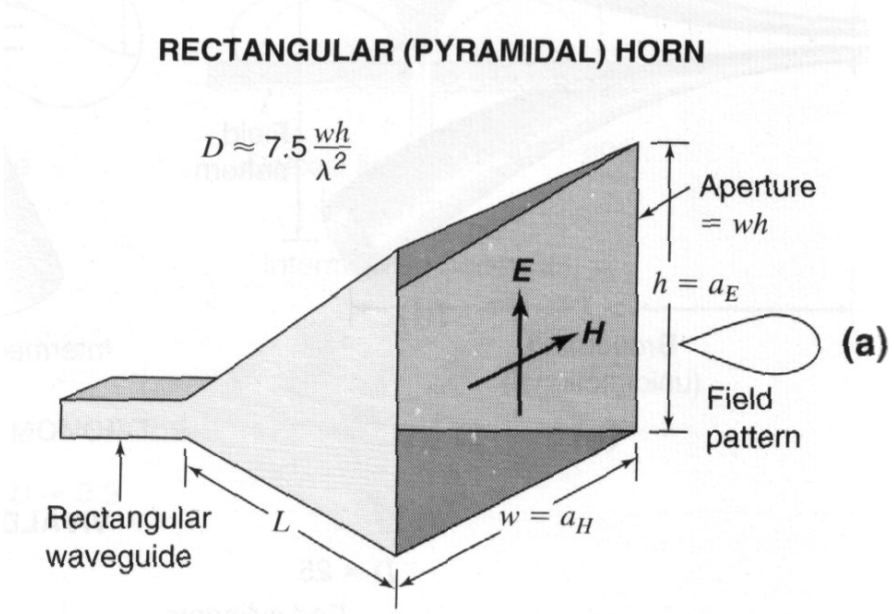


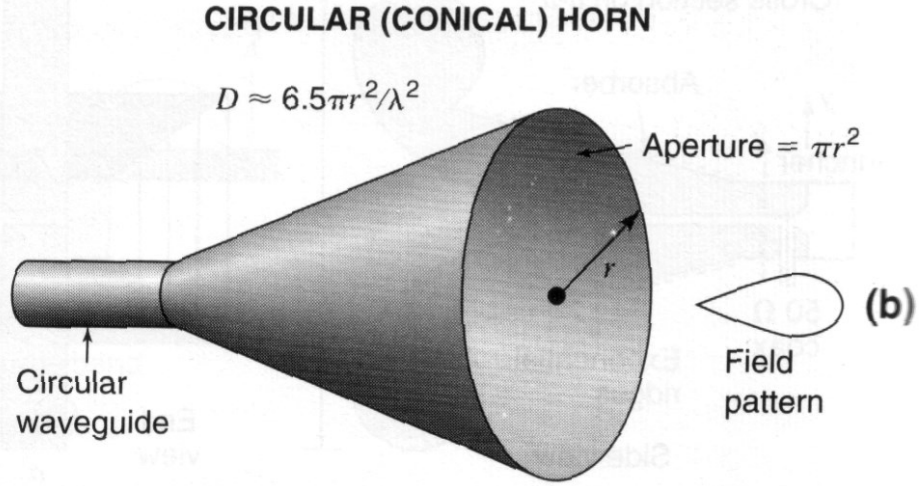
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Opened-out waveguide

Rectangular (pyramidal) horn, circular (conical) horn



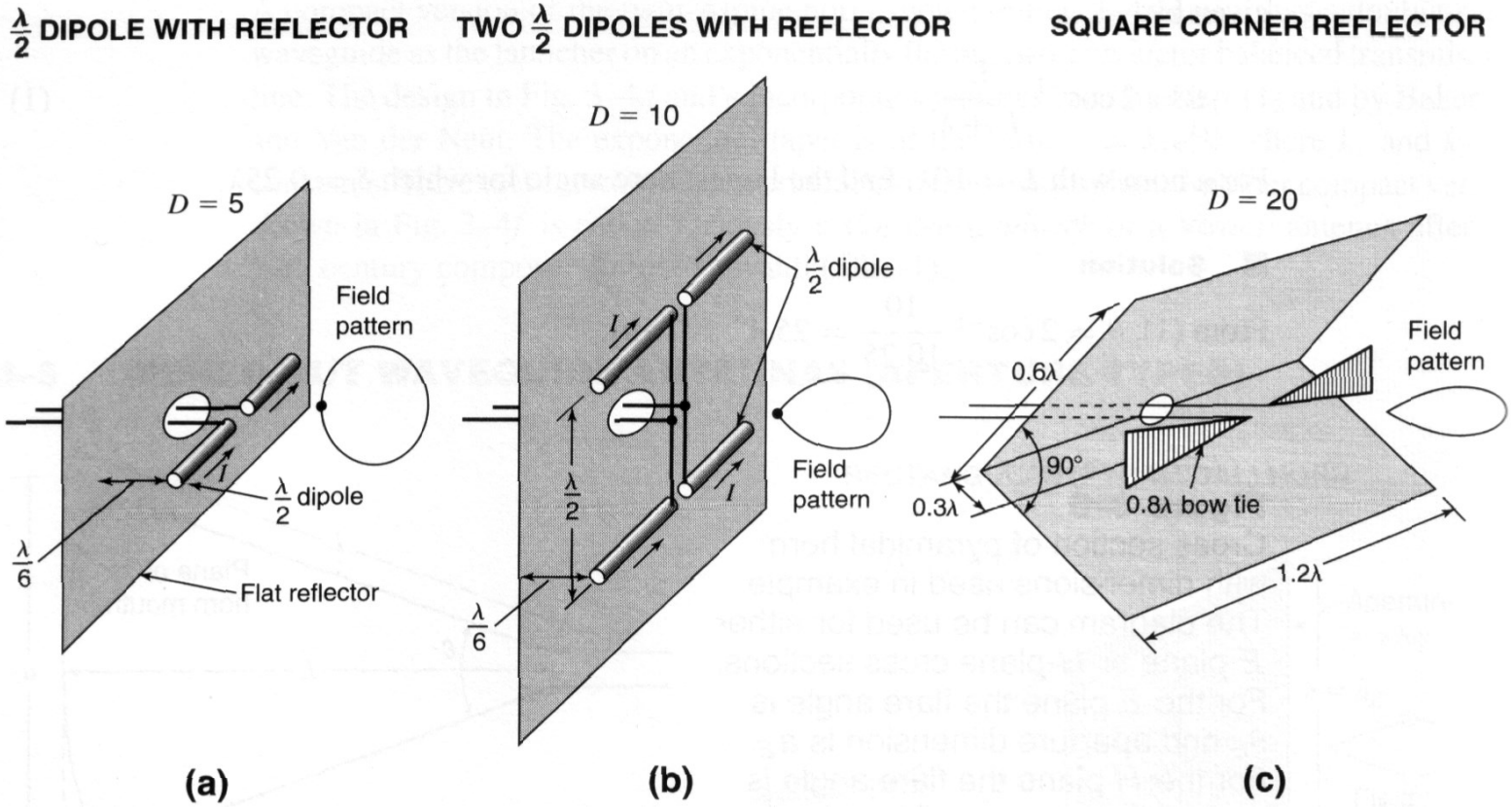


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Antennas with flat reflector

One dipole + reflector, two dipoles + reflector, square corner reflector

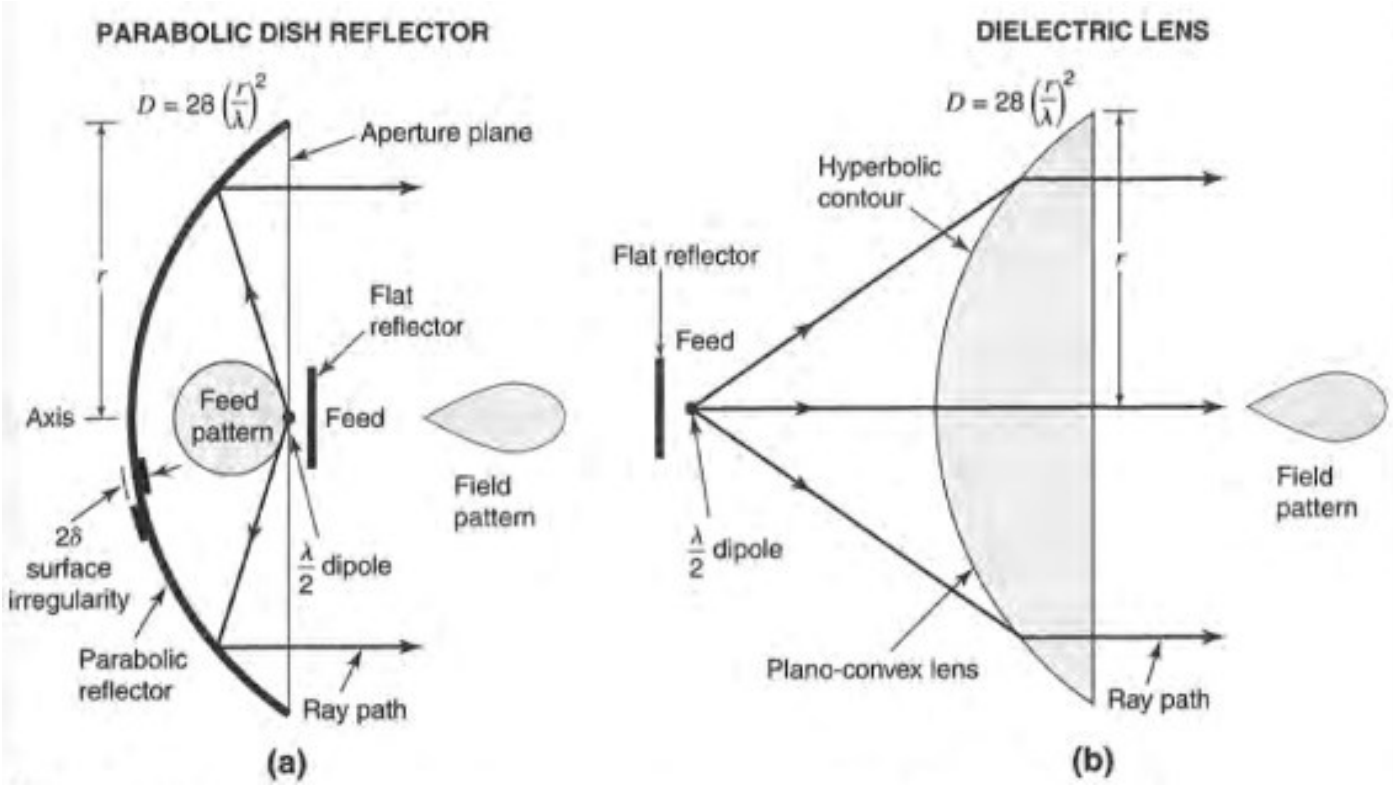


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Quadratic structures

Antenna with parabolic dish reflector and antenna lens

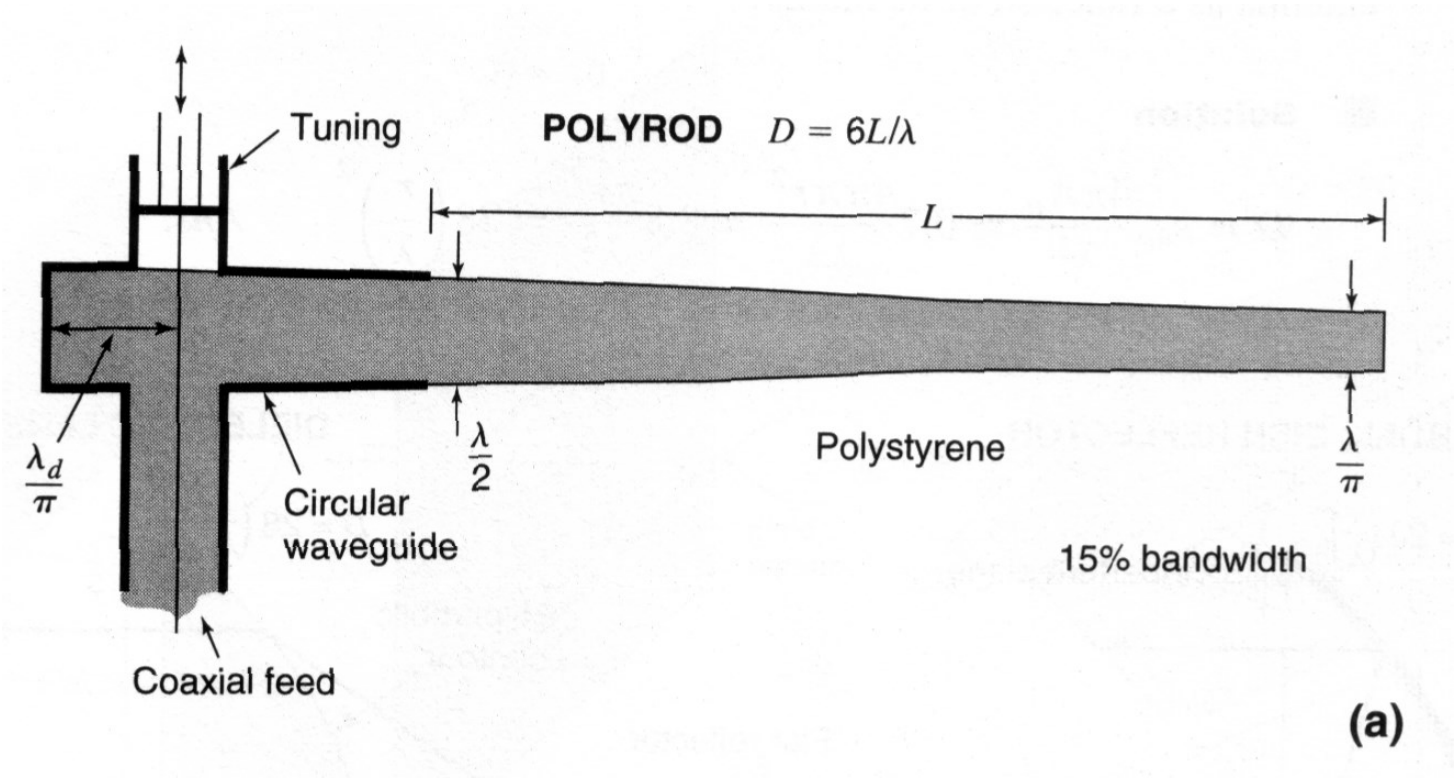


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

End-fire antennas

Polyrod

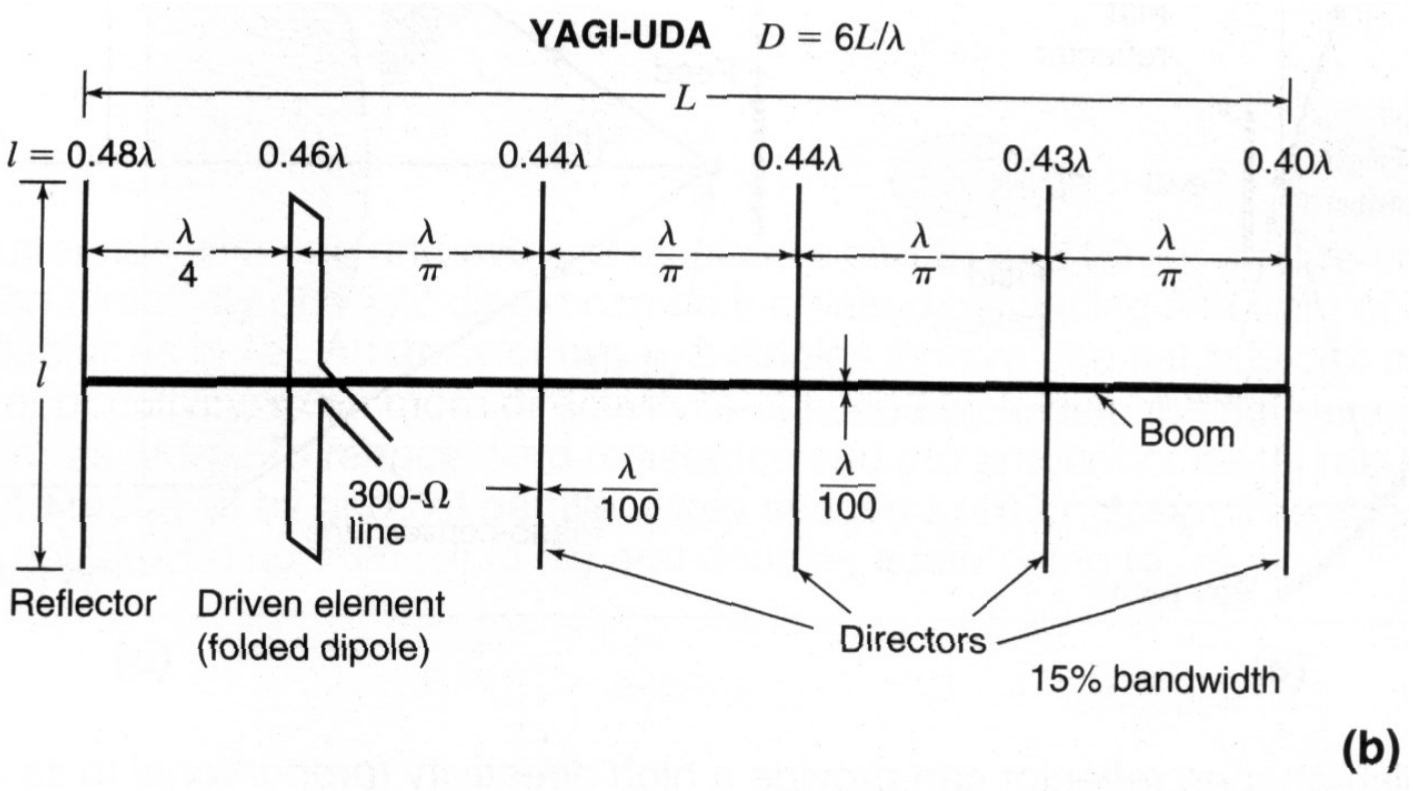


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Broadside antennas

Yagi-Uda

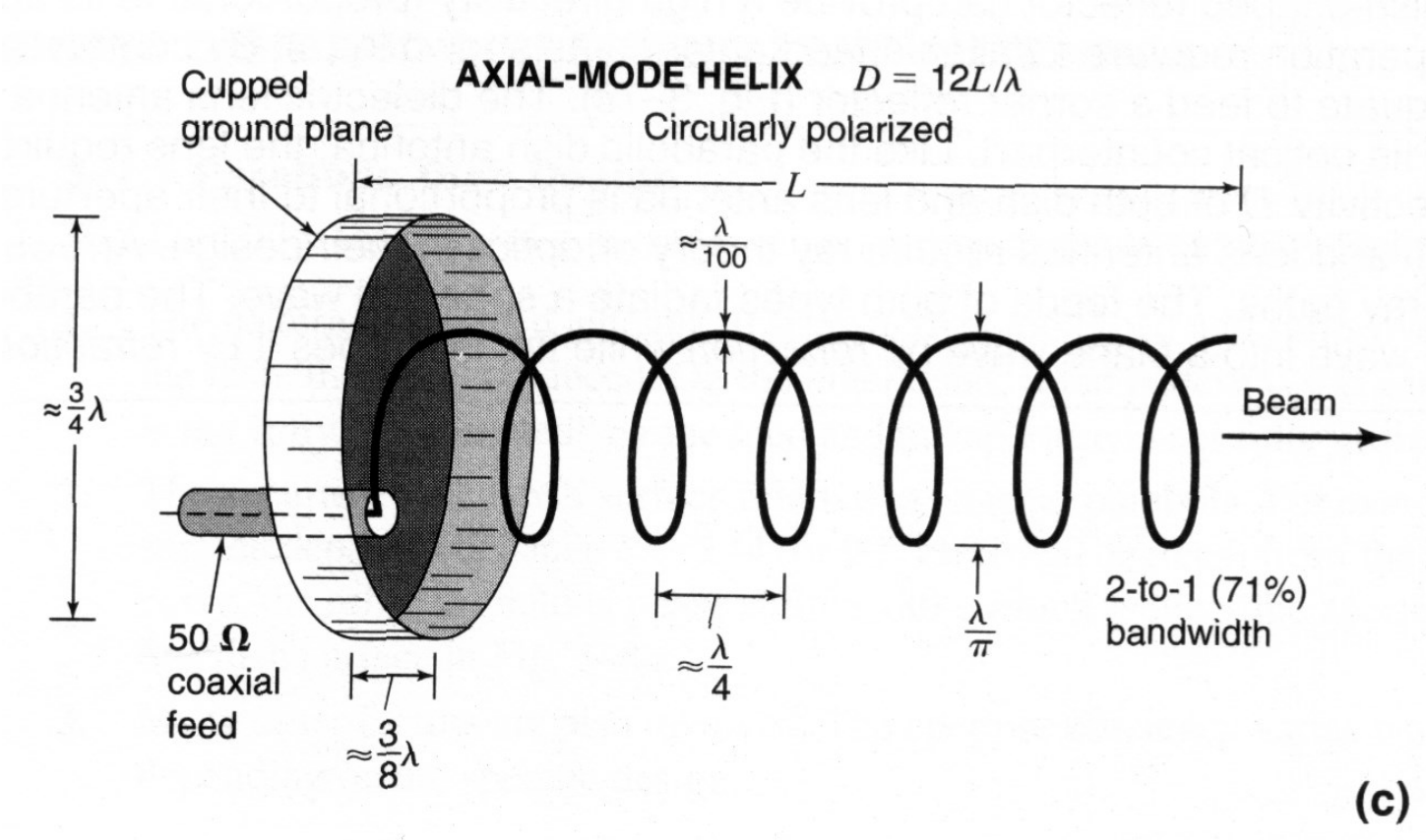


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

End-fire antennas

Helix antenna

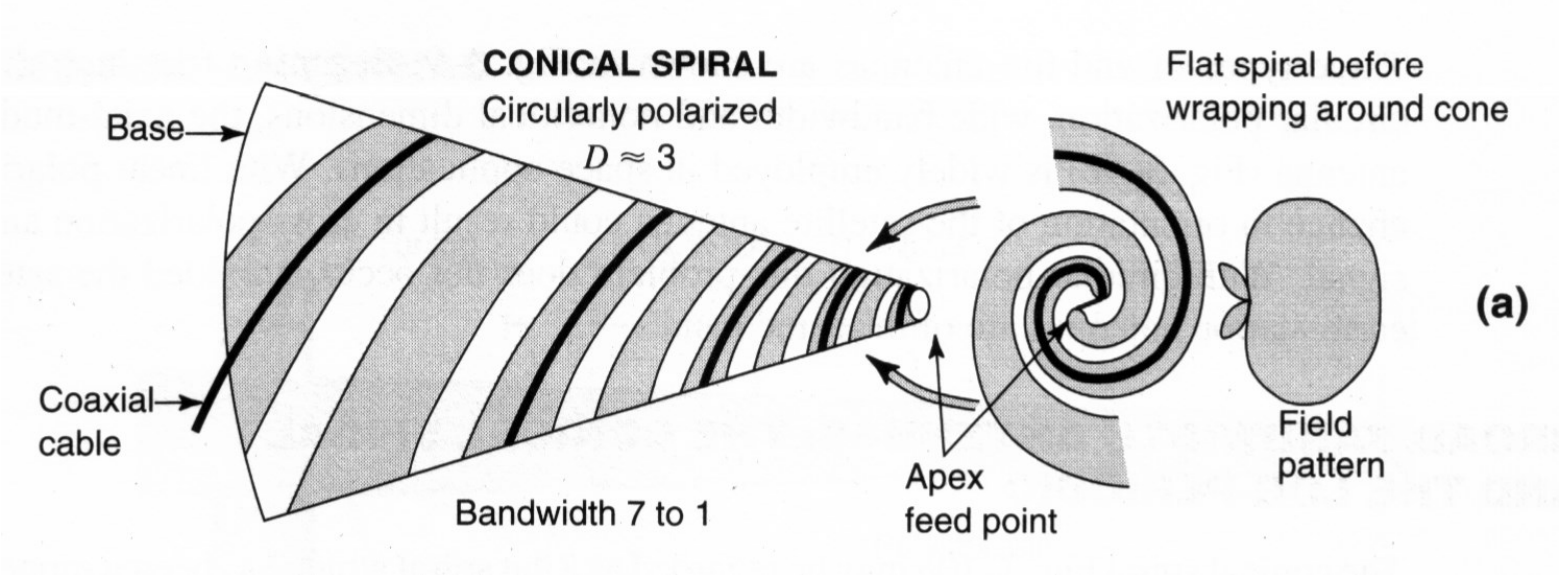


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Wideband antennas

Conical spiral

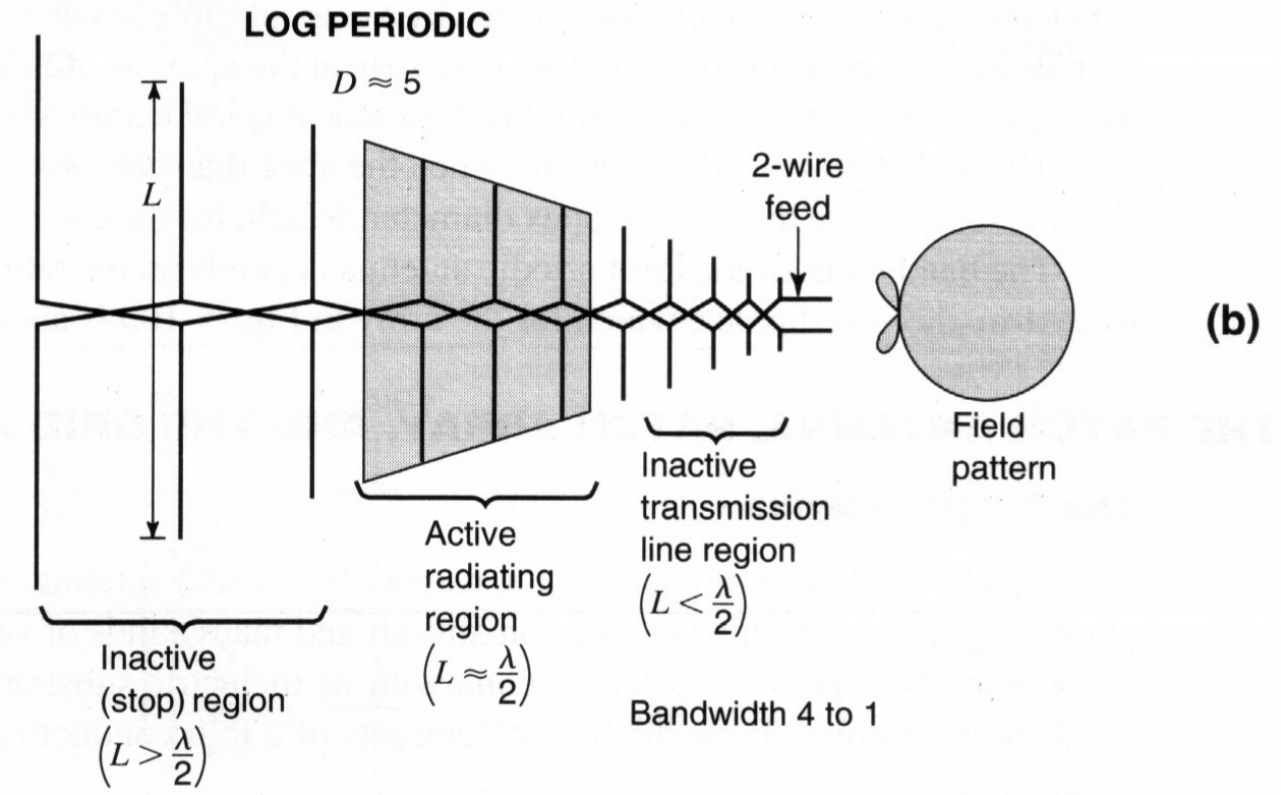


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Wideband antennas

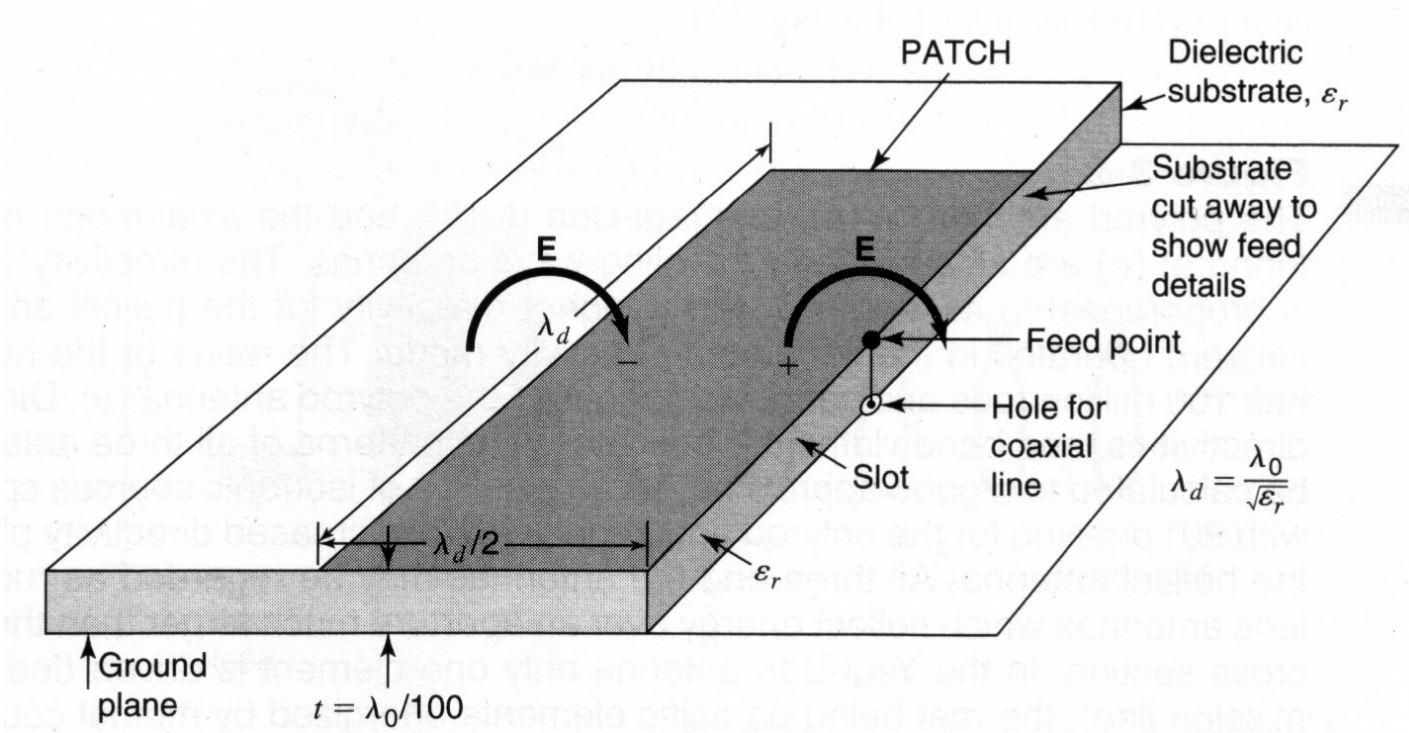
Log periodic antenna



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Single patch antenna

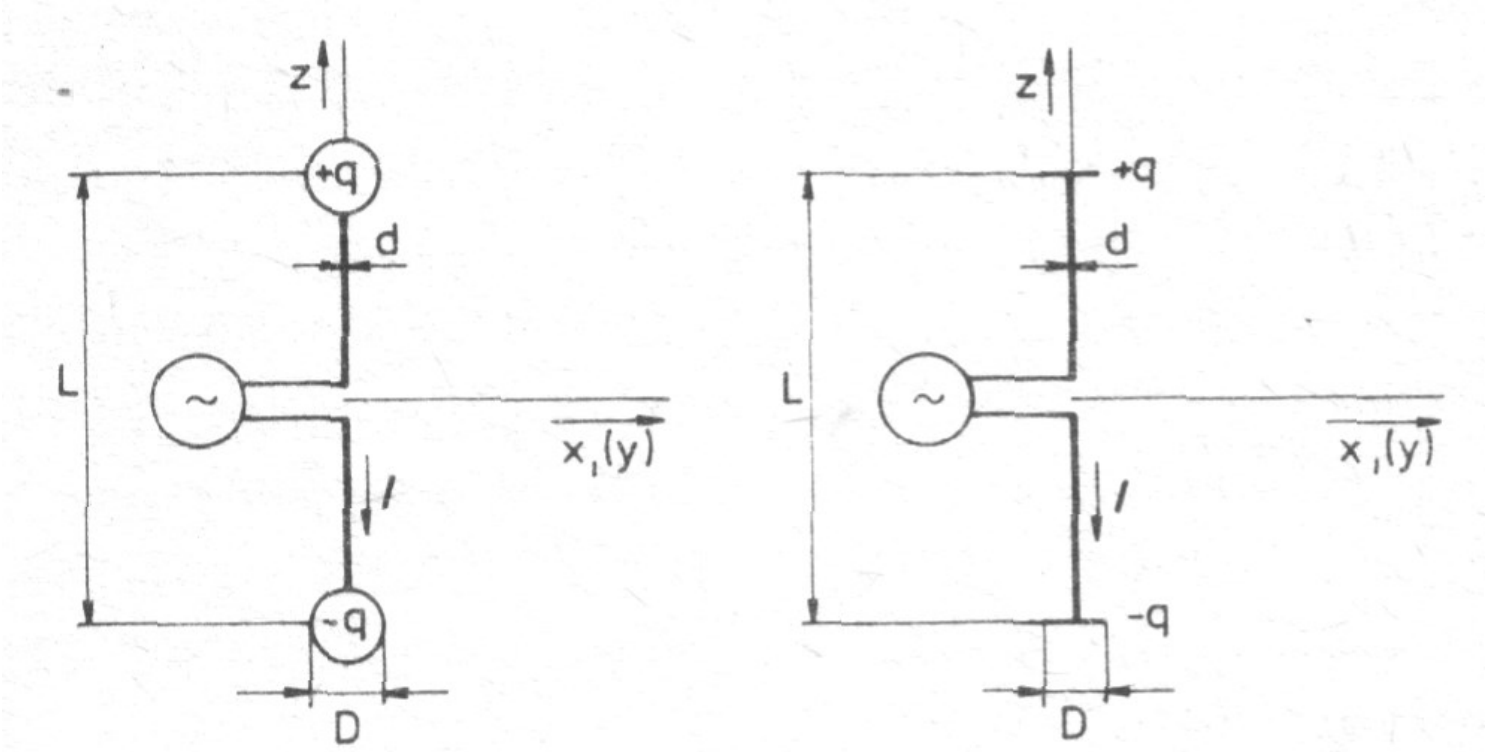


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Hertz elementary dipole

Electric current element

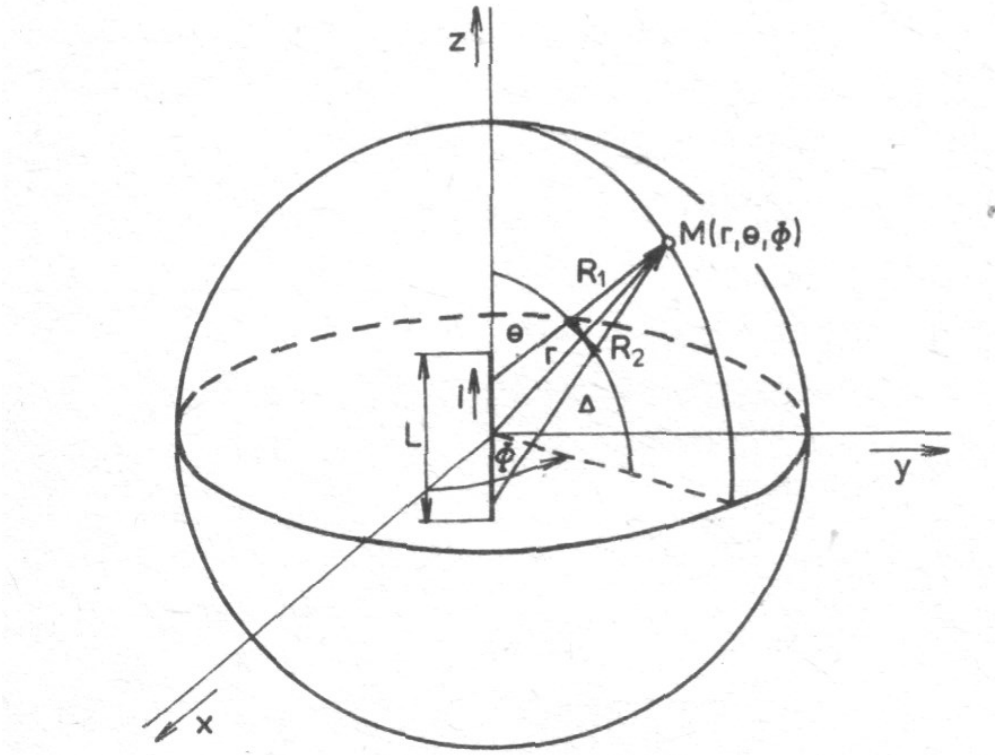


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Electric current element

in origin of spherical coordinate system

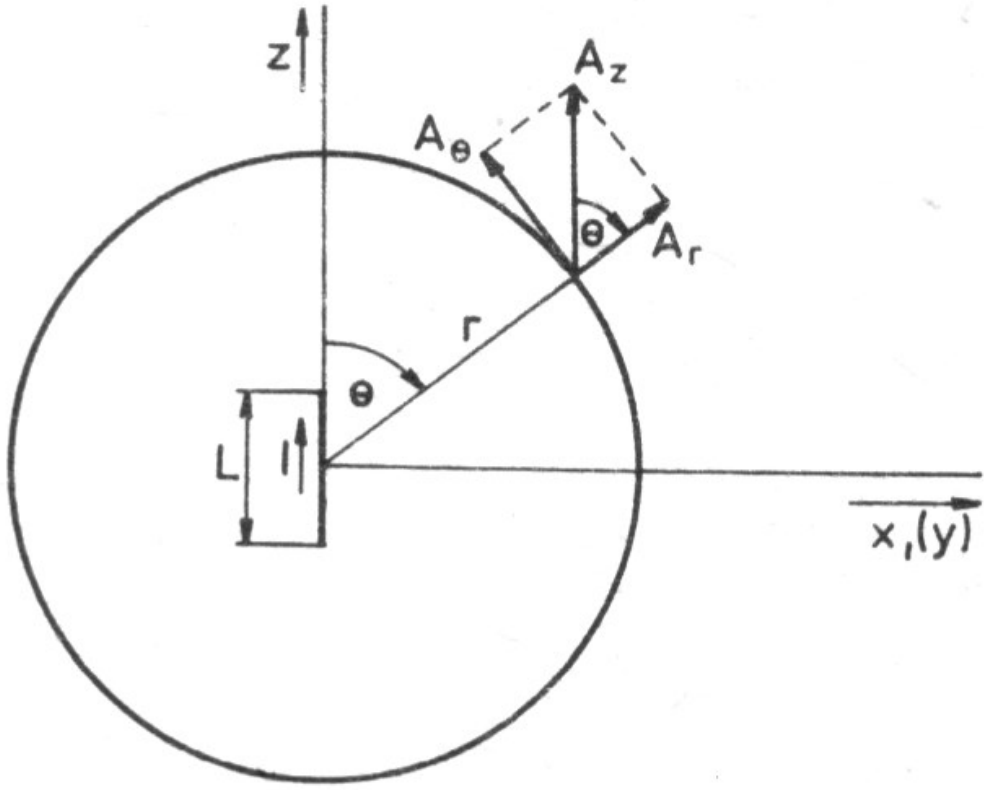


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Vector potential components

in spherical coordinate system

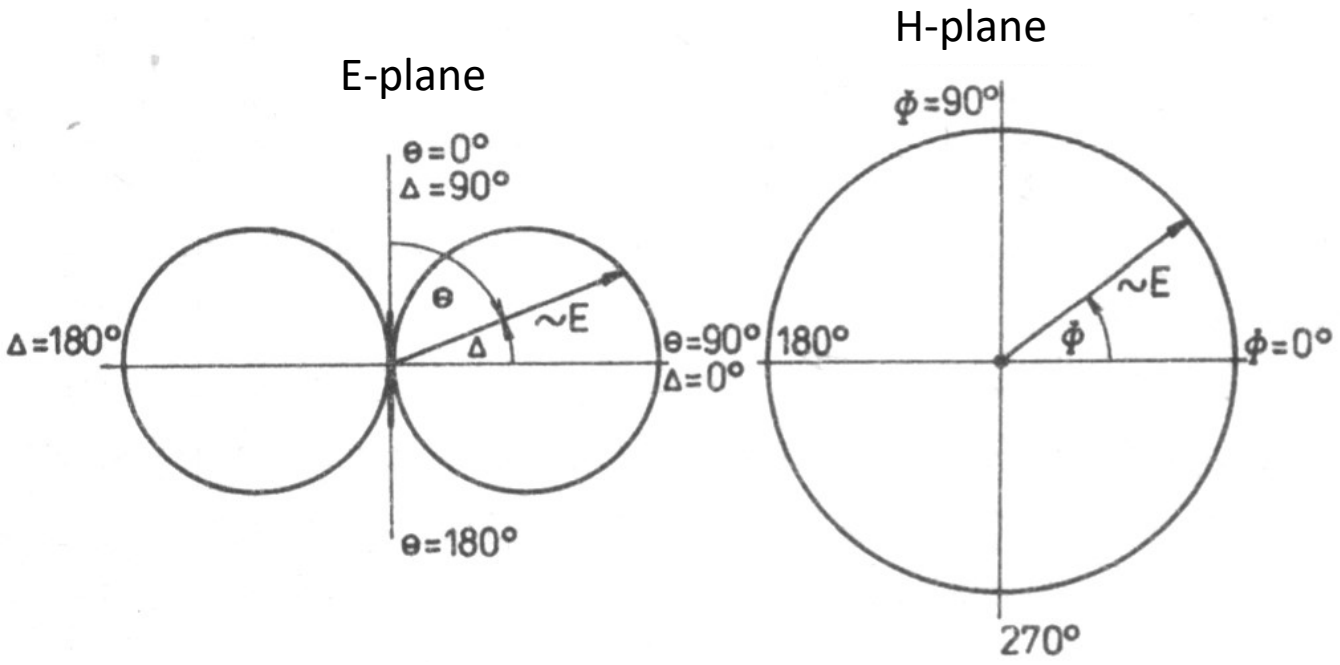


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Elementary electric dipole

Radiation patterns

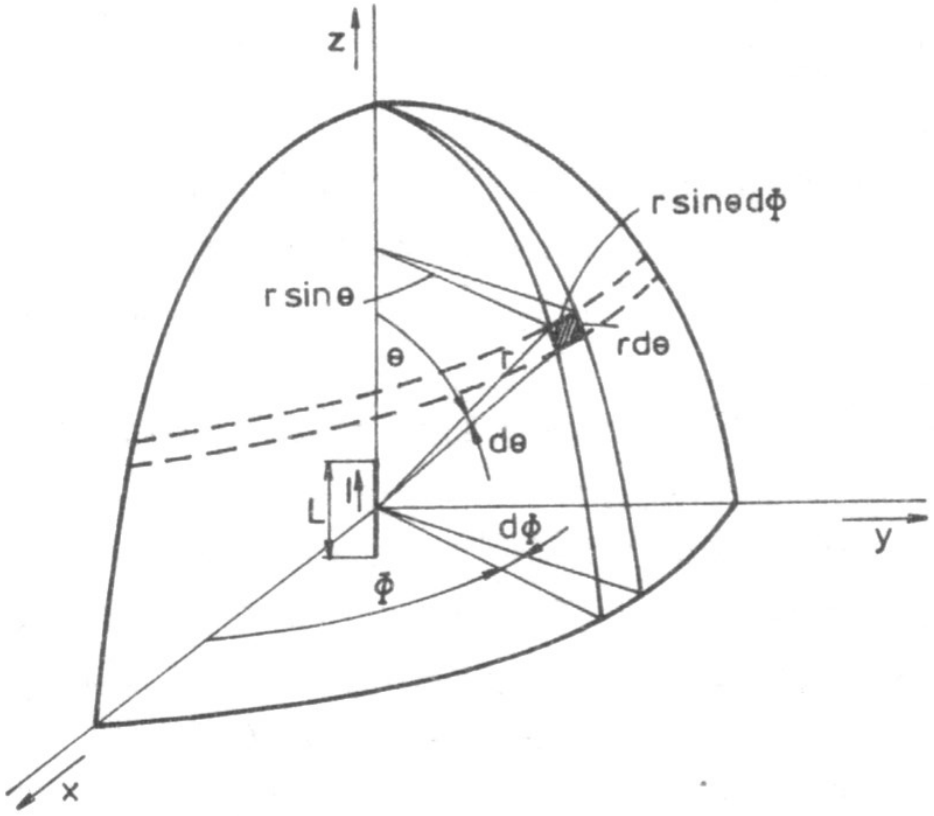


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Elementary surface

on spherical surface – determining dimensions

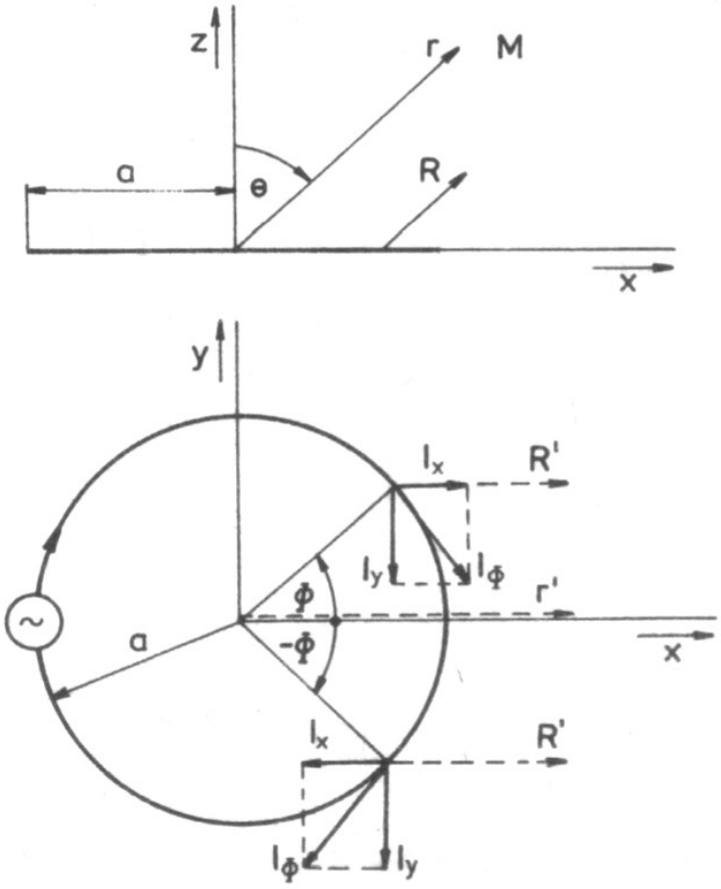


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Elementary loop

of electric current

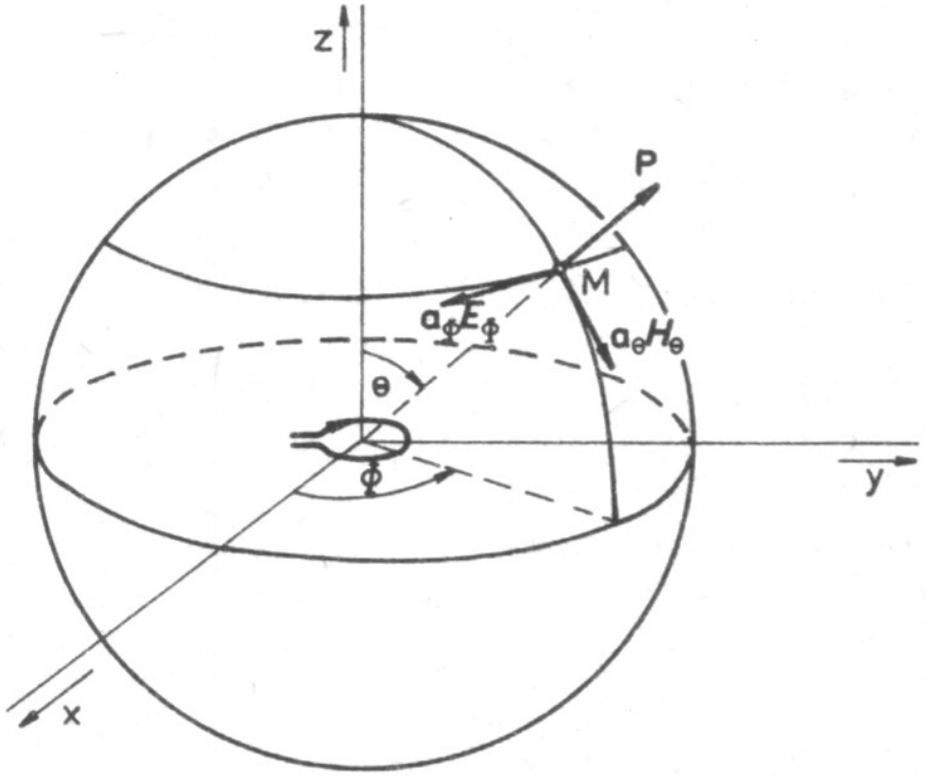


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Elementary loop

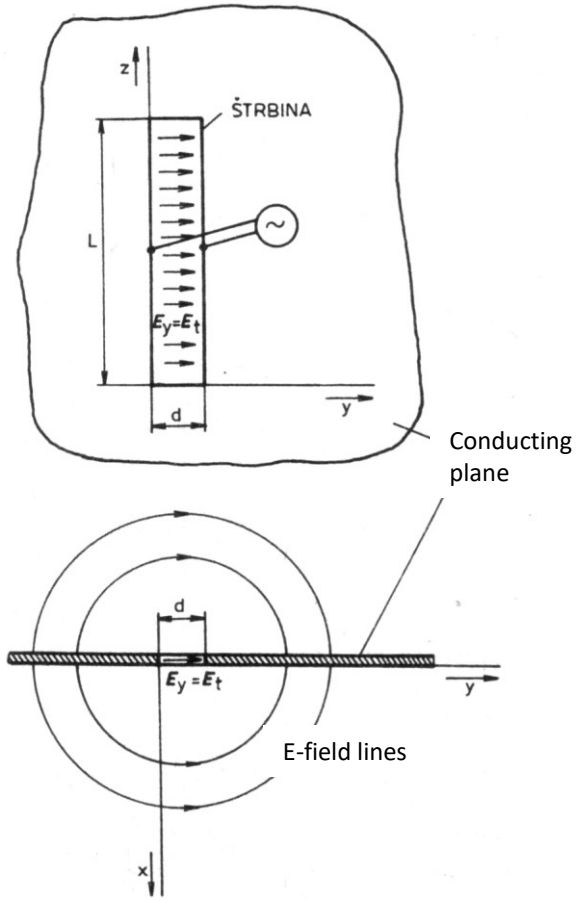
Field components



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Elementary slot

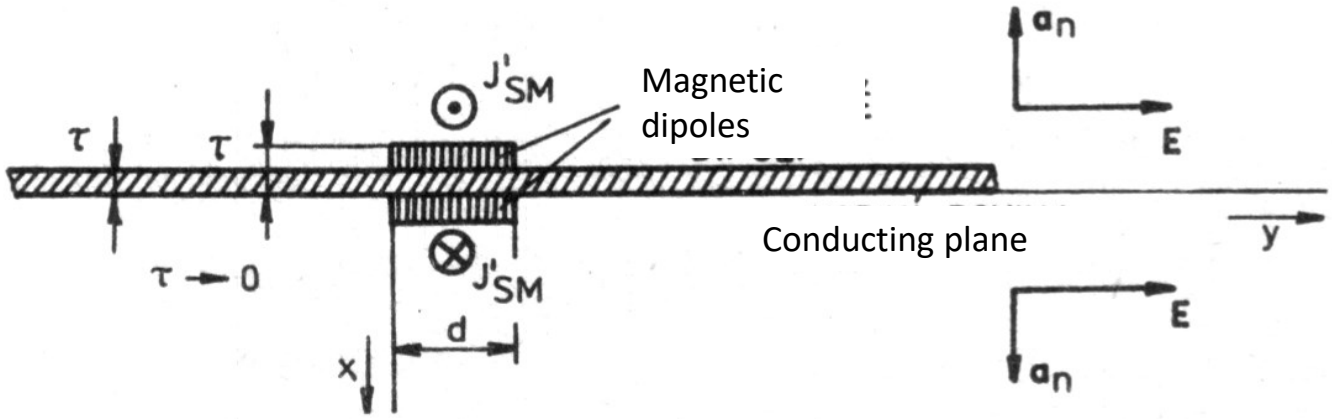


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Elementary slot

Equivalent substitute – two magnetic dipoles placed to a slot-less sheet

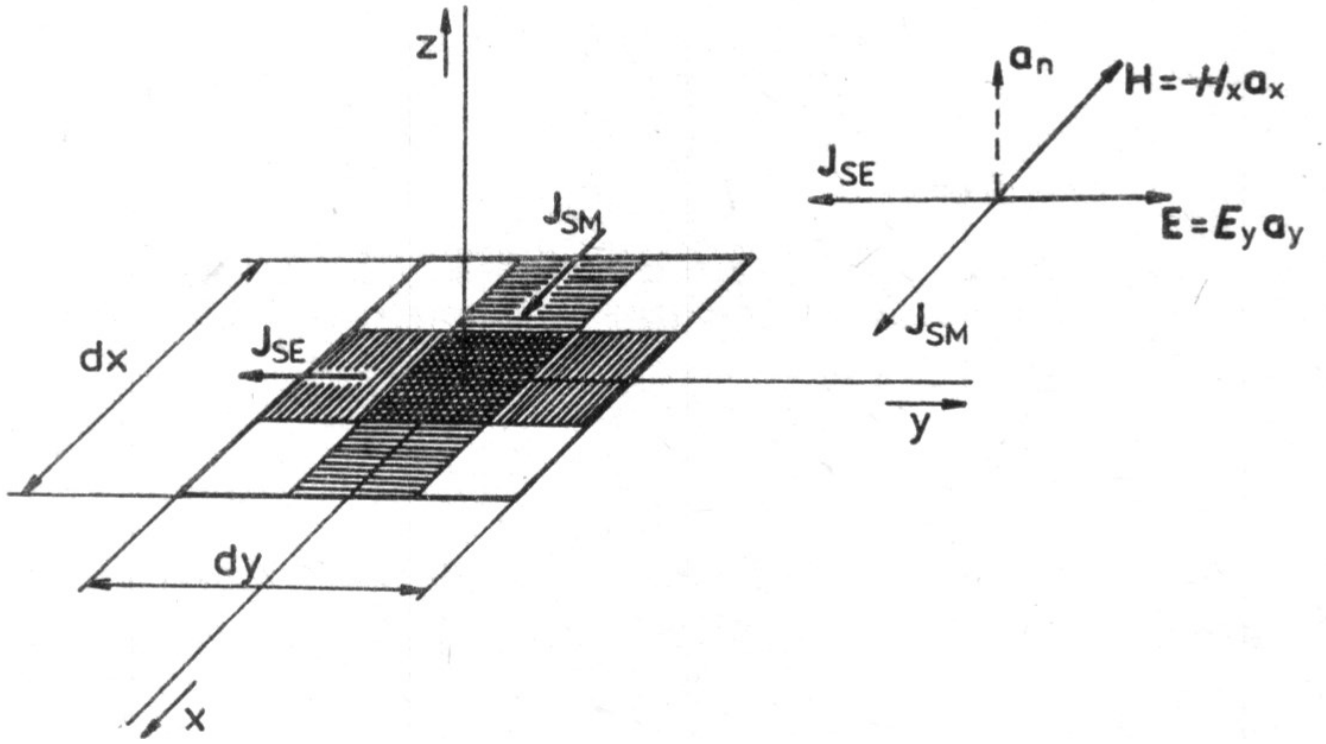


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Elementary wavefront

Huygens principle: field analysis can start form arbitrary point if we determine effective driving currents in it

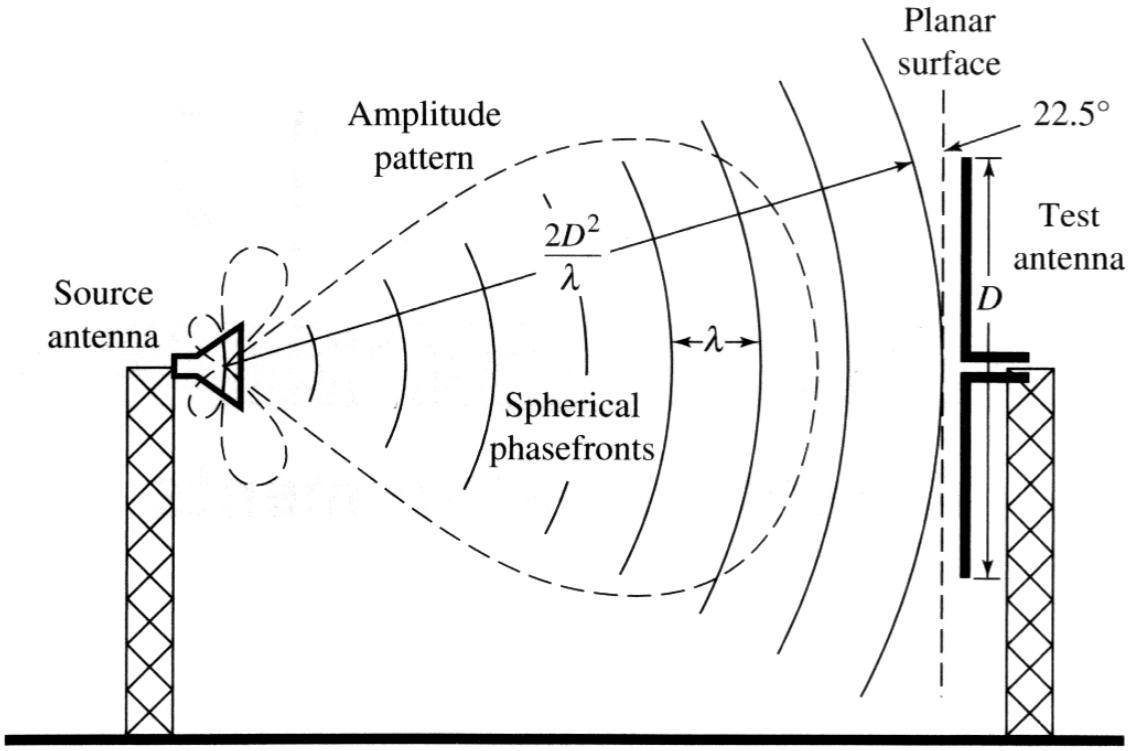


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Phase error

at the edge of antenna under test radiated by spherical wave

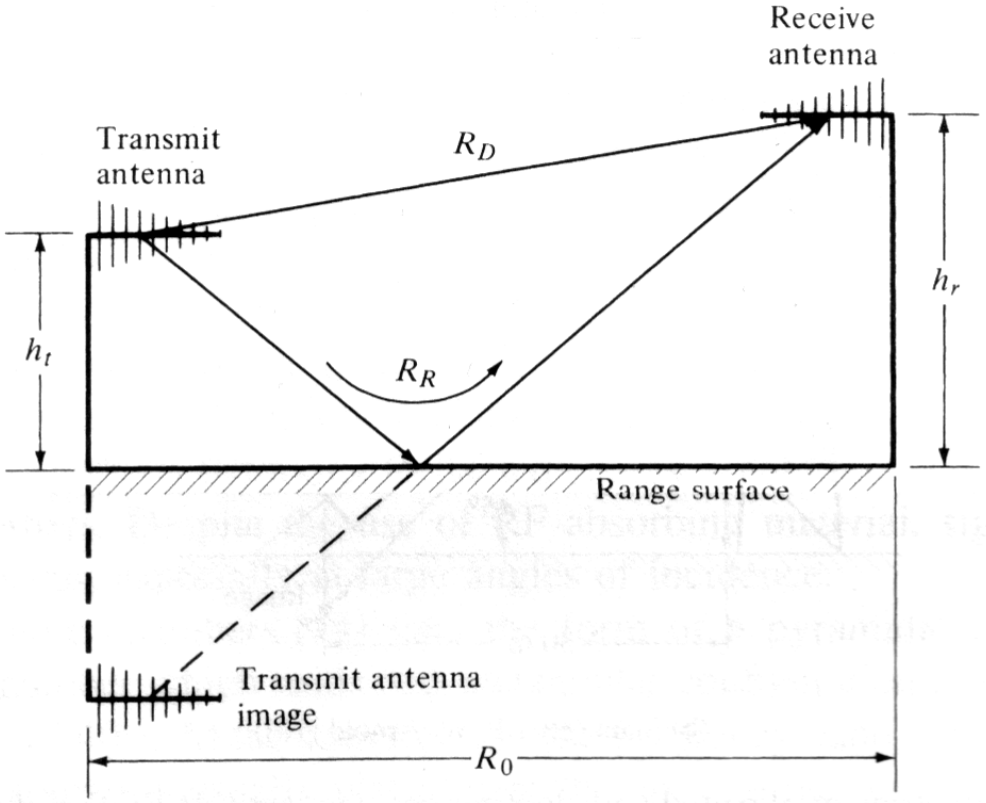


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Reflection range

Geometry

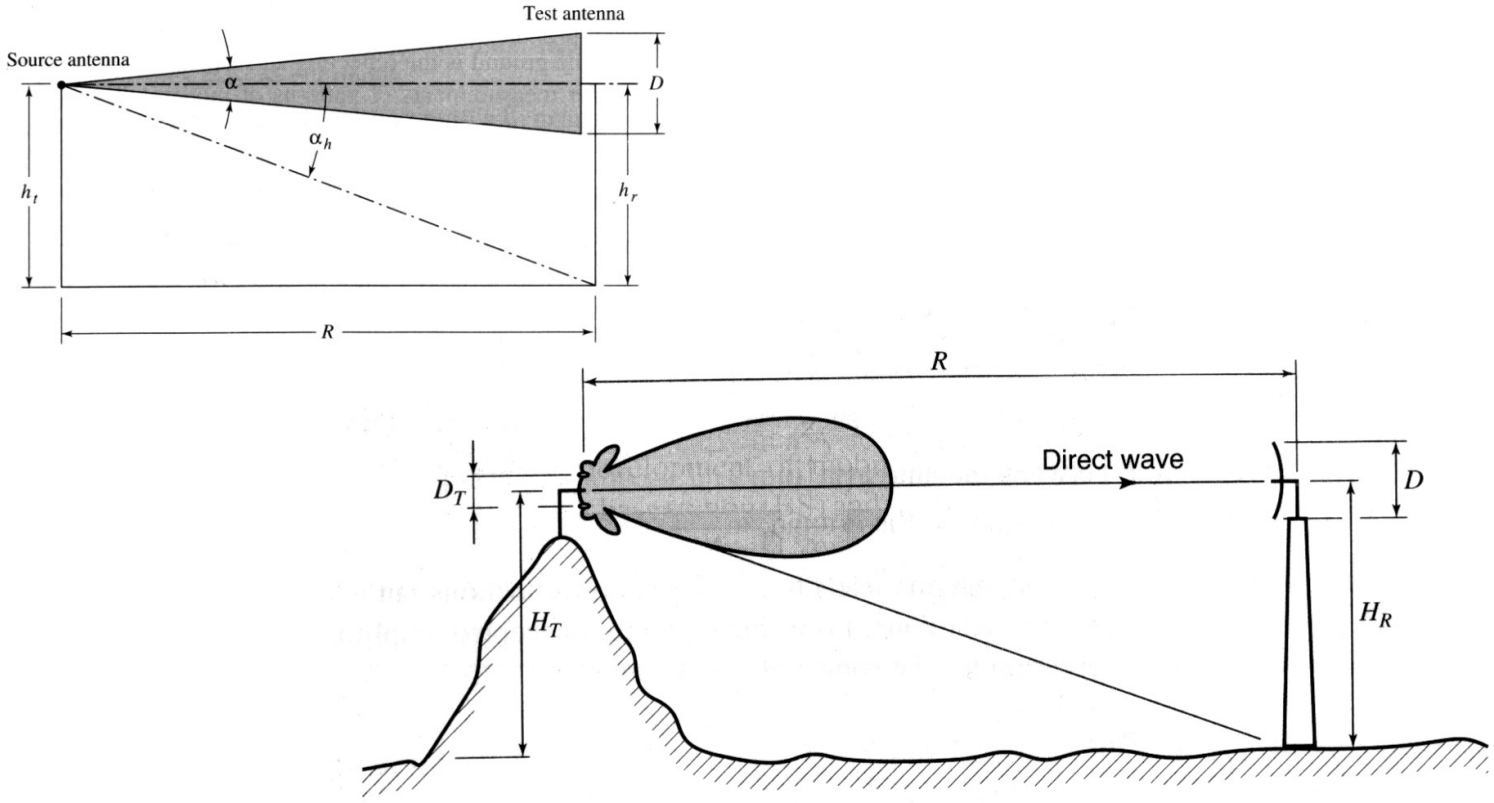


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Elevated range

Geometry, minimizing reflections

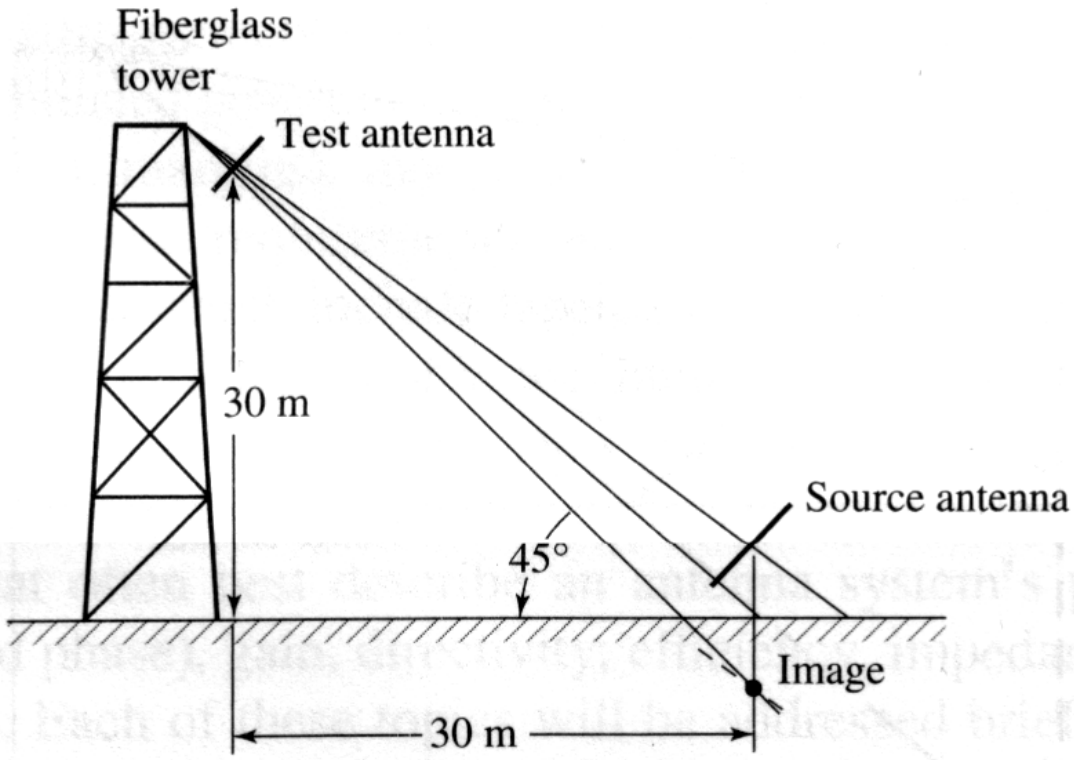


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Slant range

Geometry



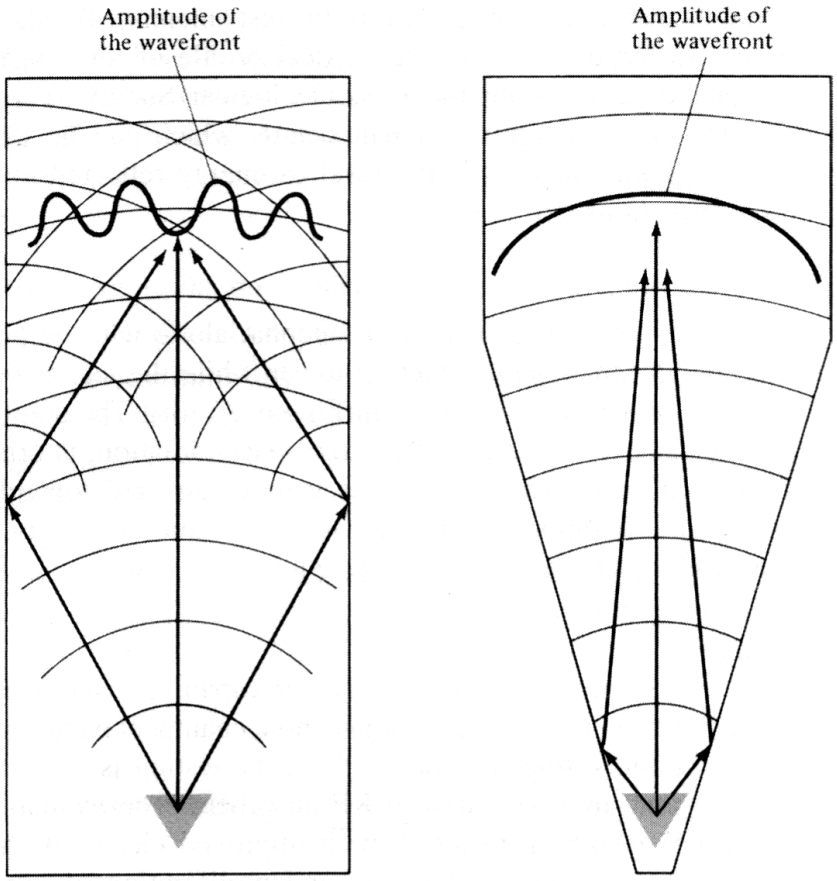
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Anechoic chambers

Reflections from walls

a) rectangular chamber



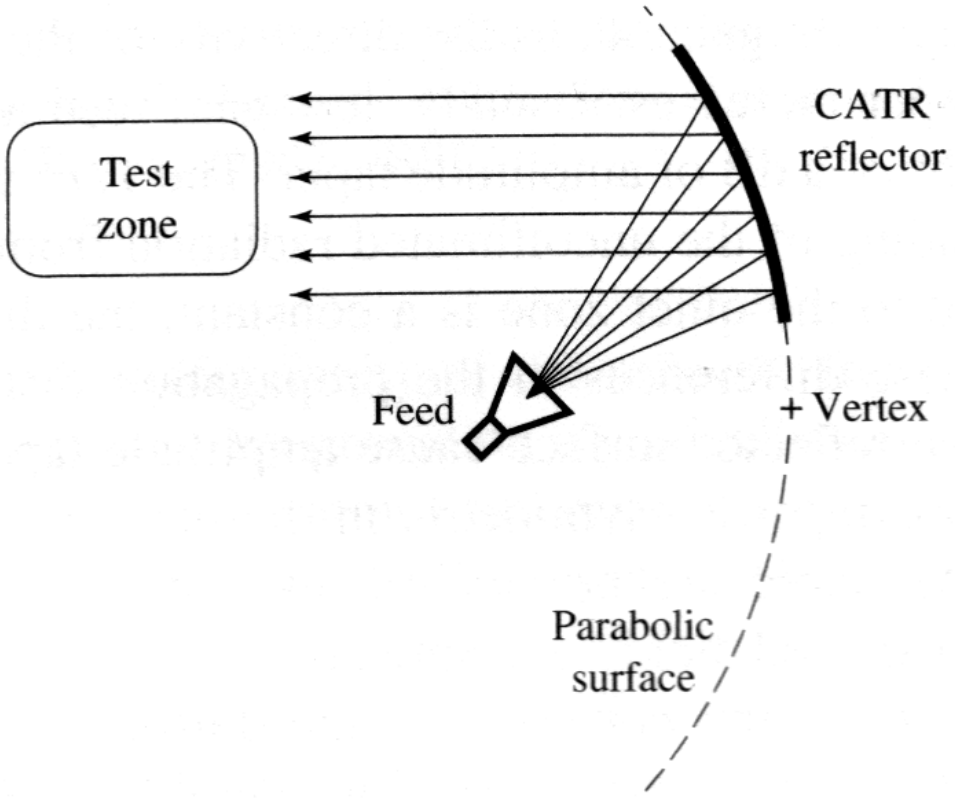
b) tapered chamber

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Compact arrangement

Compact Antenna Test Range (CATR)

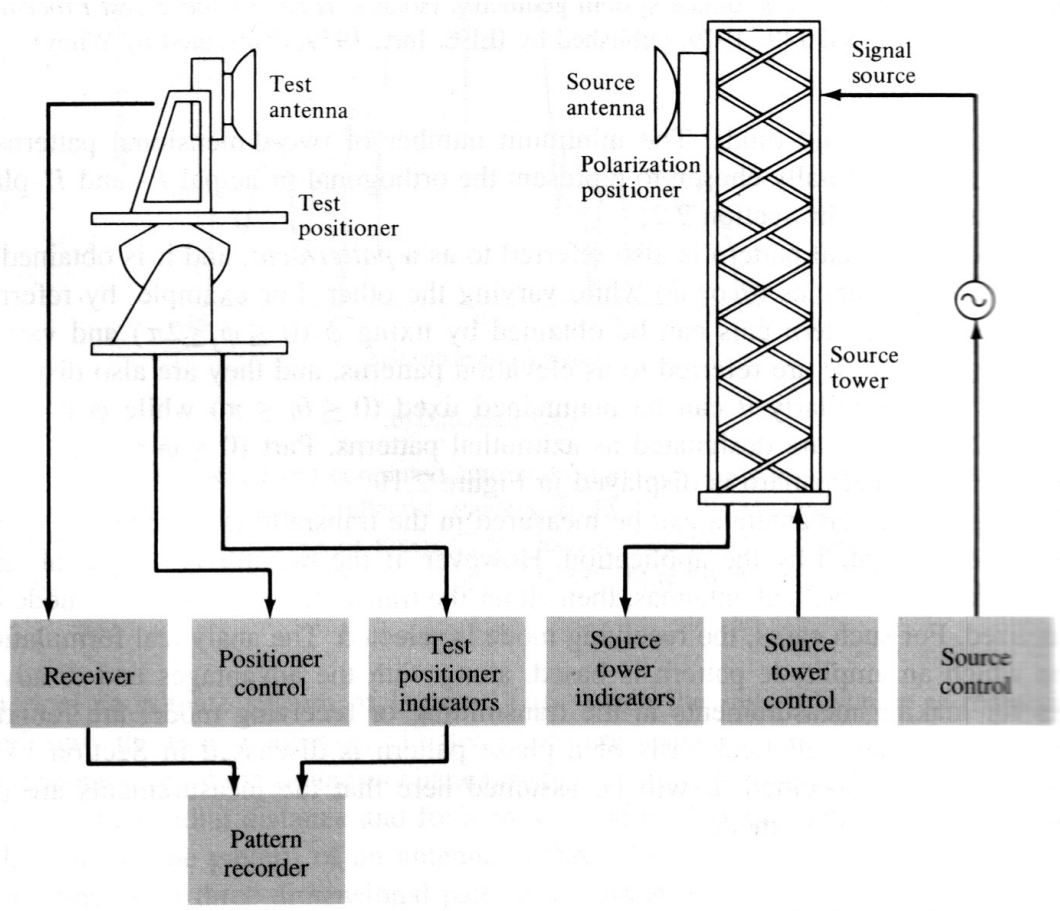


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Instrumentation

of typical antenna-range measuring system

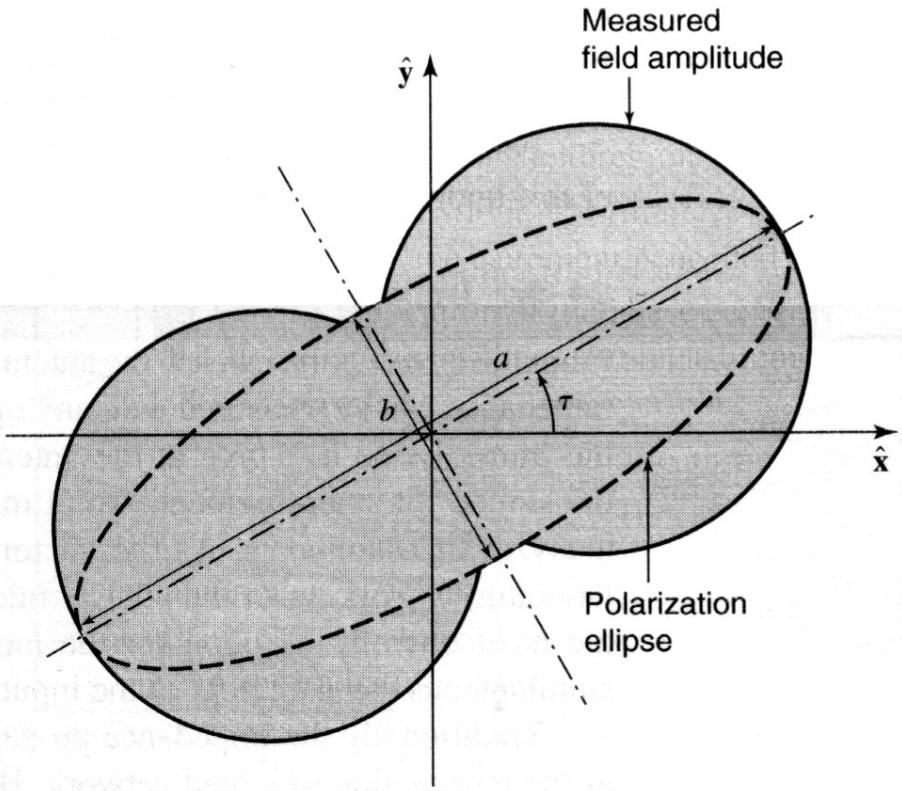


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Polarization measurement

Polarization diagram, polarization ellipse

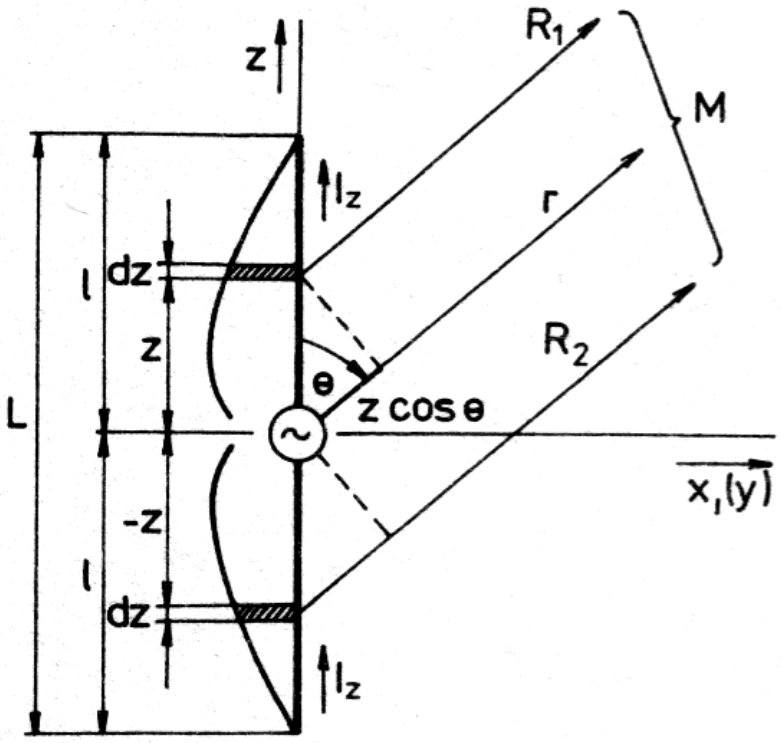


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Symmetric dipole of arbitrary length

Resulting field as superposition of elementary dipoles along wire

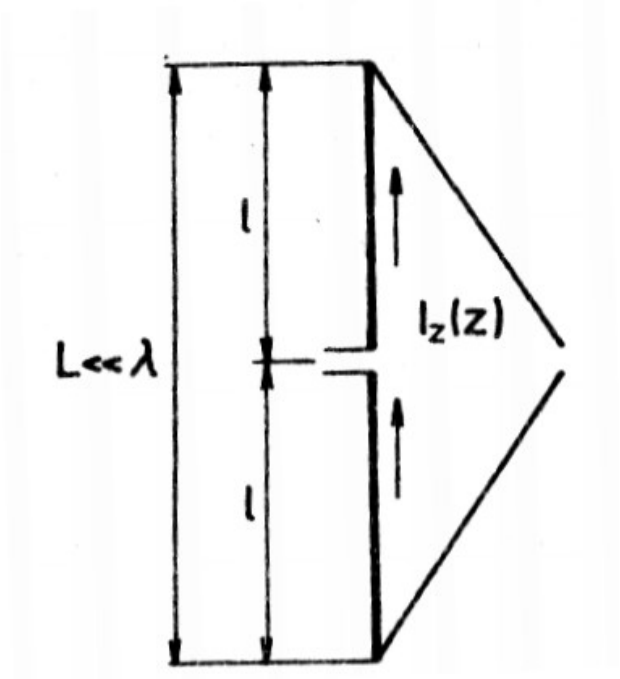


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Short dipole

Current distribution is triangular

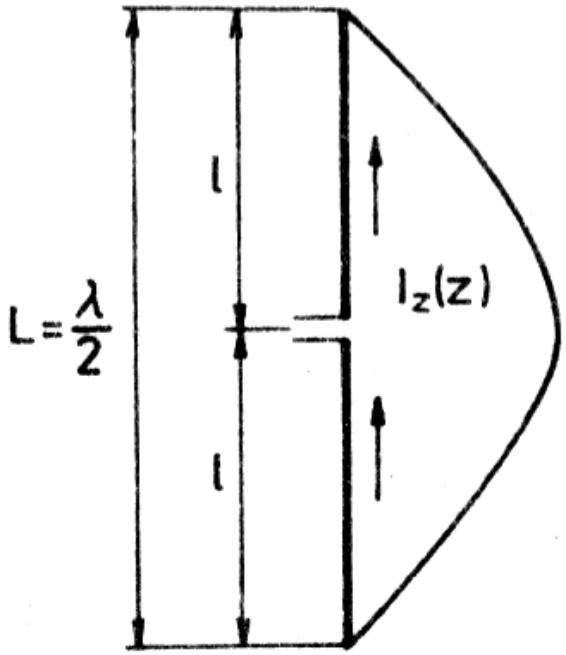


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Halfwave dipole

Current distribution is one half of sinus

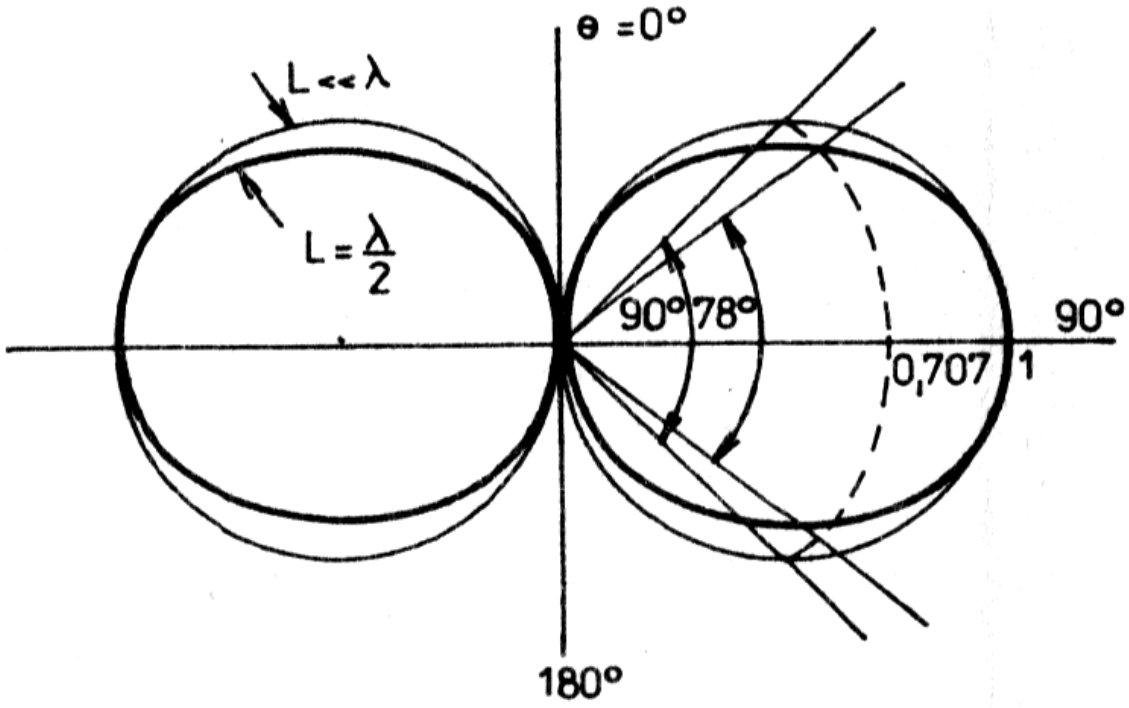


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Relative radiation pattern

of a short and a halfwave dipole

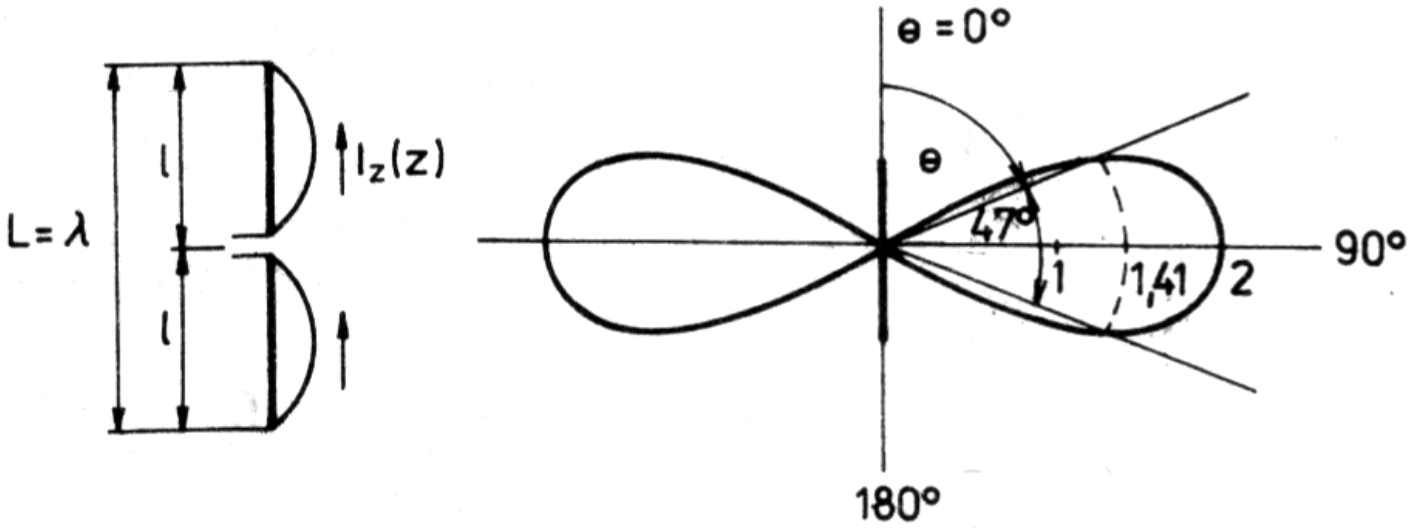


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Full-wave dipole

Current distribution and radiation pattern

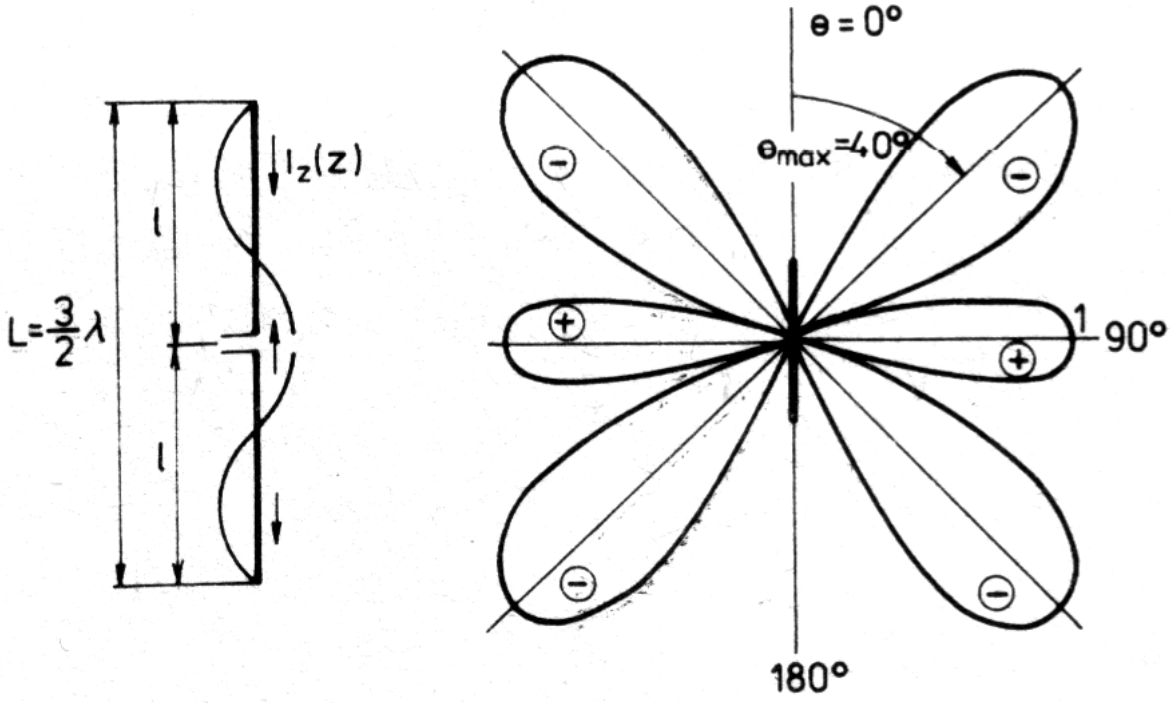


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Dipole of length 1,5λ

Current distribution and radiation pattern

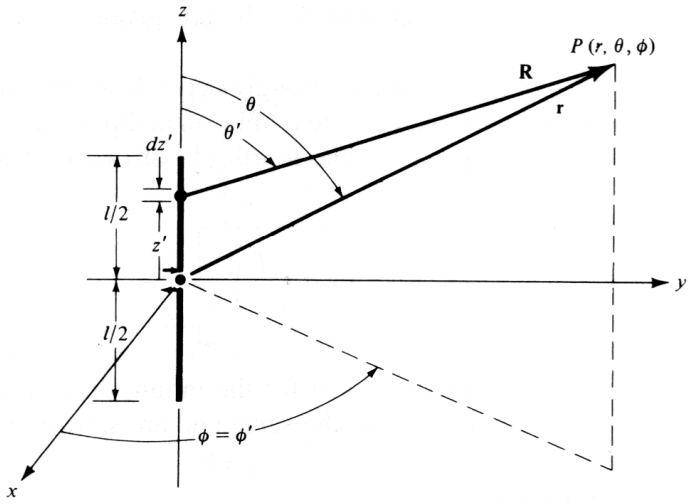


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

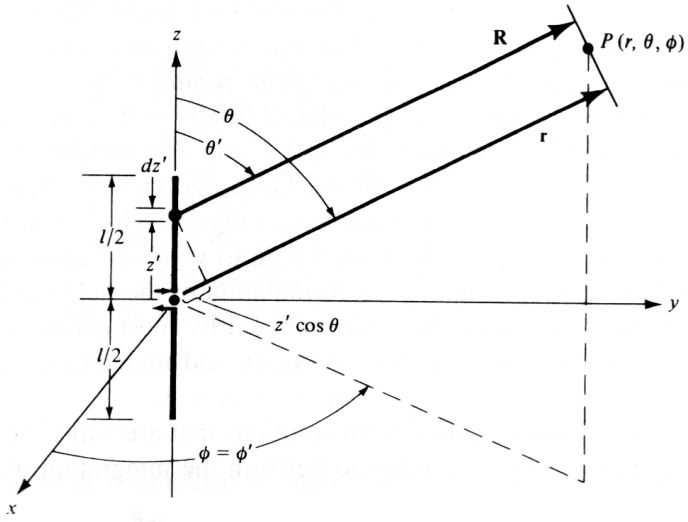
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Finite-length dipole

Geometry and approximation for farfield



a) Geometry of finite dipole



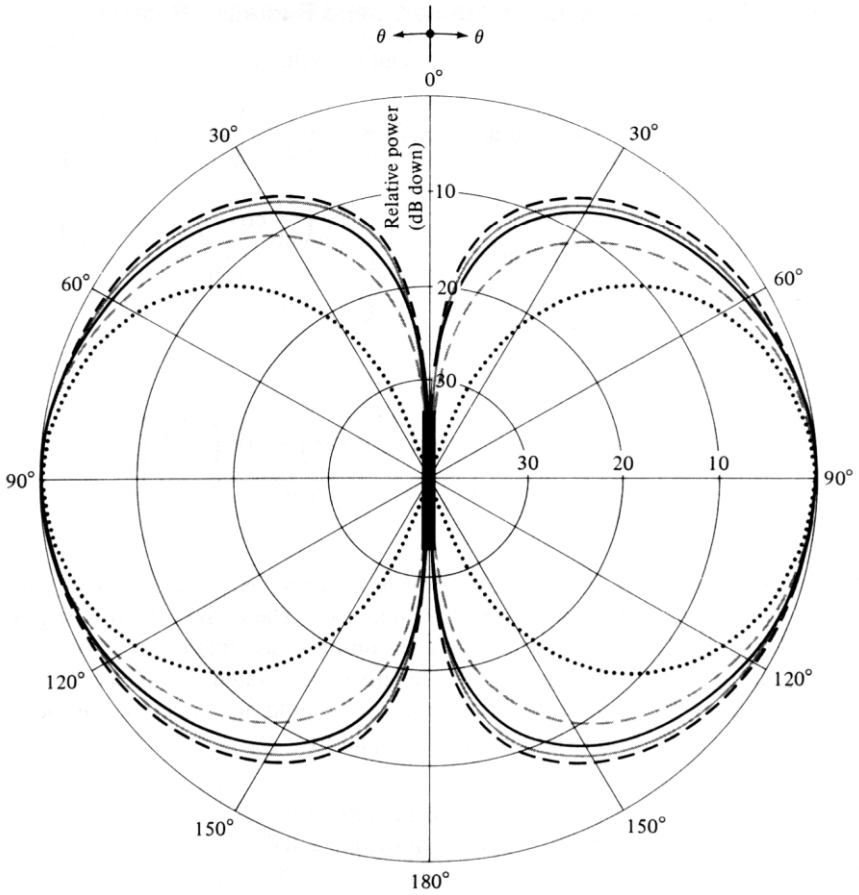
b) Approximation for farfield

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Dipole radiation pattern

Amplitude; elevation plane; thin dipole with sine distribution



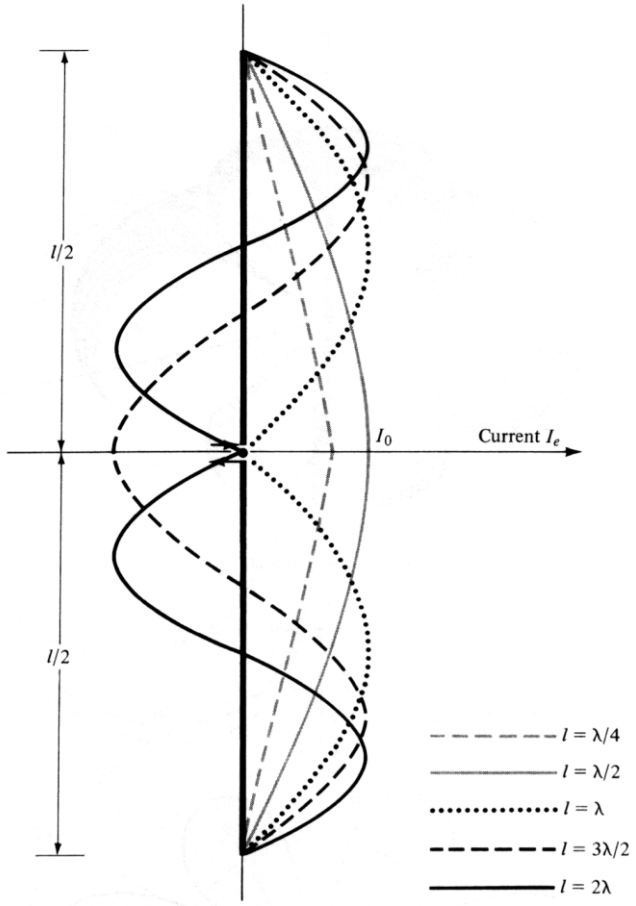
$l = \lambda/50$	$l = \lambda/50$	3-dB beamwidth = 90°
$l = \lambda/4$	$l = \lambda/4$	3-dB beamwidth = 87°
$l = \lambda/2$	$l = \lambda/2$	3-dB beamwidth = 78°
$l = 3\lambda/4$	$l = 3\lambda/4$	3-dB beamwidth = 64°
$l = \lambda$	$l = \lambda$	3-dB beamwidth = 47.8°

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Current distribution

along linear wire antenna

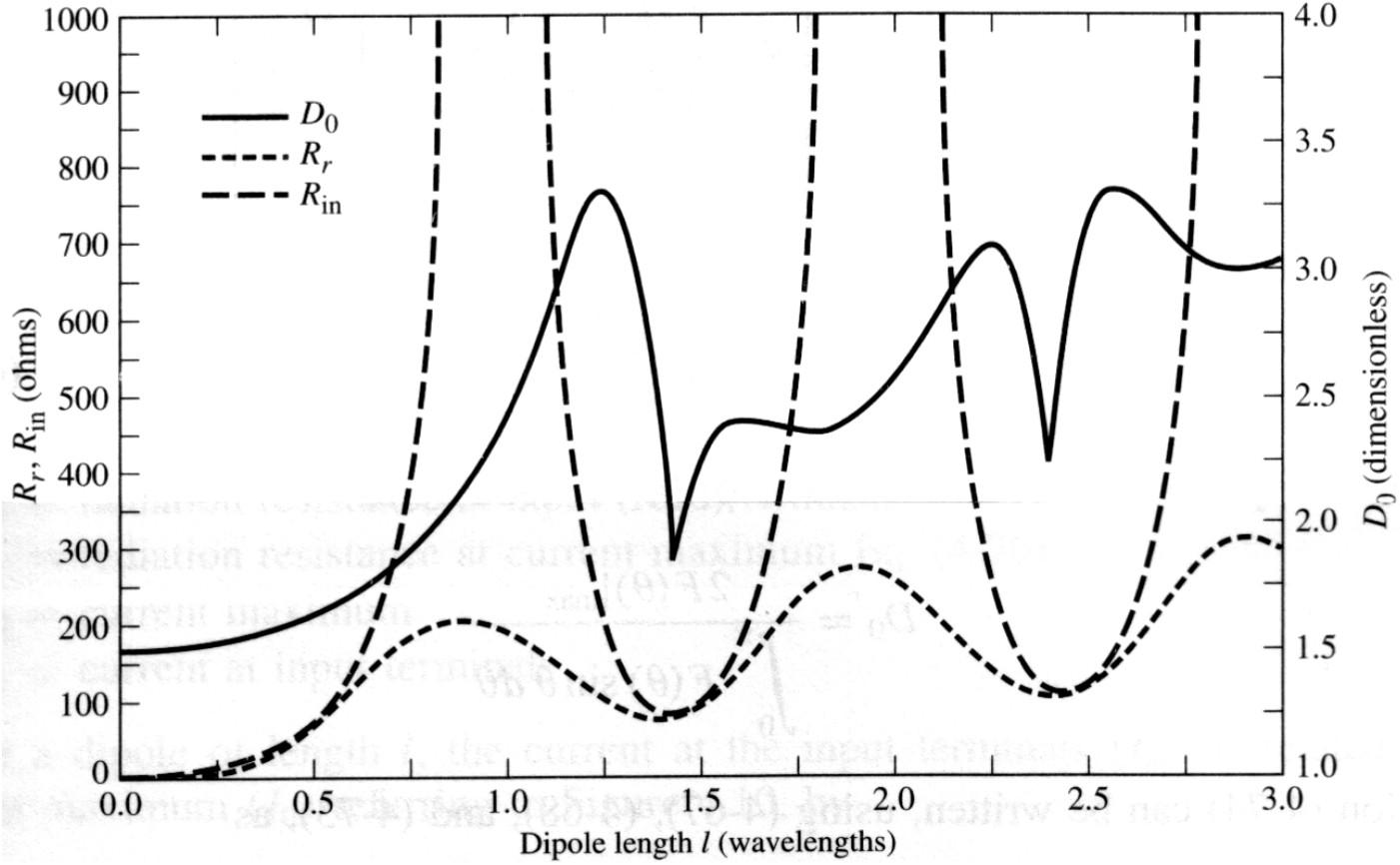


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Resistance and directivity

Thin dipole with sine current distribution

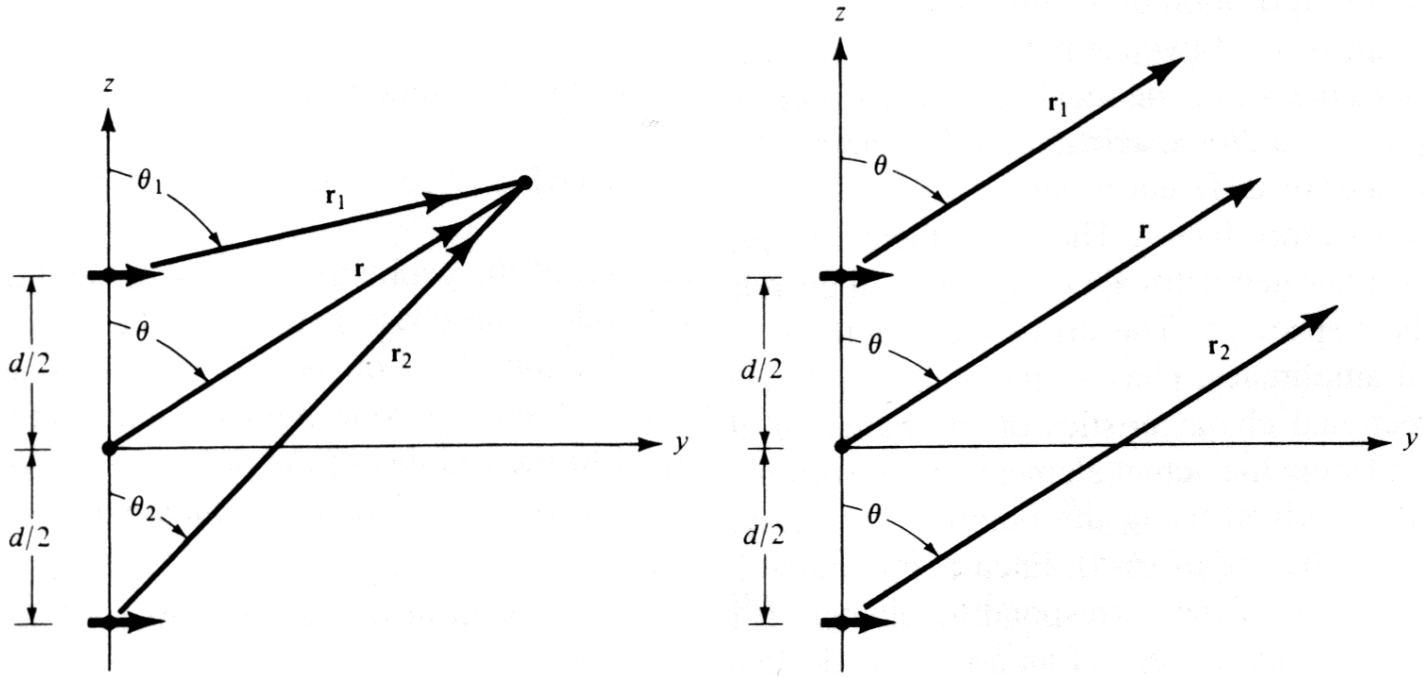


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

2 infinitesimal dipoles

Observation in farfield



a) two elementary dipoles

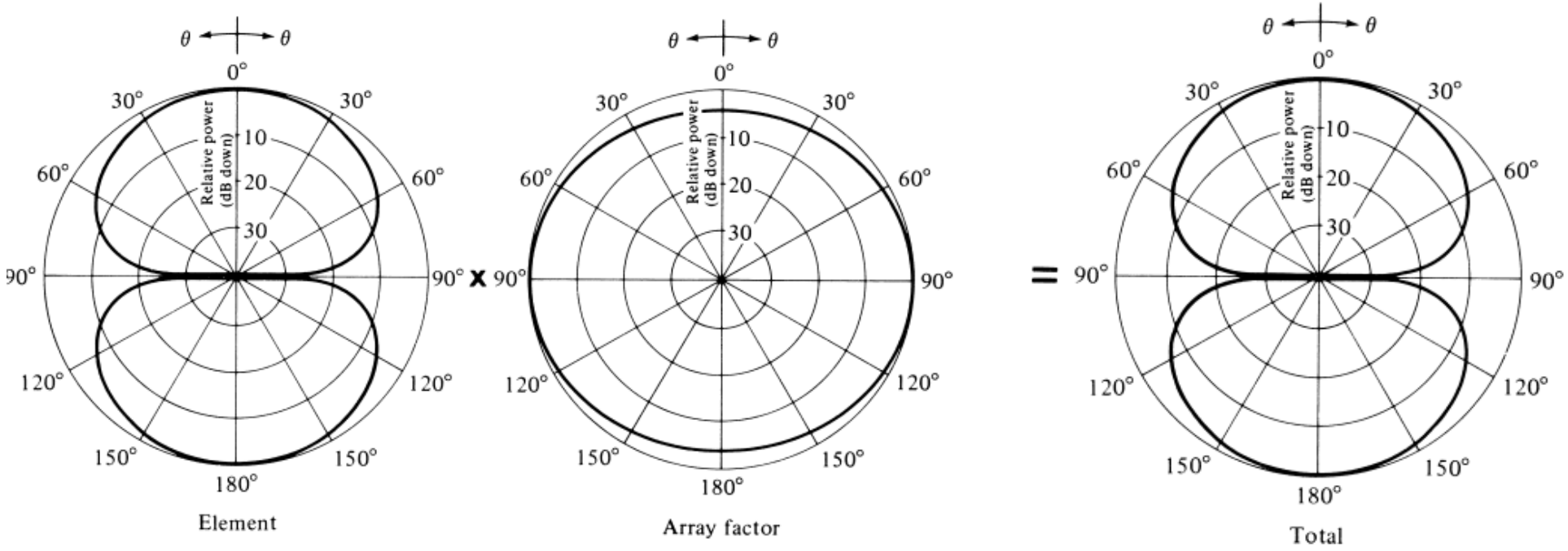
b) observation in farfield

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Two-element antenna array

Identical phase of excitation



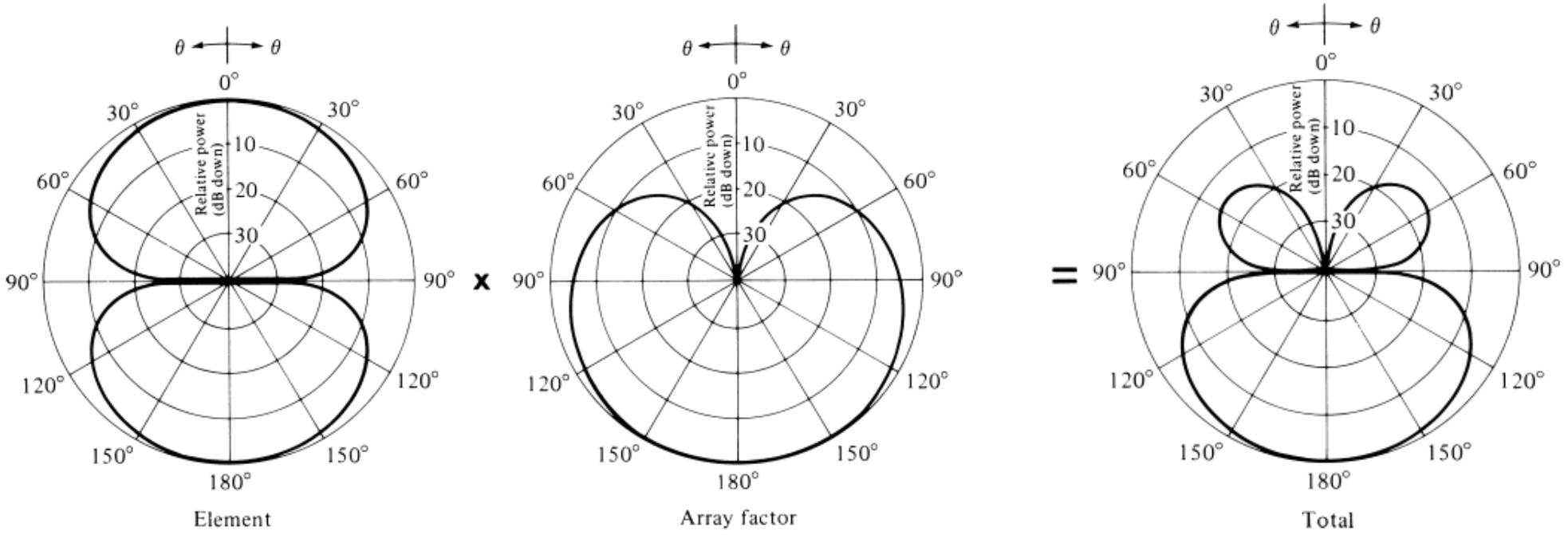
Two-elementary-dipole antenna array with equal-phase excitation
($\delta = 0°$, $d = \lambda/4$)

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Two-element antenna array

Different phase of excitation



Two-elementary-dipole antenna array with different-phase excitation

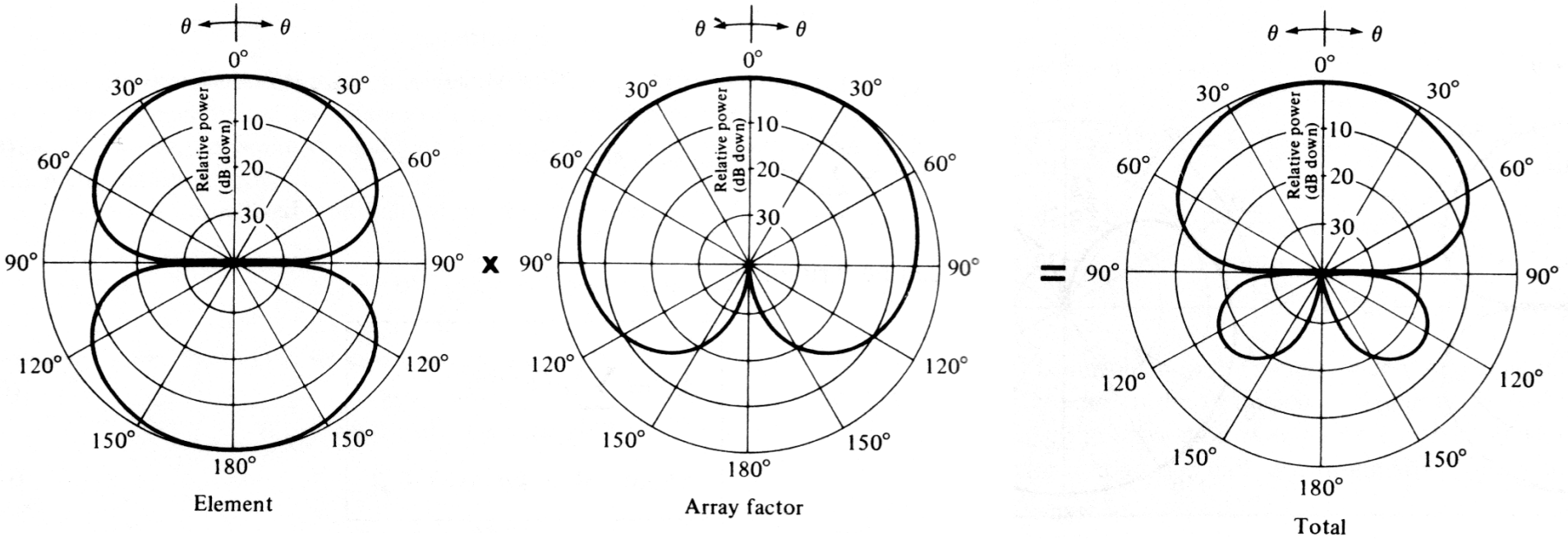
$\delta = +90°$, $d = \lambda/4$

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Two-element antenna array

Different phase of excitation



Two-elementary-dipole antenna array with different-phase excitation

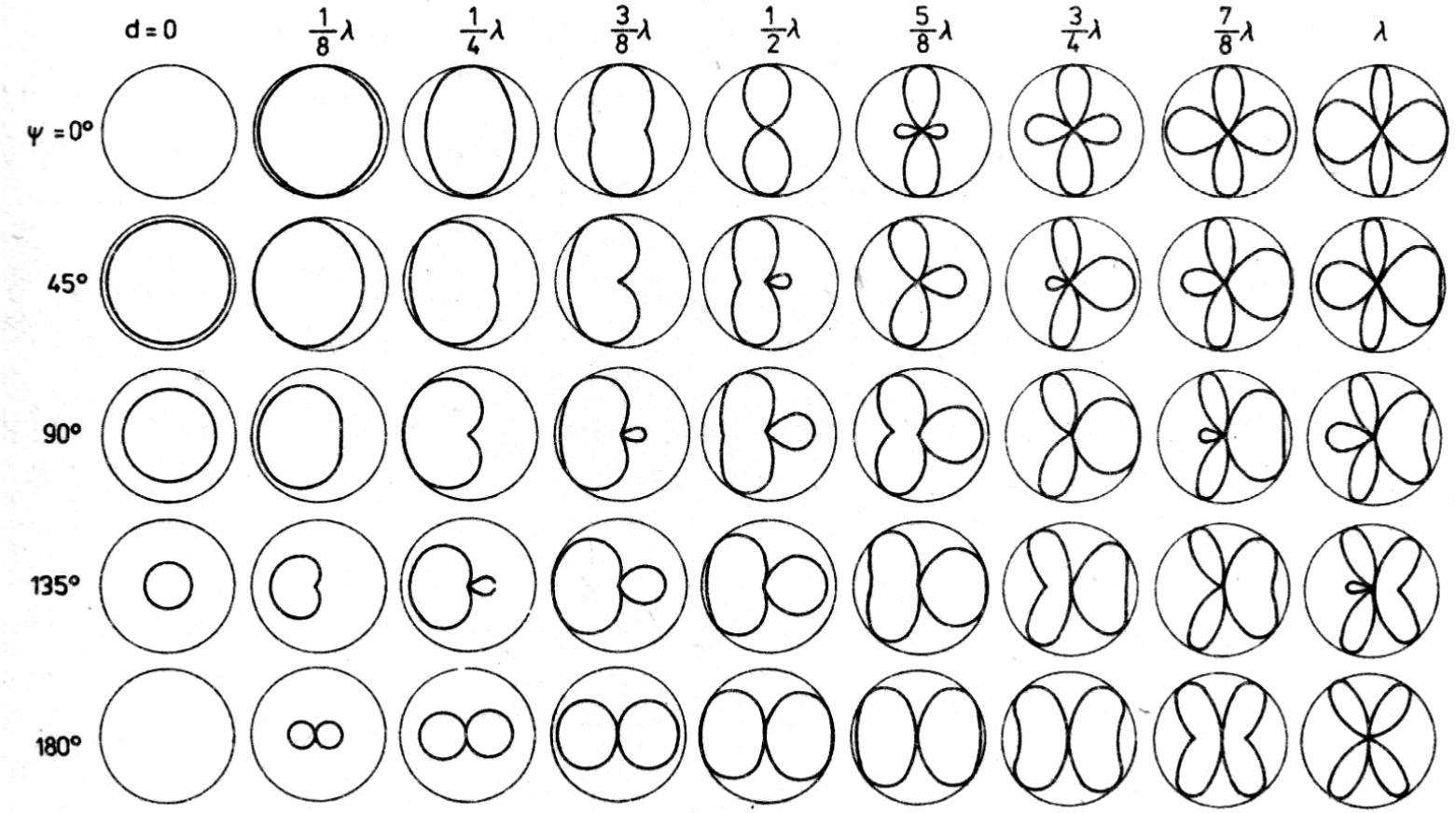
$\delta = -90°$, $d = \lambda/4$

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Antenna array factor

for two dipoles



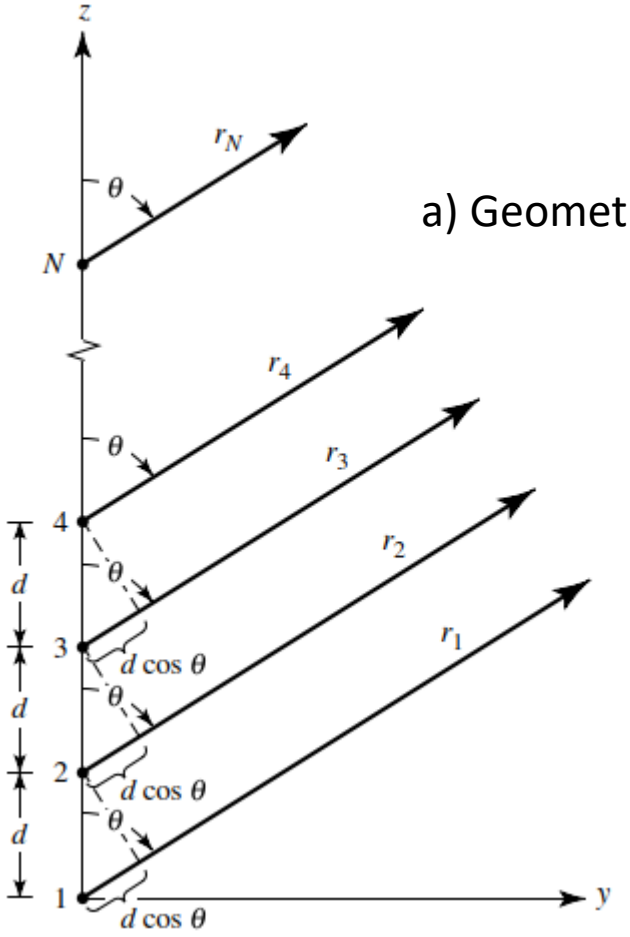
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

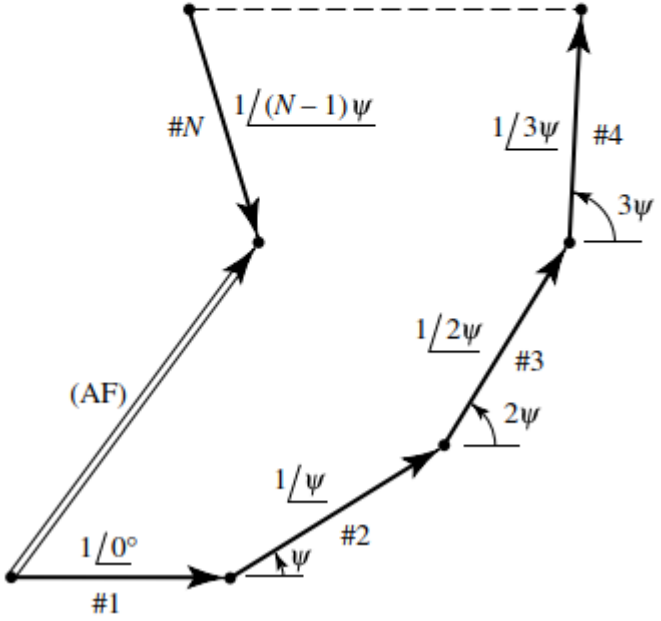
N-element antenna array

Isotropic radiators along *z*-axis observed from farfield

a) Geometry



b) Phasor diagram

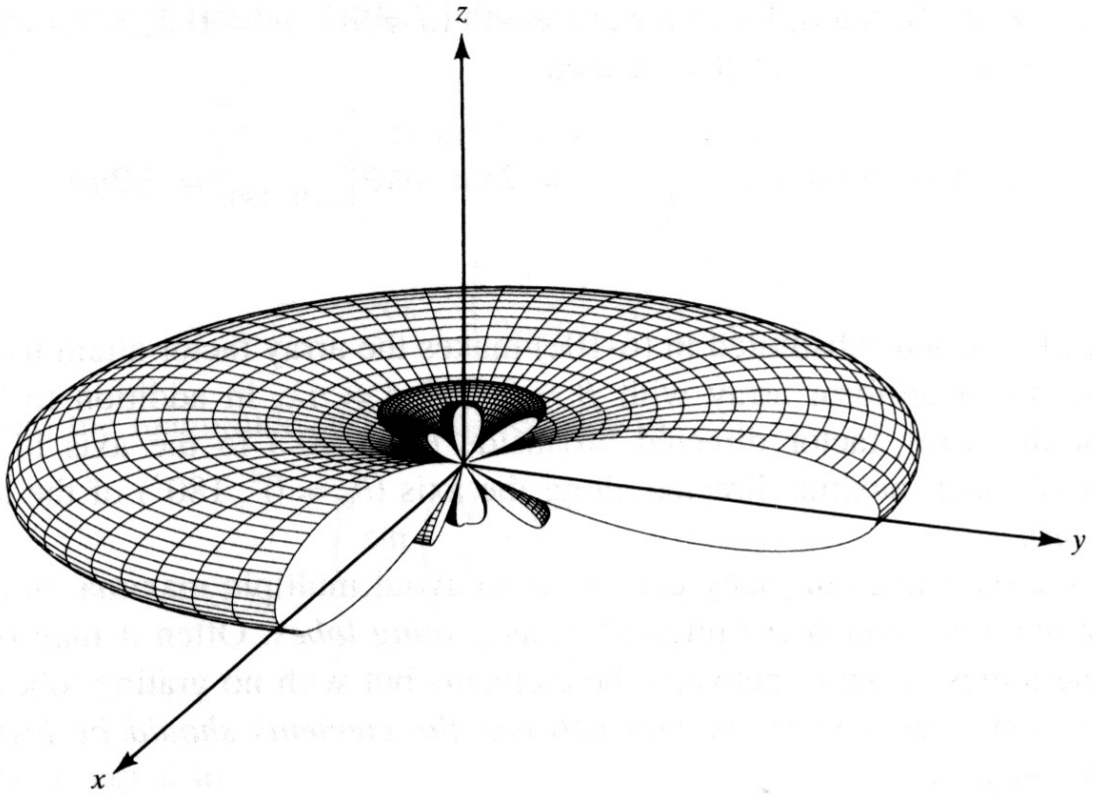


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Broadside radiation

$\delta = 0°$, $d = \lambda/4$

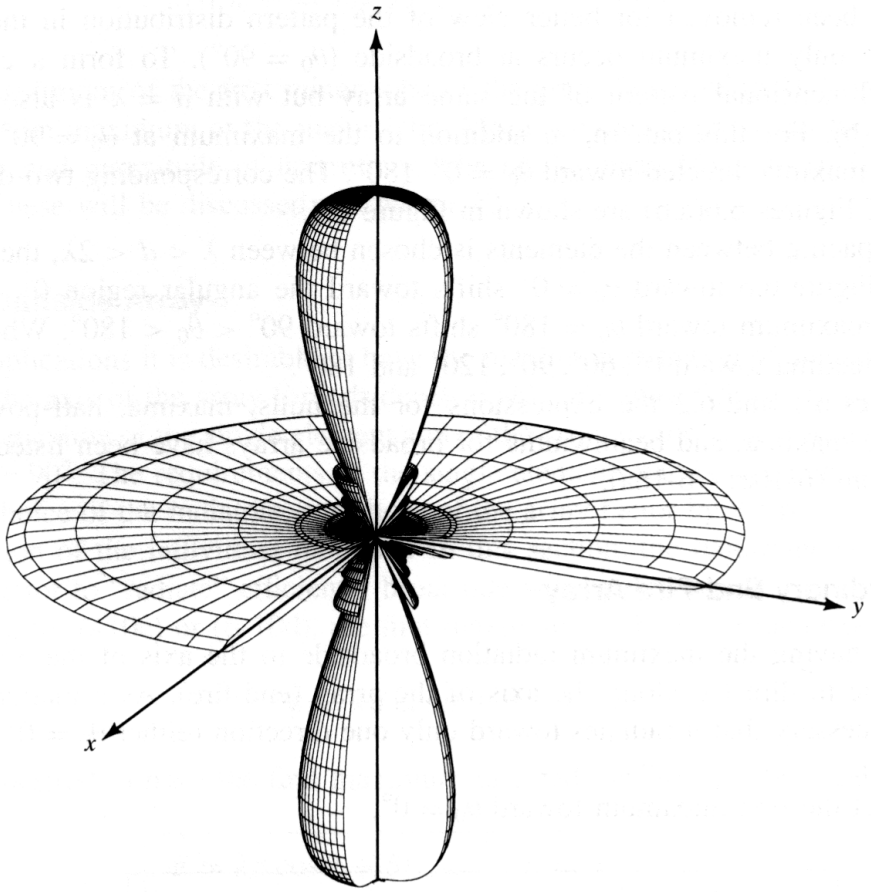


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

End-fire/broadside radiation

$\delta = 0°$, $d = \lambda$



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Broadside radiation

Nulls, maxima, beamwidths, side-lobe levels

TABLE 6.1 Nulls, Maxima, Half-Power Points, and Minor Lobe Maxima for Uniform Amplitude Broadside Arrays

NULLS	$\theta_n = \cos^{-1}\left(\pm\frac{n}{N}\frac{\lambda}{d}\right)$ $n = 1, 2, 3, \ldots$ $n \neq N, 2N, 3N, \ldots$
MAXIMA	$\theta_m = \cos^{-1}\left(\pm\frac{m\lambda}{d}\right)$ $m = 0, 1, 2, \ldots$
HALF-POWER POINTS	$\theta_h \simeq \cos^{-1}\left(\pm\frac{1.391\lambda}{\pi N d}\right)$ $\pi d/\lambda \ll 1$
MINOR LOBE MAXIMA	$\theta_s \simeq \cos^{-1}\left[\pm\frac{\lambda}{2d}\left(\frac{2s+1}{N}\right)\right]$ $s = 1, 2, 3, \ldots$ $\pi d/\lambda \ll 1$

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Broadside radiation

Beamwidths

TABLE 6.2 Beamwidths for Uniform Amplitude Broadside Arrays

FIRST-NULL BEAMWIDTH (FNBW)	$\Theta_n = 2\left[\frac{\pi}{2} - \cos^{-1}\left(\frac{\lambda}{Nd}\right)\right]$
HALF-POWER BEAMWIDTH (HPBW)	$\Theta_h \simeq 2\left[\frac{\pi}{2} - \cos^{-1}\left(\frac{1.391\lambda}{\pi Nd}\right)\right]$ $\pi d/\lambda \ll 1$
FIRST SIDE LOBE BEAMWIDTH (FSLBW)	$\Theta_s \simeq 2\left[\frac{\pi}{2} - \cos^{-1}\left(\frac{3\lambda}{2dN}\right)\right]$ $\pi d/\lambda \ll 1$

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

End-fire radiation

Nulls, maxima, beamwidths, side-lobe levels

TABLE 6.3 Nulls, Maxima, Half-Power Points, and Minor Lobe Maxima for Uniform Amplitude Ordinary End-Fire Arrays

NULLS	$\theta_n = \cos^{-1}\left(1 - \frac{n\lambda}{Nd}\right)$ $n = 1, 2, 3, \ldots$ $n \neq N, 2N, 3N, \ldots$
MAXIMA	$\theta_m = \cos^{-1}\left(1 - \frac{m\lambda}{d}\right)$ $m = 0, 1, 2, \ldots$
HALF-POWER POINTS	$\theta_h \simeq \cos^{-1}\left(1 - \frac{1.391\lambda}{\pi dN}\right)$ $\pi d/\lambda \ll 1$
MINOR LOBE MAXIMA	$\theta_s \simeq \cos^{-1}\left[1 - \frac{(2s+1)\lambda}{2Nd}\right]$ $s = 1, 2, 3, \ldots$ $\pi d/\lambda \ll 1$

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

End-fire radiation

Beamwidths

TABLE 6.4 Beamwidths for Uniform Amplitude Ordinary End-Fire Arrays

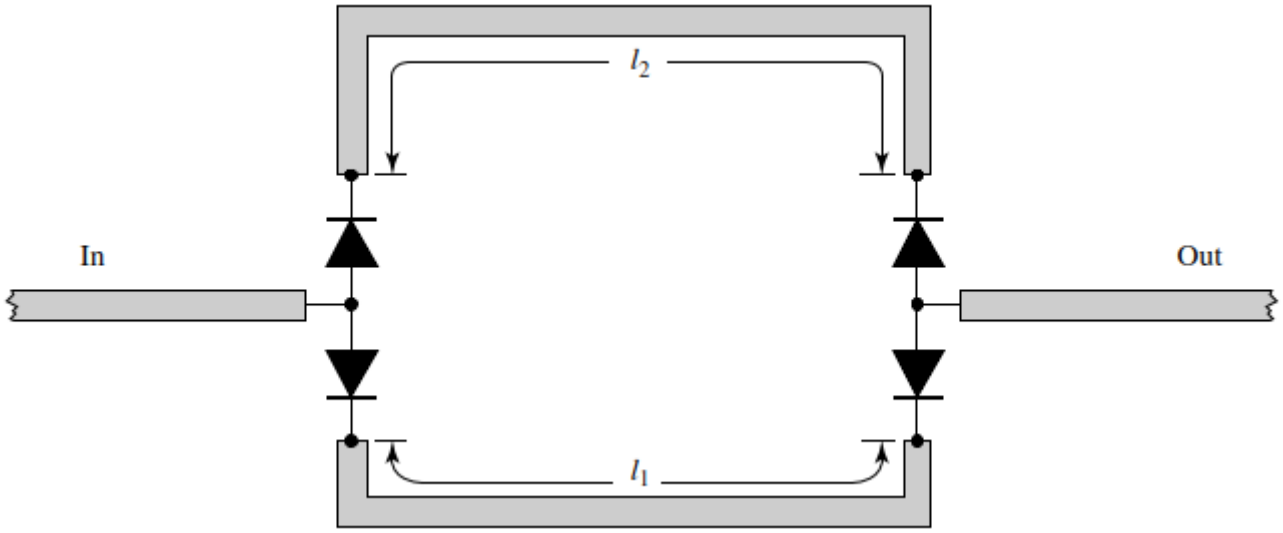
FIRST-NULL BEAMWIDTH (FNBW)	$\Theta_n = 2\cos^{-1}\left(1 - \frac{\lambda}{Nd}\right)$
HALF-POWER BEAMWIDTH (HPBW)	$\Theta_h \simeq 2\cos^{-1}\left(1 - \frac{1.391\lambda}{\pi d N}\right)$ $\pi d/\lambda \ll 1$
FIRST SIDE LOBE BEAMWIDTH (FSLBW)	$\Theta_s \simeq 2\cos^{-1}\left(1 - \frac{3\lambda}{2Nd}\right)$ $\pi d/\lambda \ll 1$

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Phase shifter

Incremental with switched transmission line by PIN diodes

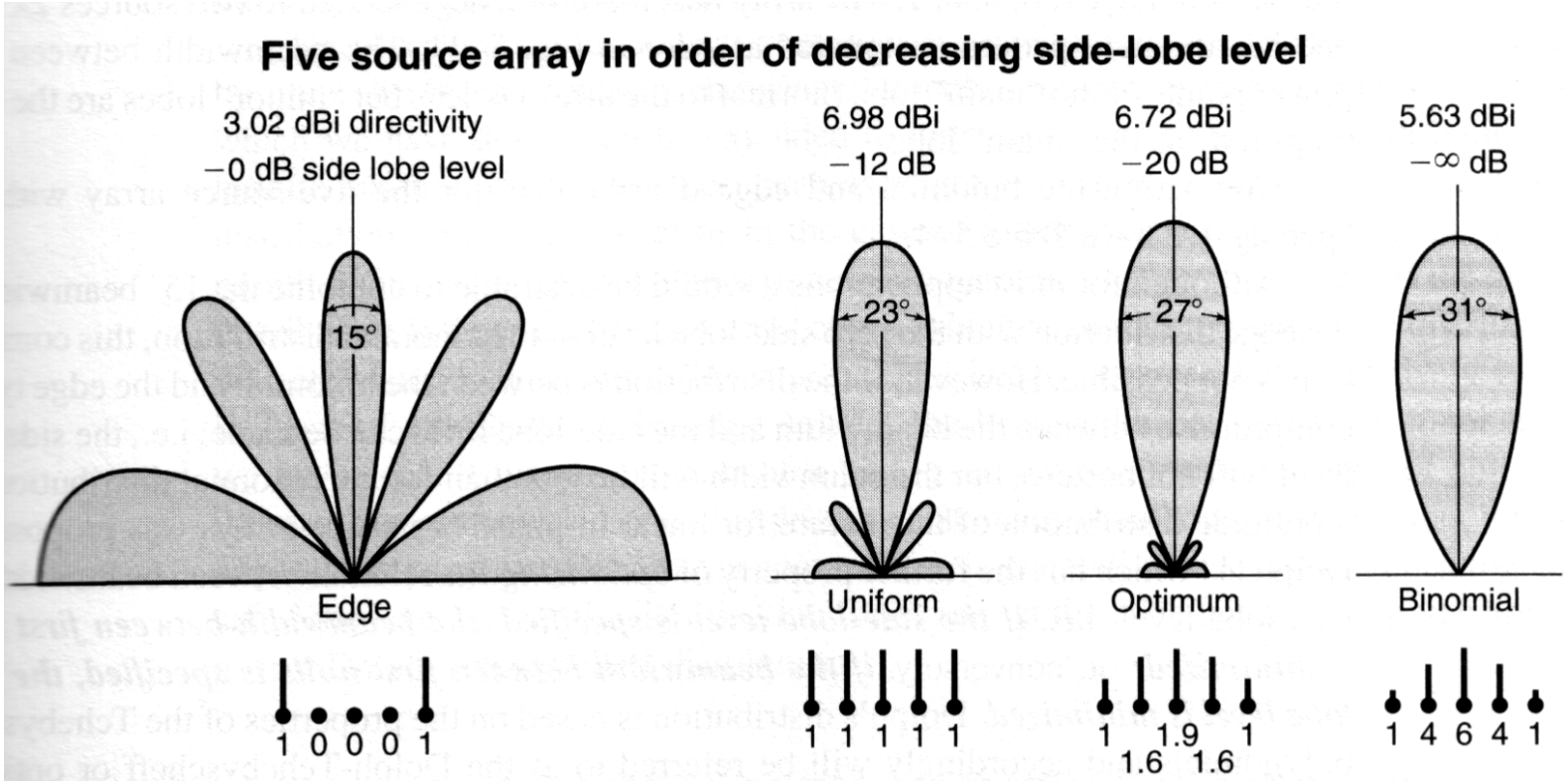


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Antenna arrays of isotropic radiators

$\lambda/2$ apart, same phases in excitation, but different amplitudes



a) edge distribution

b) uniform distribution

c) optimal distribution

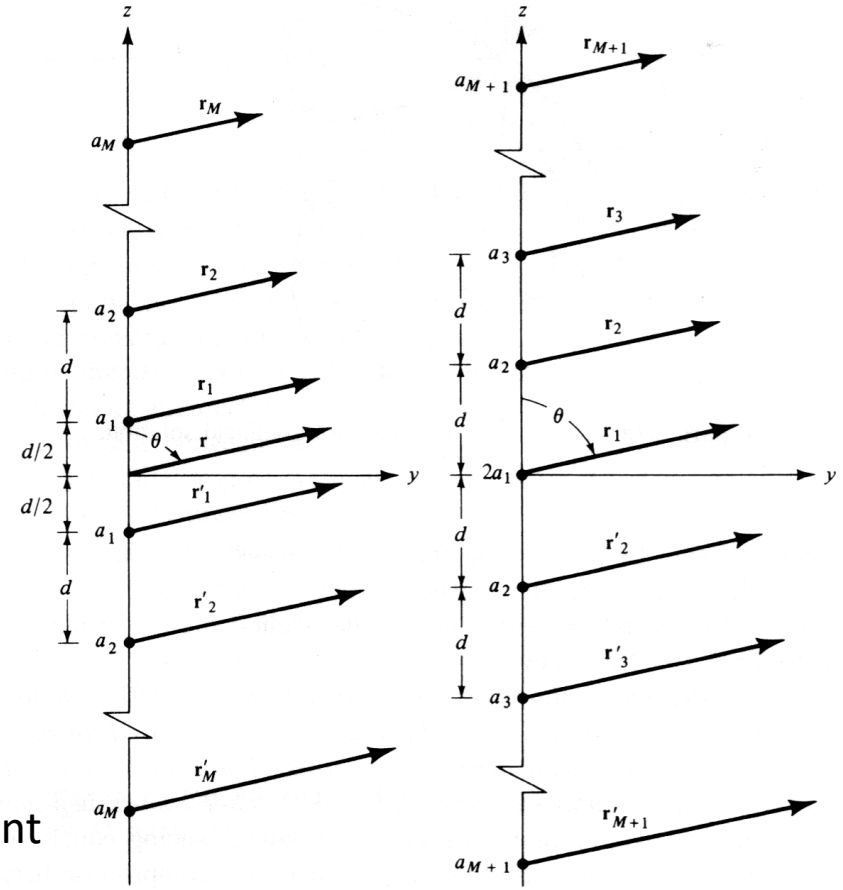
d) binomial distribution

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Non-uniform arrays

Even and odd element count



a) even element count

b) odd element count

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Binomial distribution

Pascal triangle

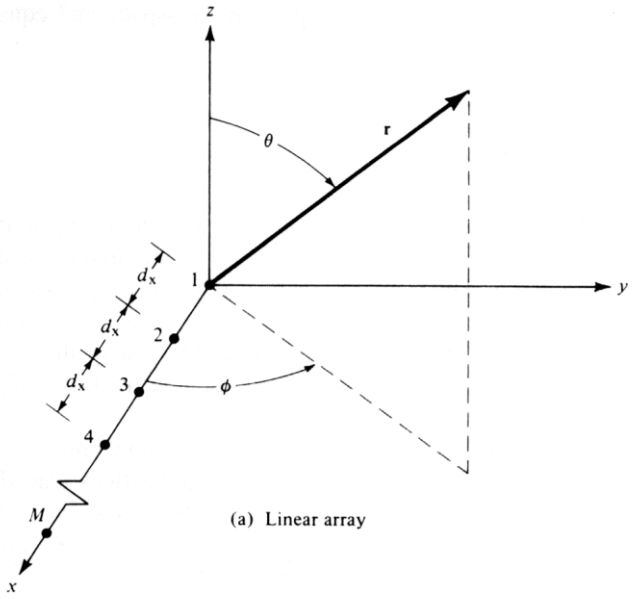
$m = 1$										1										
$m = 2$									1		1									
$m = 3$								1		2		1								
$m = 4$							1		3		3		1							
$m = 5$						1		4		6		4		1						
$m = 6$					1		5		10		10		5		1					
$m = 7$				1		6		15		20		15		6		1				
$m = 8$			1		7		21		35		35		21		7		1			
$m = 9$		1		8		28		56		70		56		28		8		1		
$m = 10$	1		9		36		84		126		126		84		36		9		1	

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

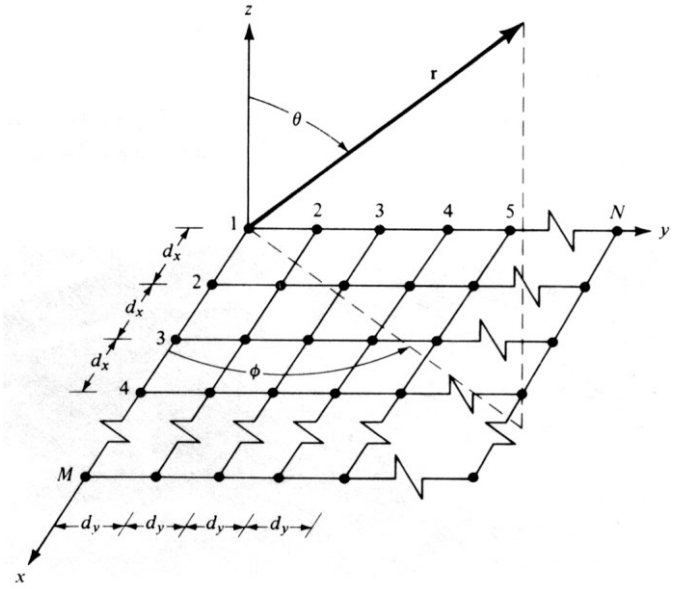
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Linear and planar array

Arrangement



(a) Linear array



a) linear array

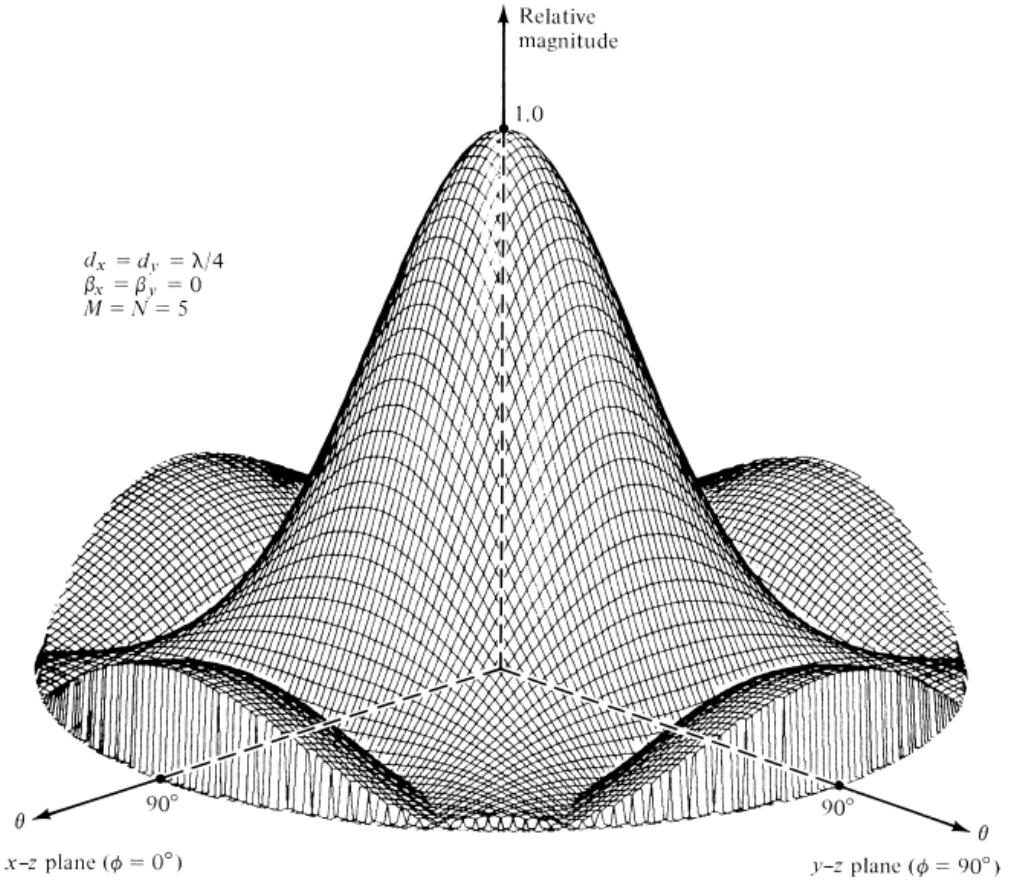
b) planar array

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Planar antenna array of isotropic radiators

Distance $d_x = d_y = \lambda/4$, same amplitudes and phases

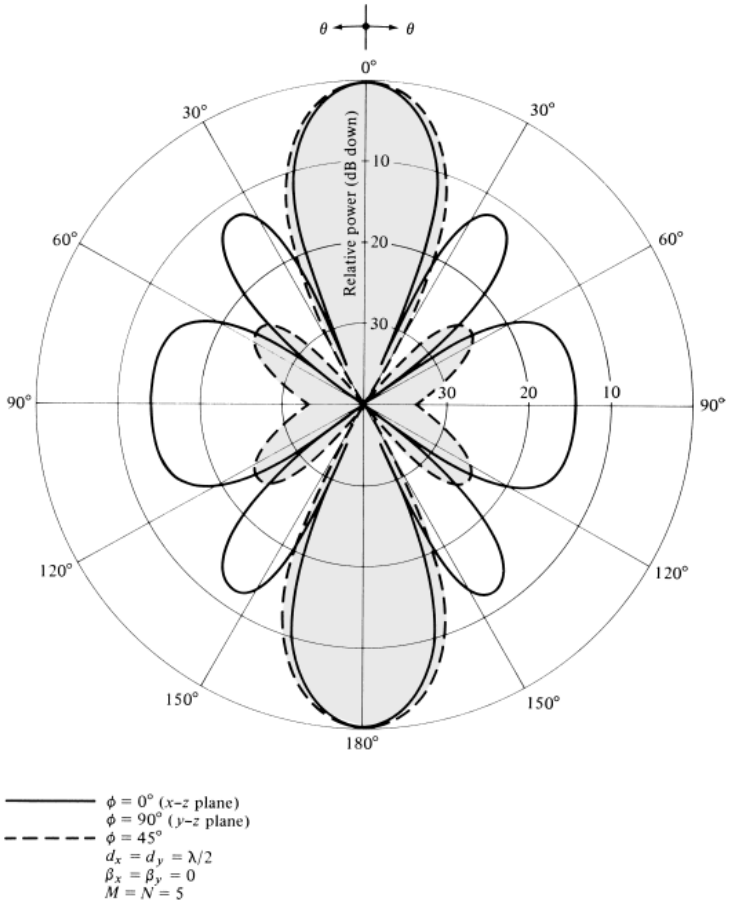


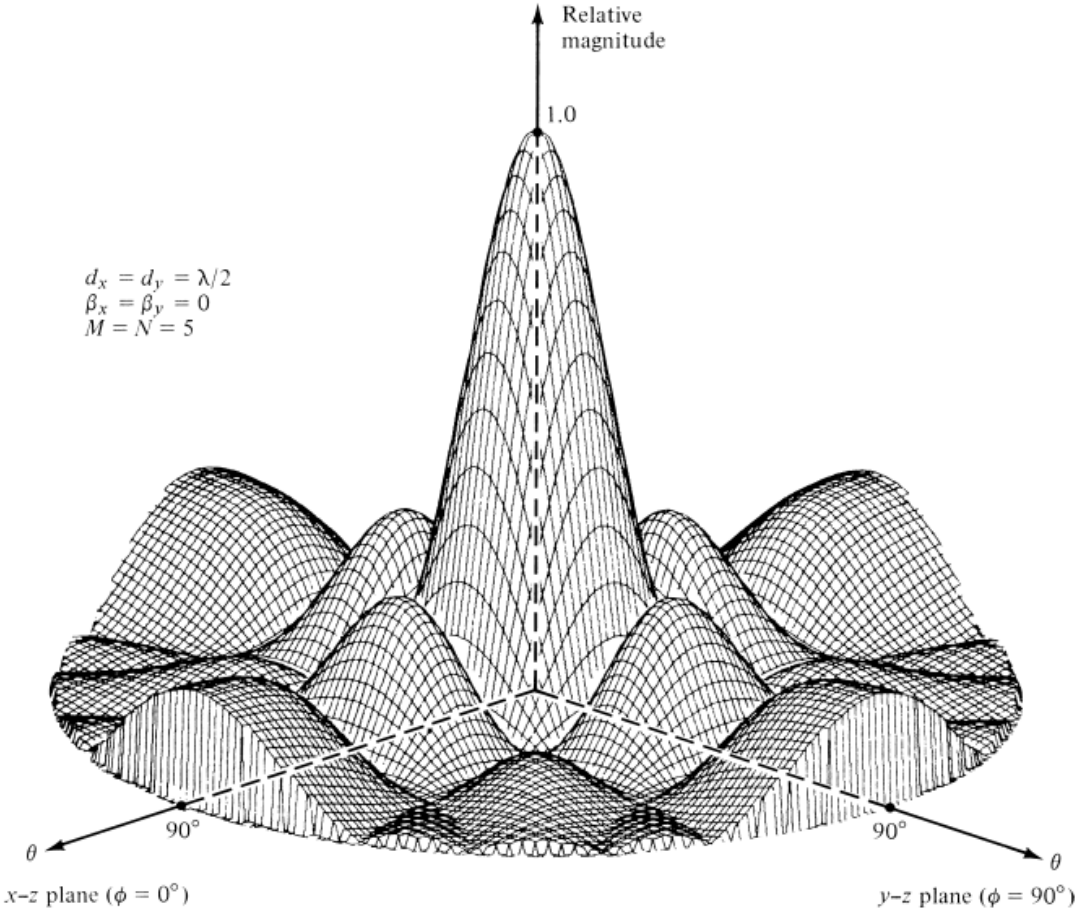
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Planar array of isotropic radiators

Distance $d_x = d_y = \lambda/2$, same amplitudes and phases



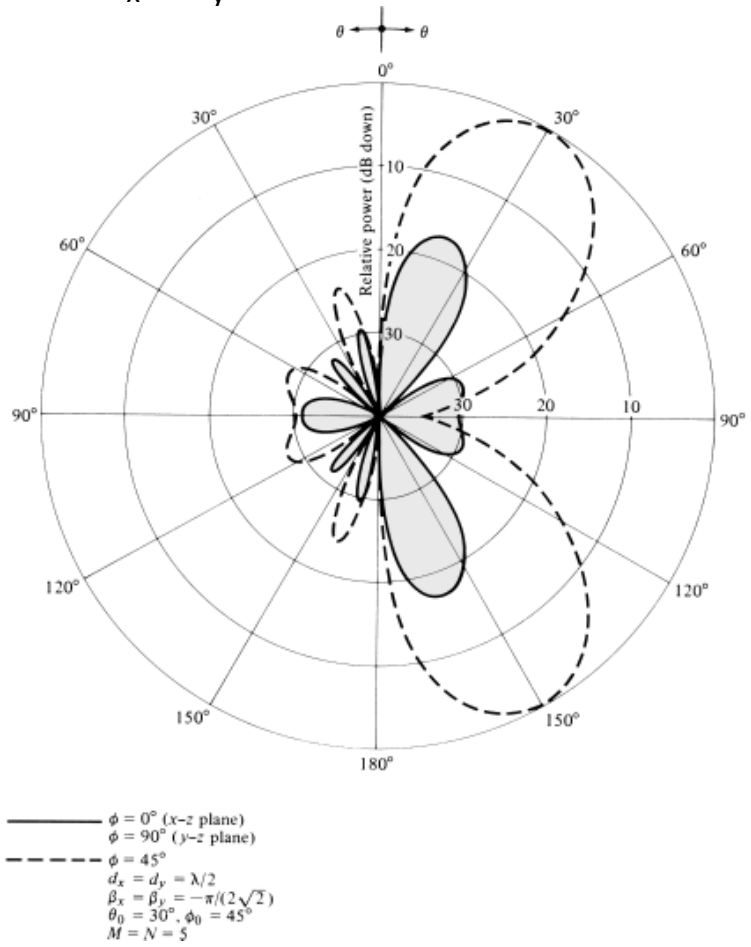


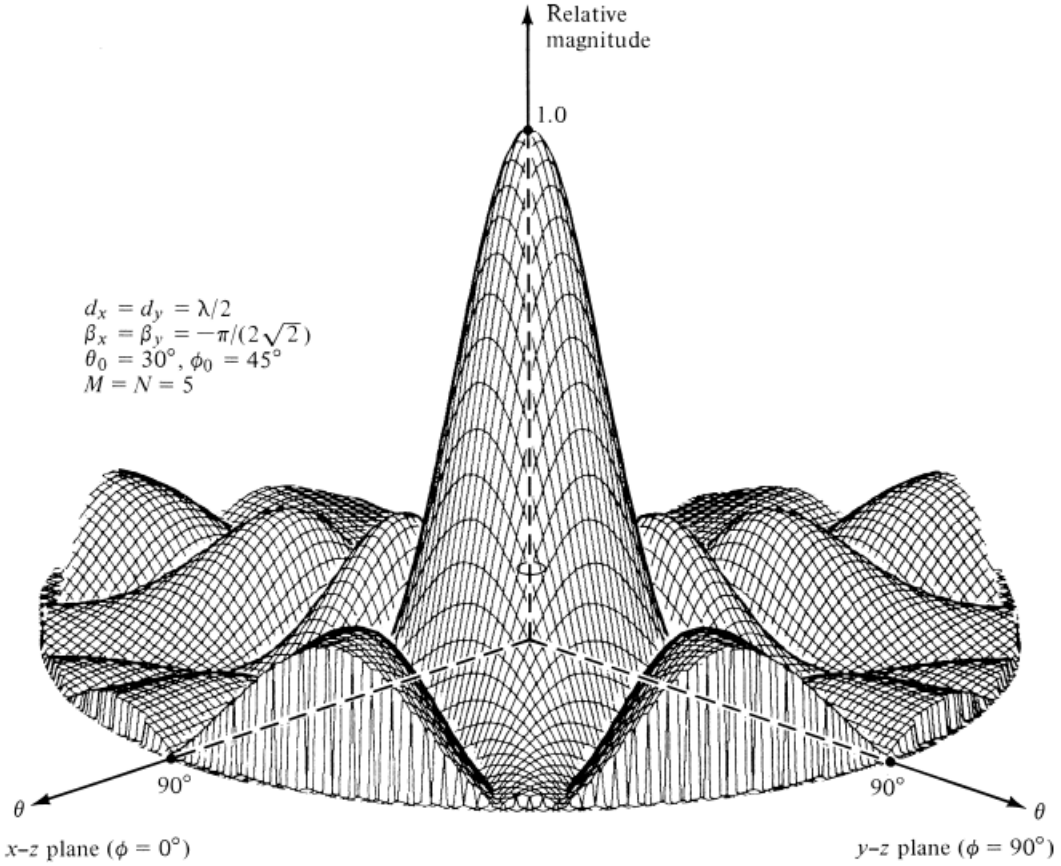
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Planar array of isotropic radiators

Distance $d_x = d_y = \lambda/2$, same amplitudes, progressive phase



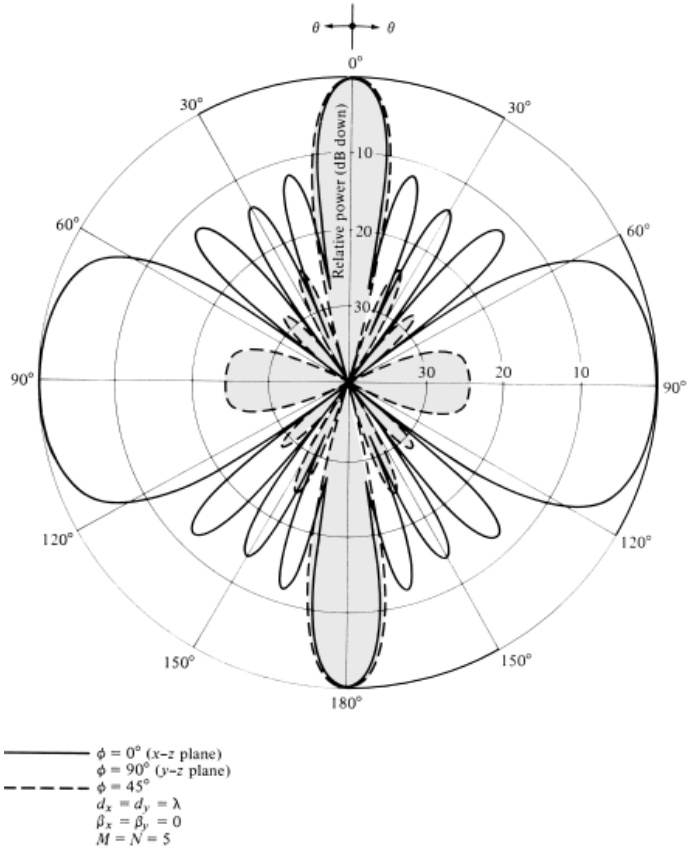


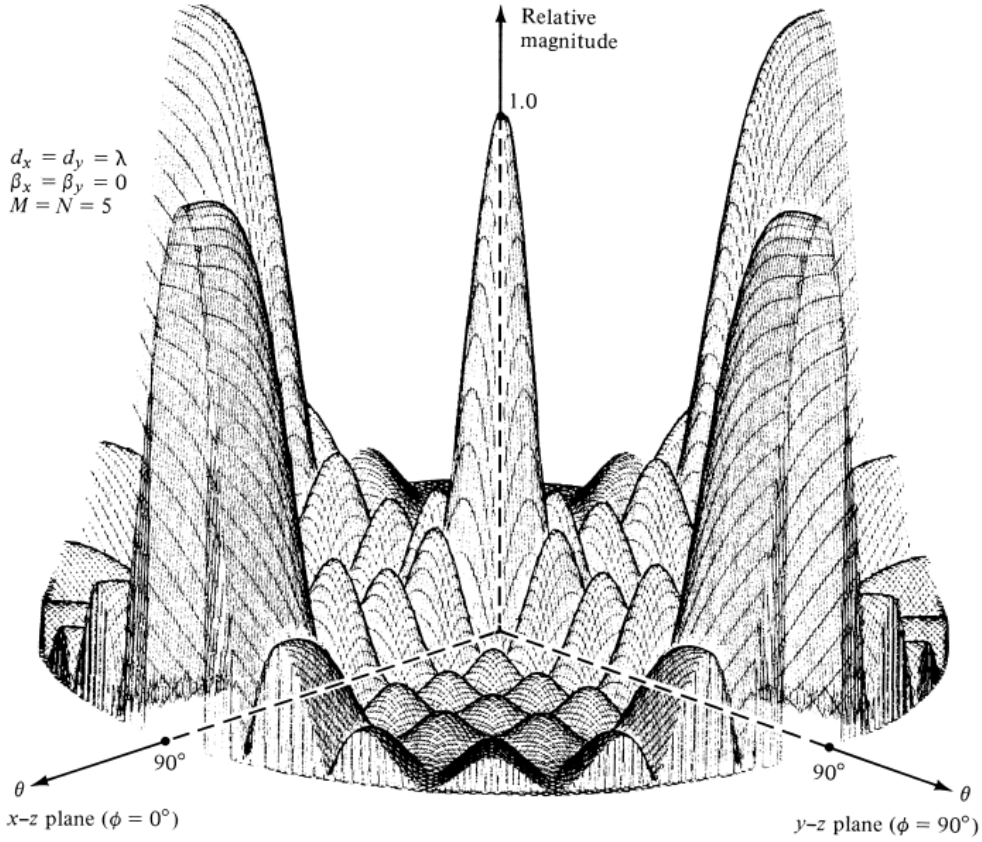
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Planar array of isotropic radiators

Distance $d_x = d_y = \lambda$, same amplitudes and phases



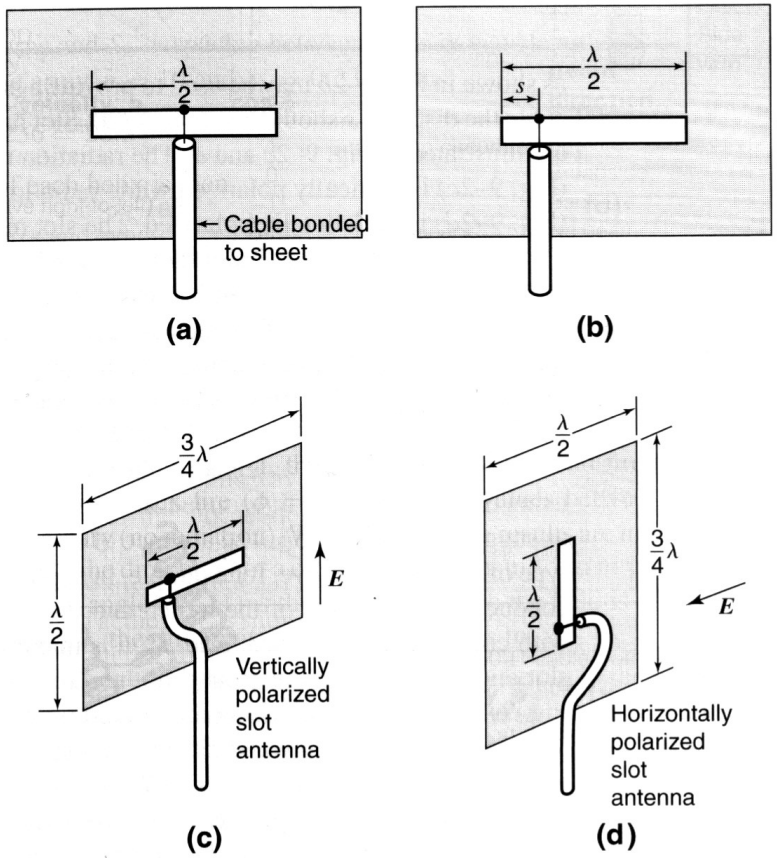


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Feeding of slots

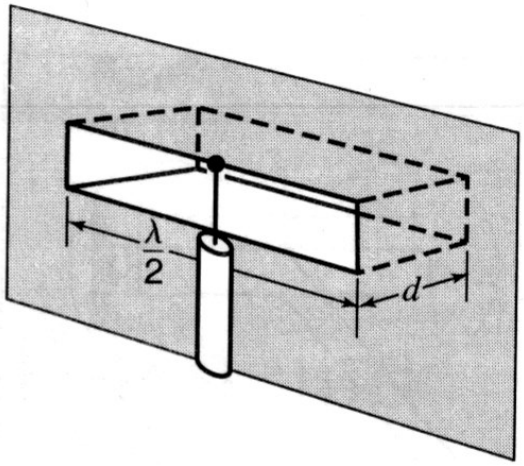
by coaxial cable



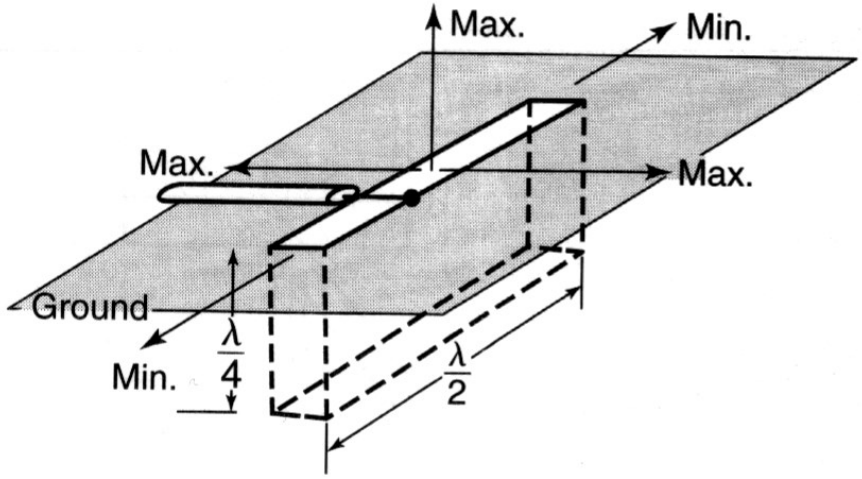
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Boxed-in slot



a) boxed-in slot

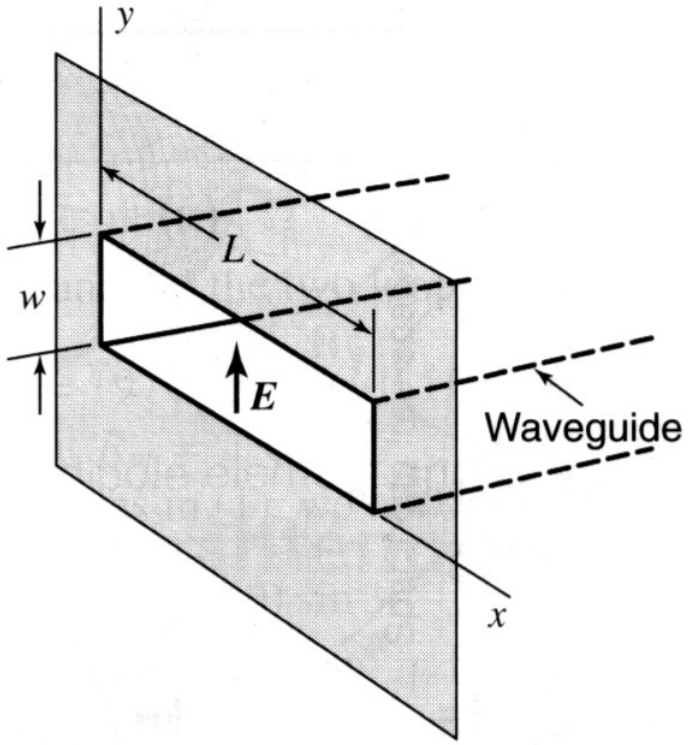


b) application to provide flush radiator

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Slot fed by waveguide

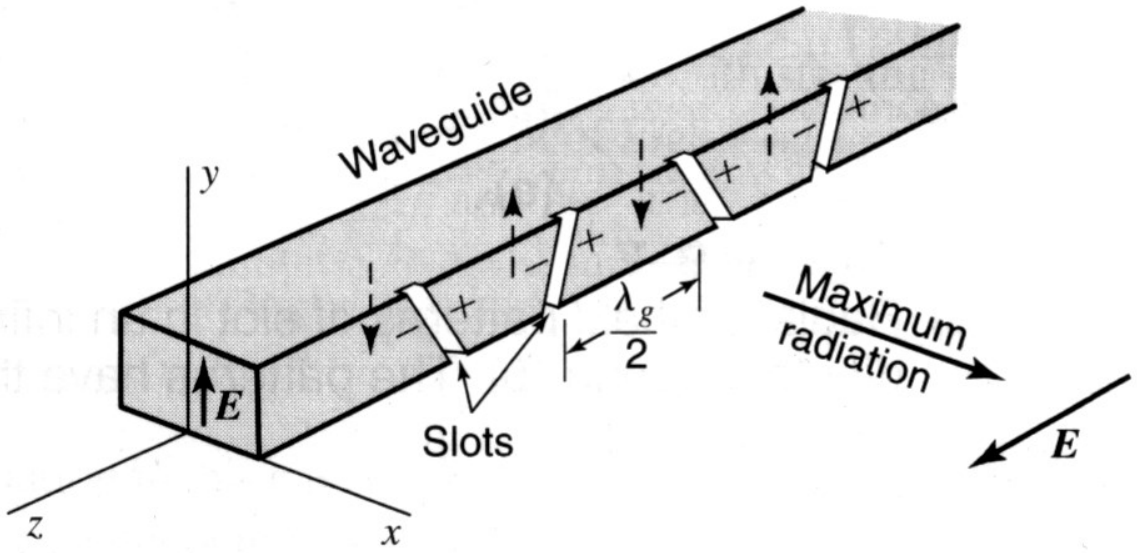


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Slot array in waveguide

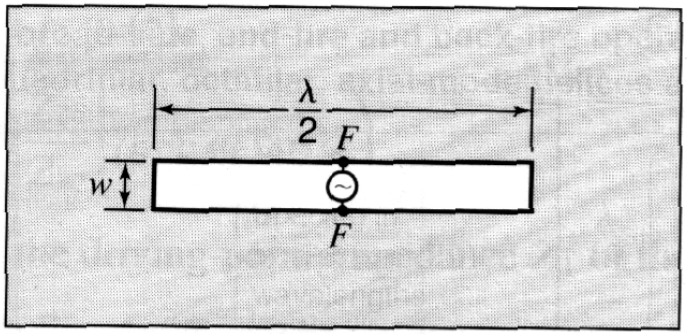
with broadside radiation



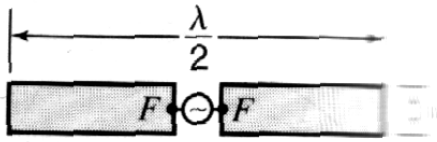
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Complementary antennas



a) halfwave slot in infinitely large thin sheet

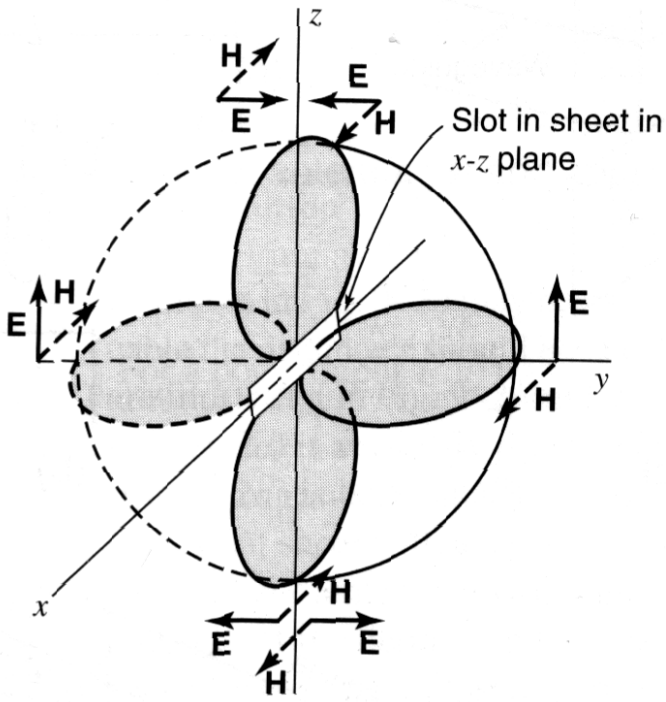


b) complementary halfwave dipole antenna

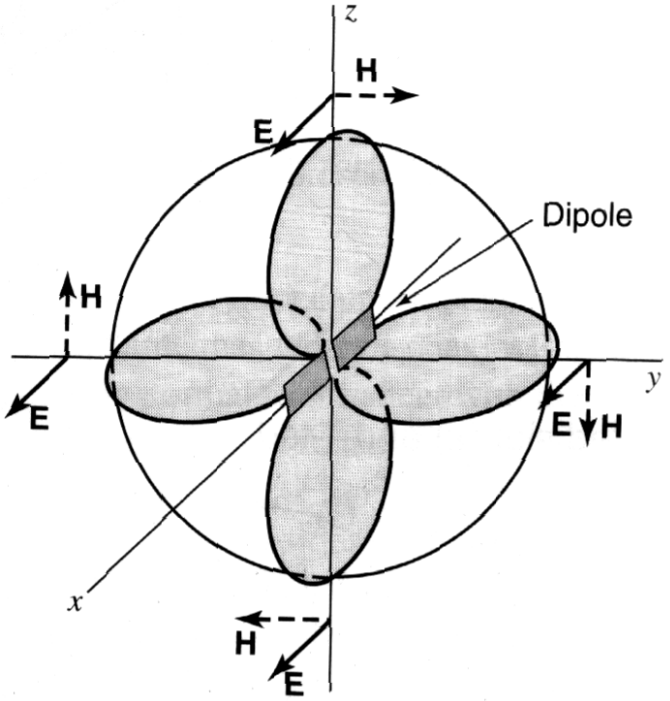
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Radiation patterns



a) slot in infinitely large sheet



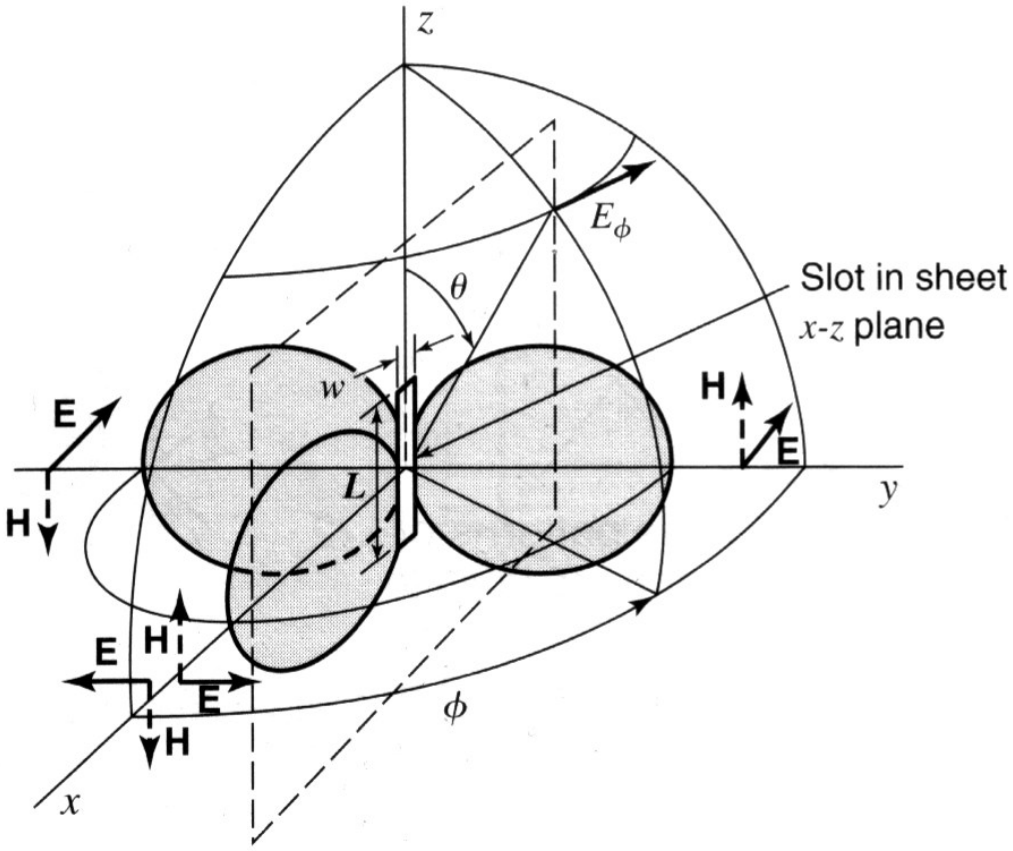
b) complementary dipole

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Vertical slot

in infinitely large sheet; radiation pattern

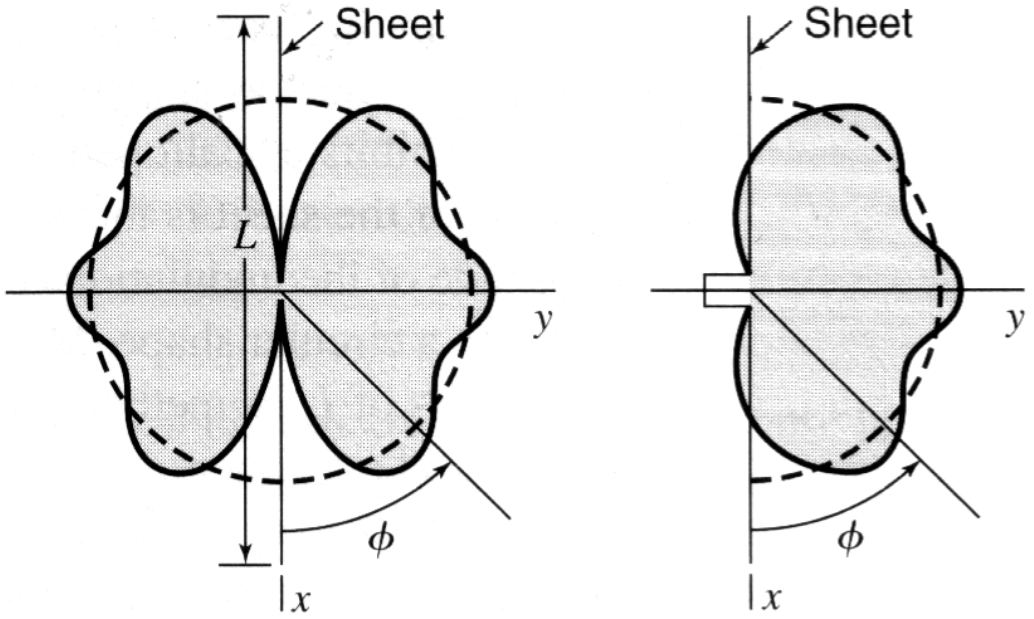


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Limited sheet extent influence

solid line: influence of limited extent, dashed: infinitely large extent



a) slot is effectively closed on both sides

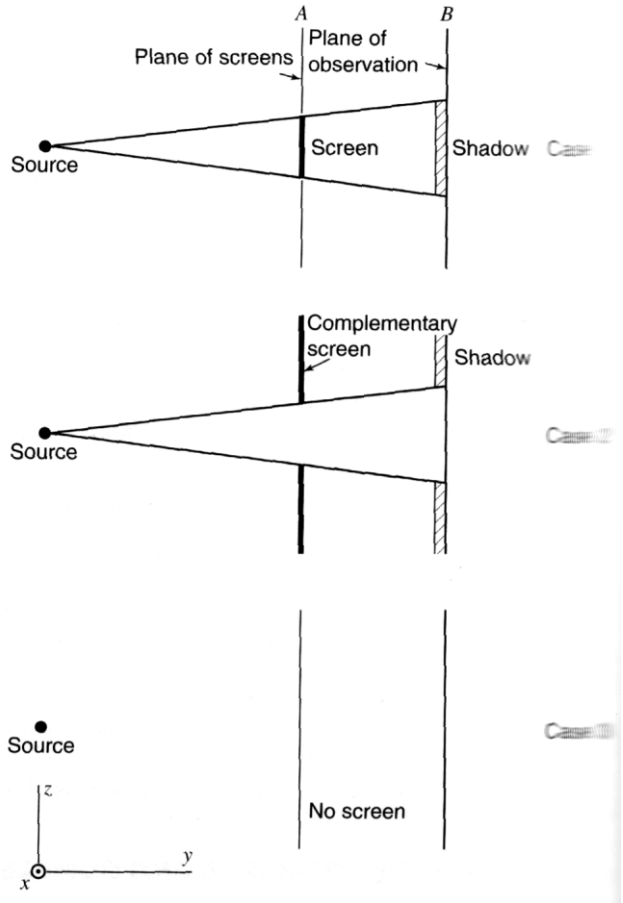
b) slot is effectively closed on left side

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Babinet principle

Illustration

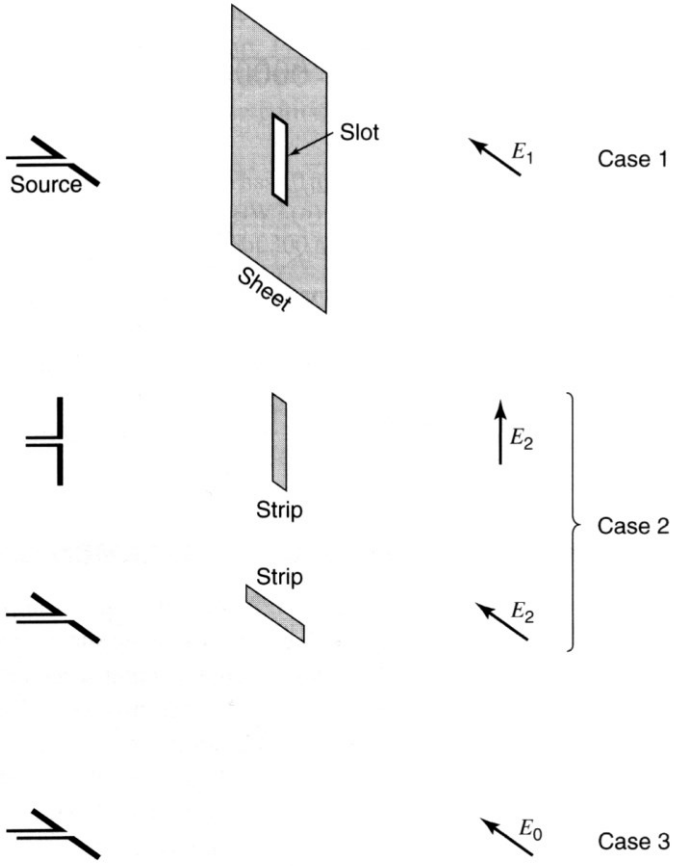


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Babinet principle

Application for slot in infinitely large sheet and its complement

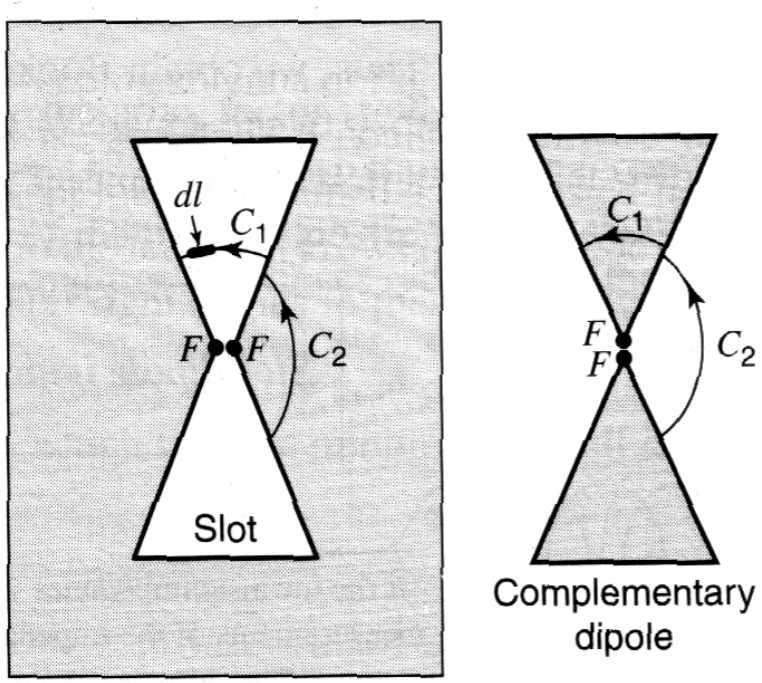


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Slot impedance

Utilizing the knowledge of radiation from complement



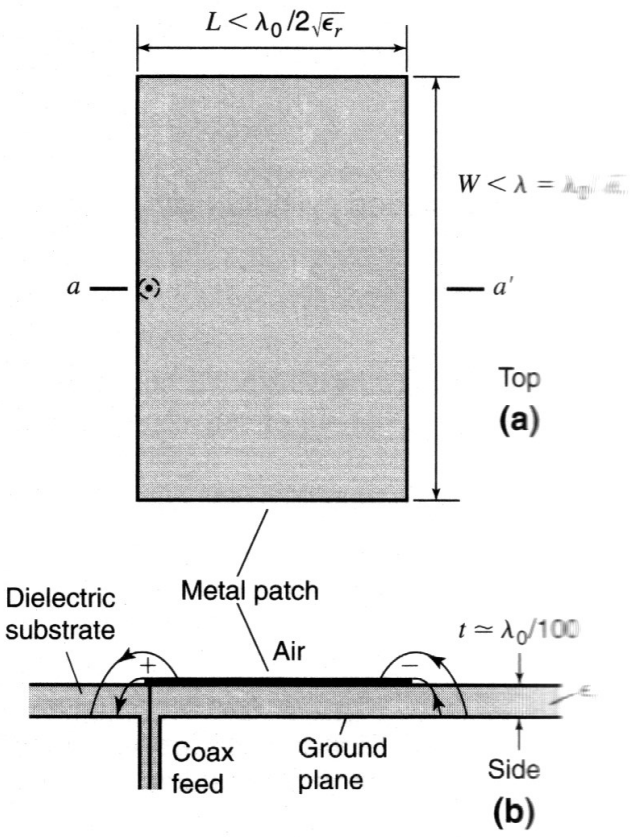
a) slot antenna b) complementary diploe

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Patch antenna

fed by coaxial cable on the left side



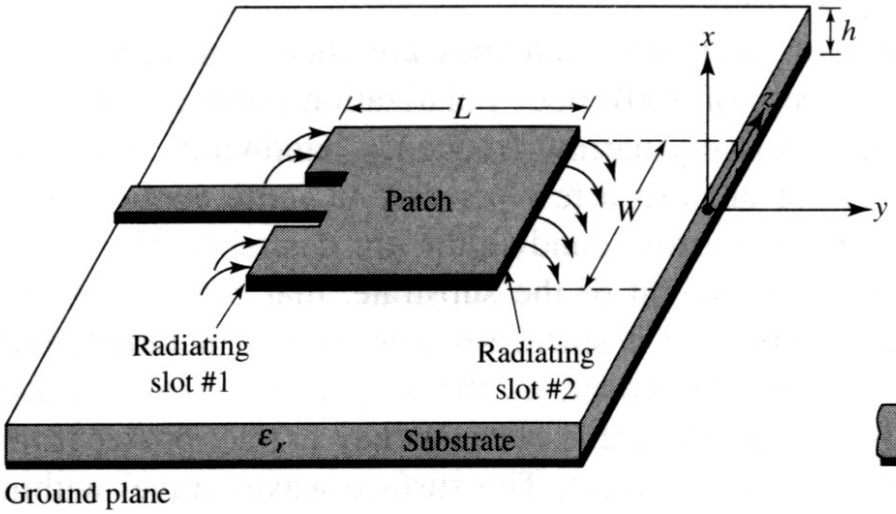
top view

side view

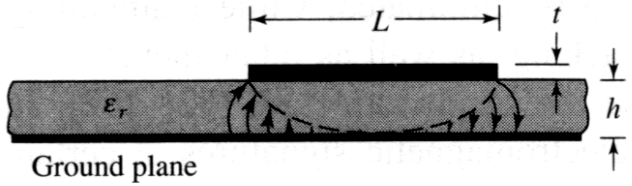
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Microstrip patch antenna



a) microstrip antenna



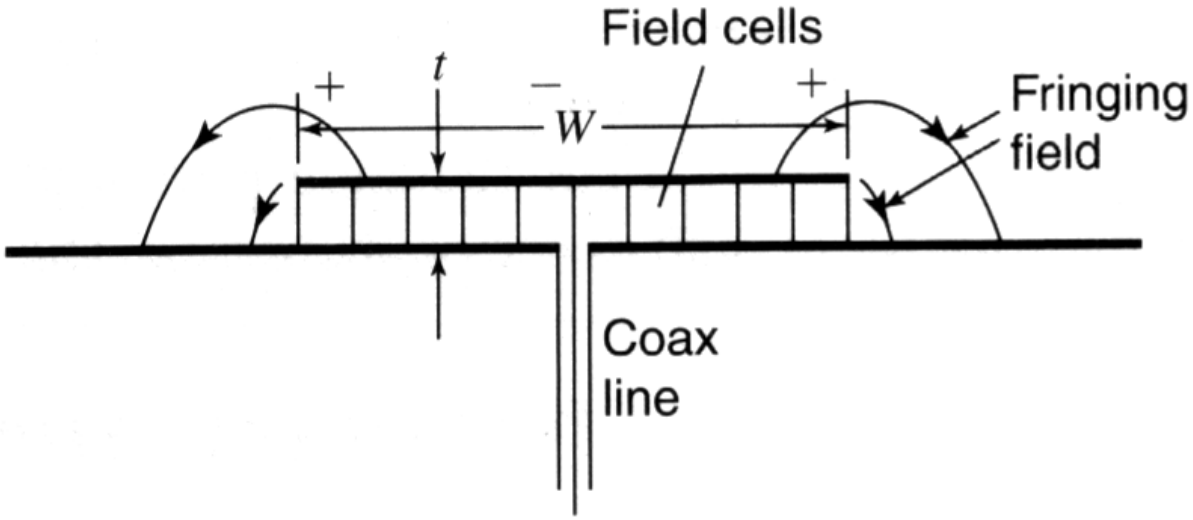
b) side view

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Patch – front view

Slot divided into cells

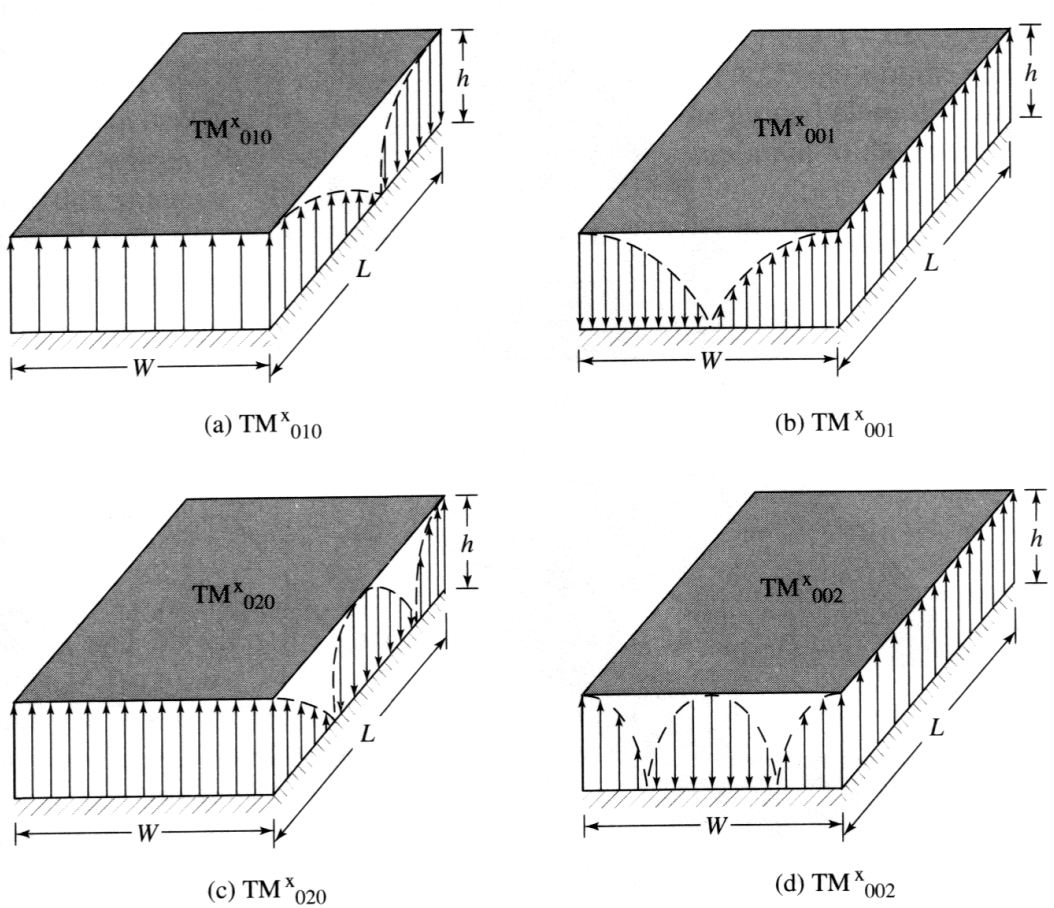


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Rectangular patch

Configuration of fields (modes)

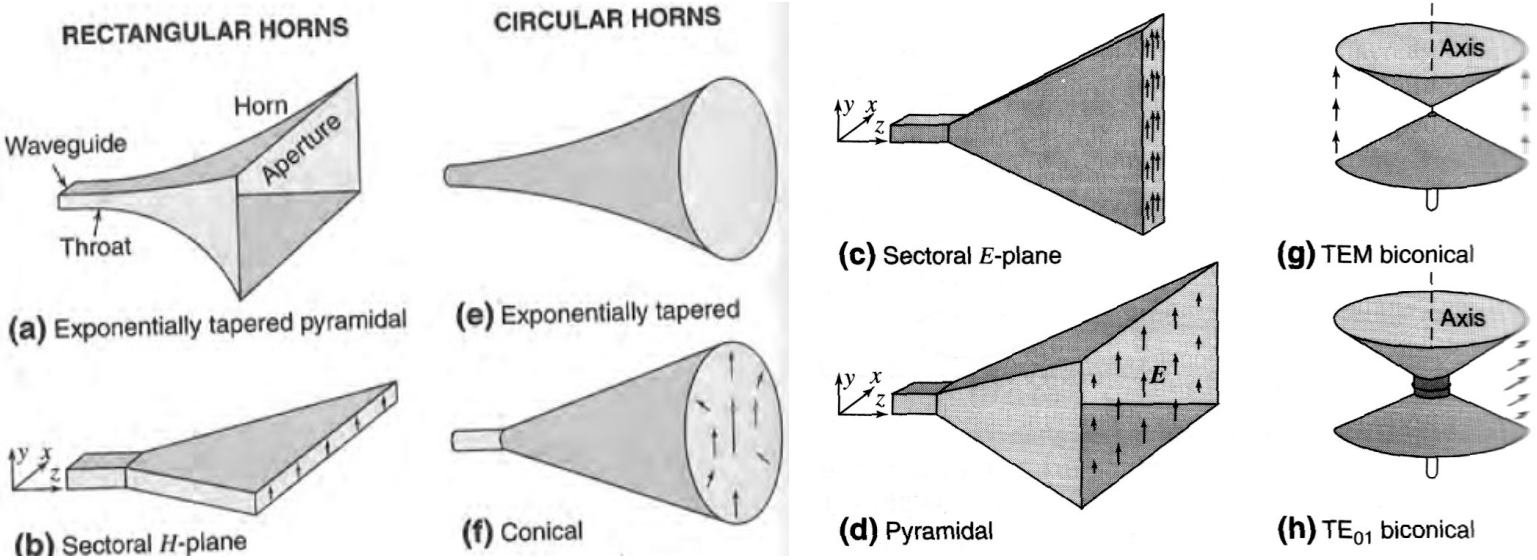


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Horn antenna types

Arrows show the direction of electric field strength vectors

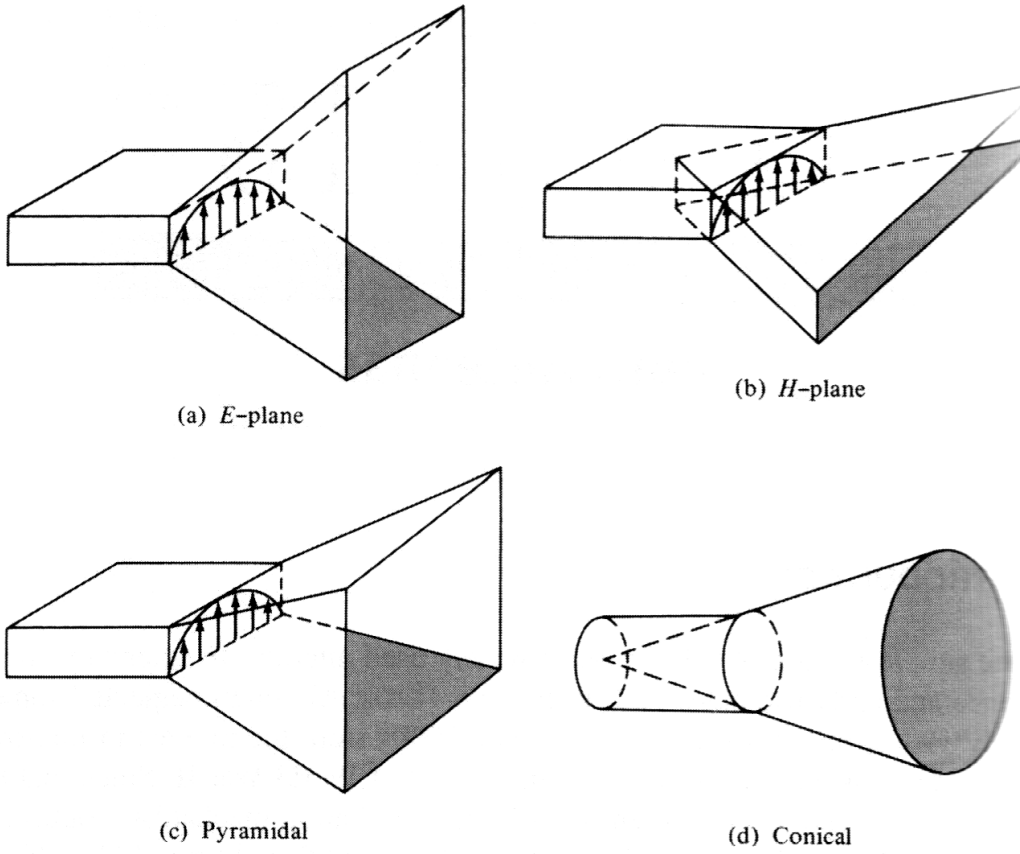


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Horn antennas

Typical arrangements

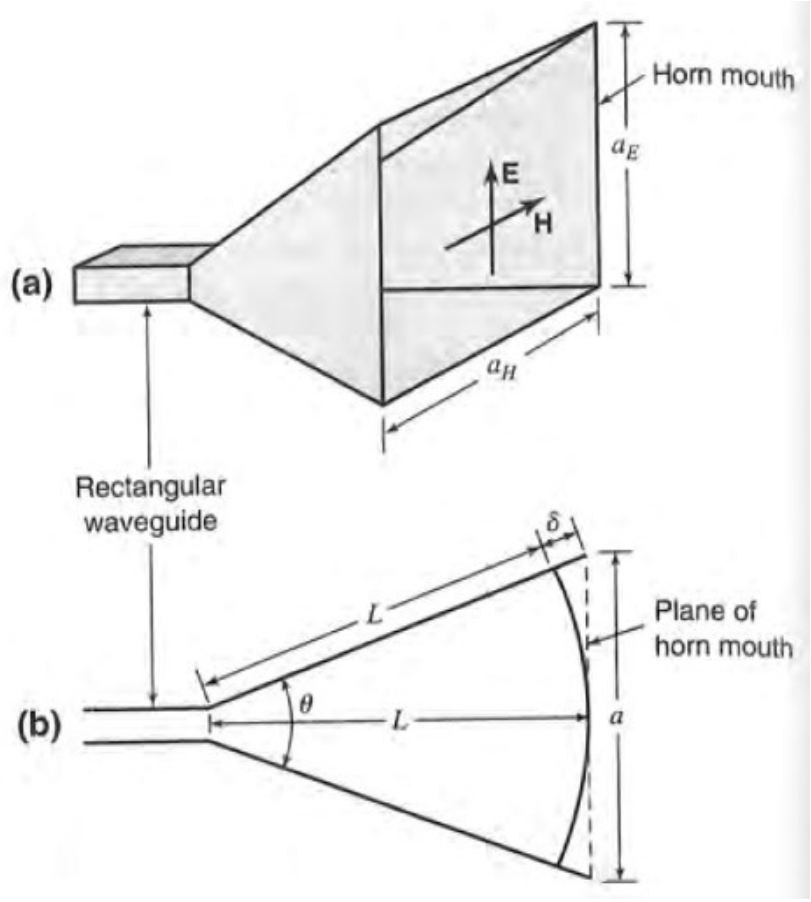


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Horn cross-section

a) pyramidal horn, b) cross-section

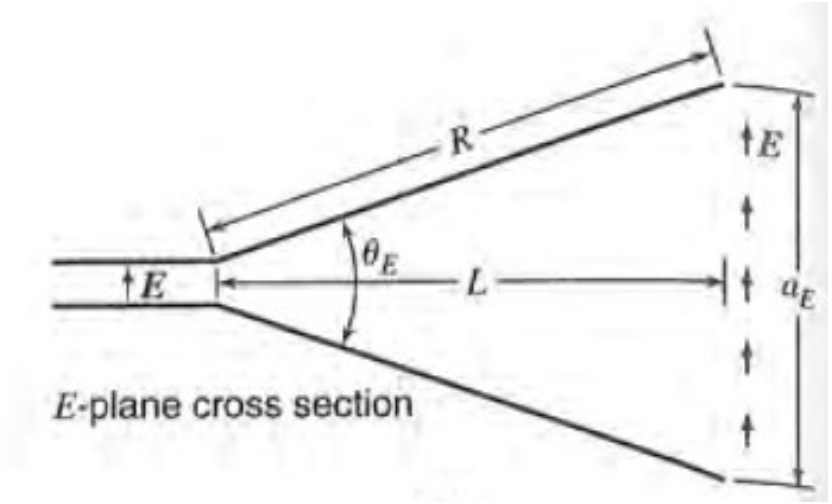


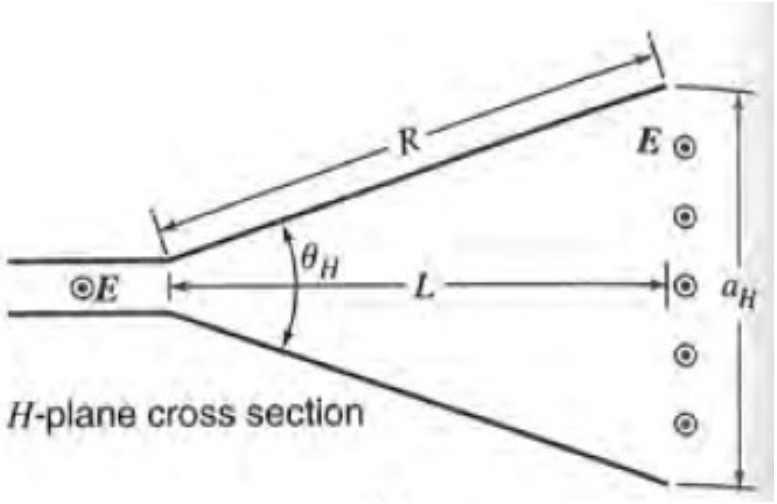
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Pyramidal horn

E- and H-cuts



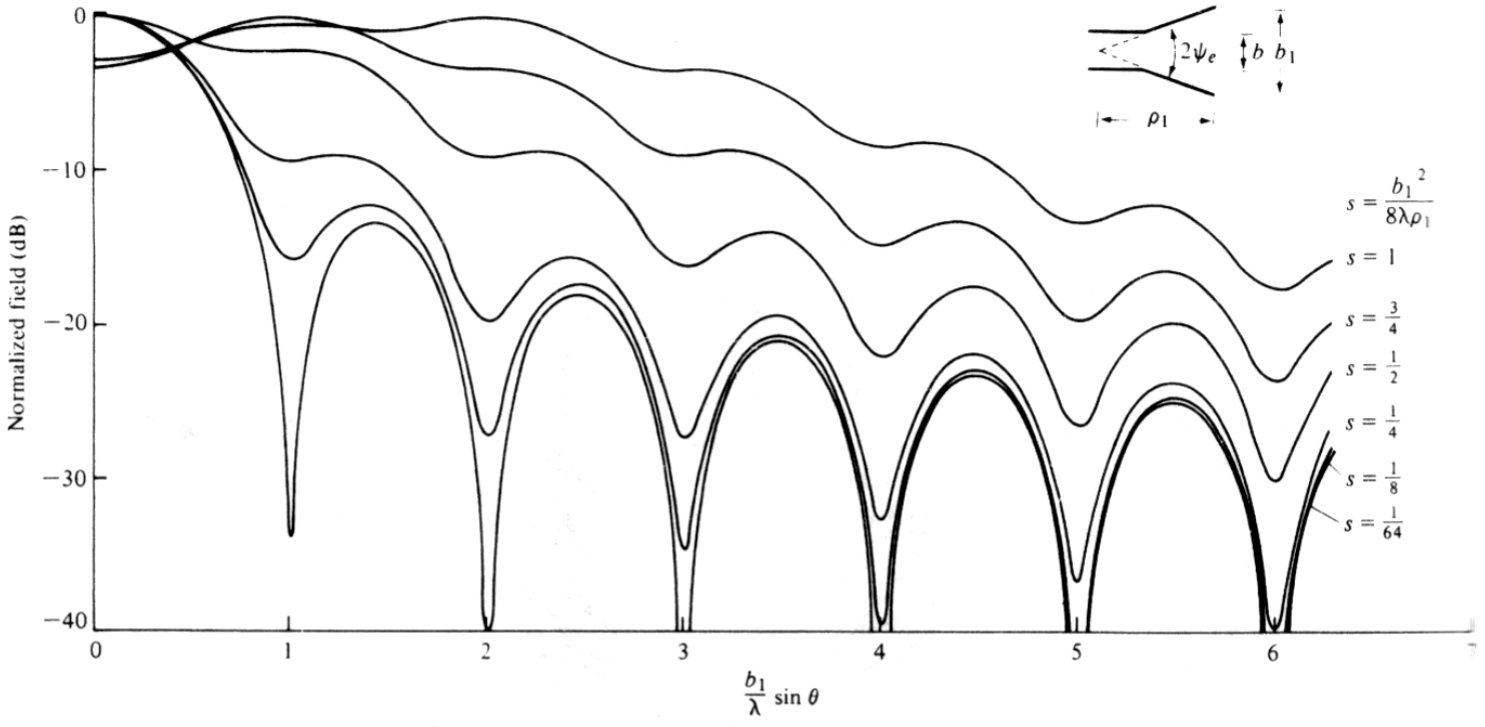


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Universal patterns

E-cut for pro E-plane sectoral horns and pyramidal horns

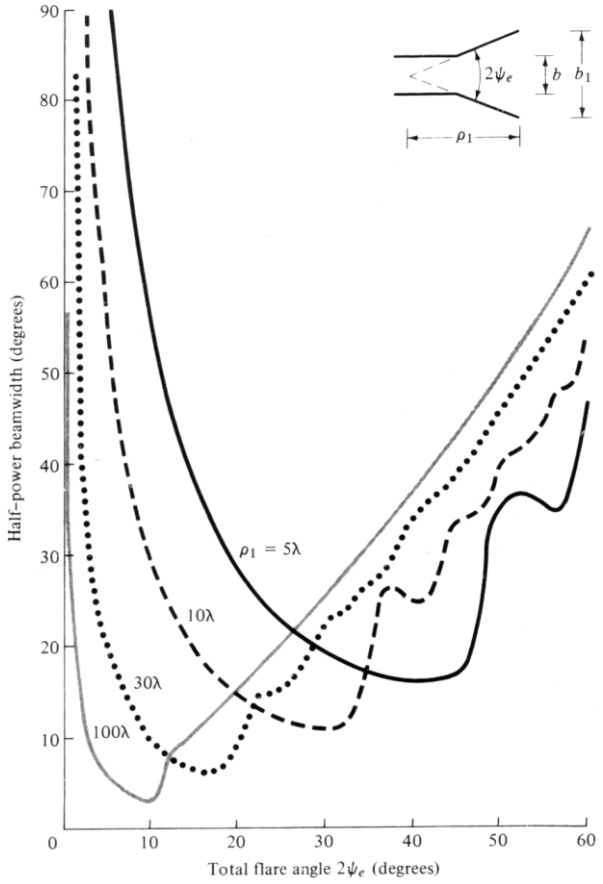


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

E-cut sectoral horn

Half-power beamwidth as function of flare angle

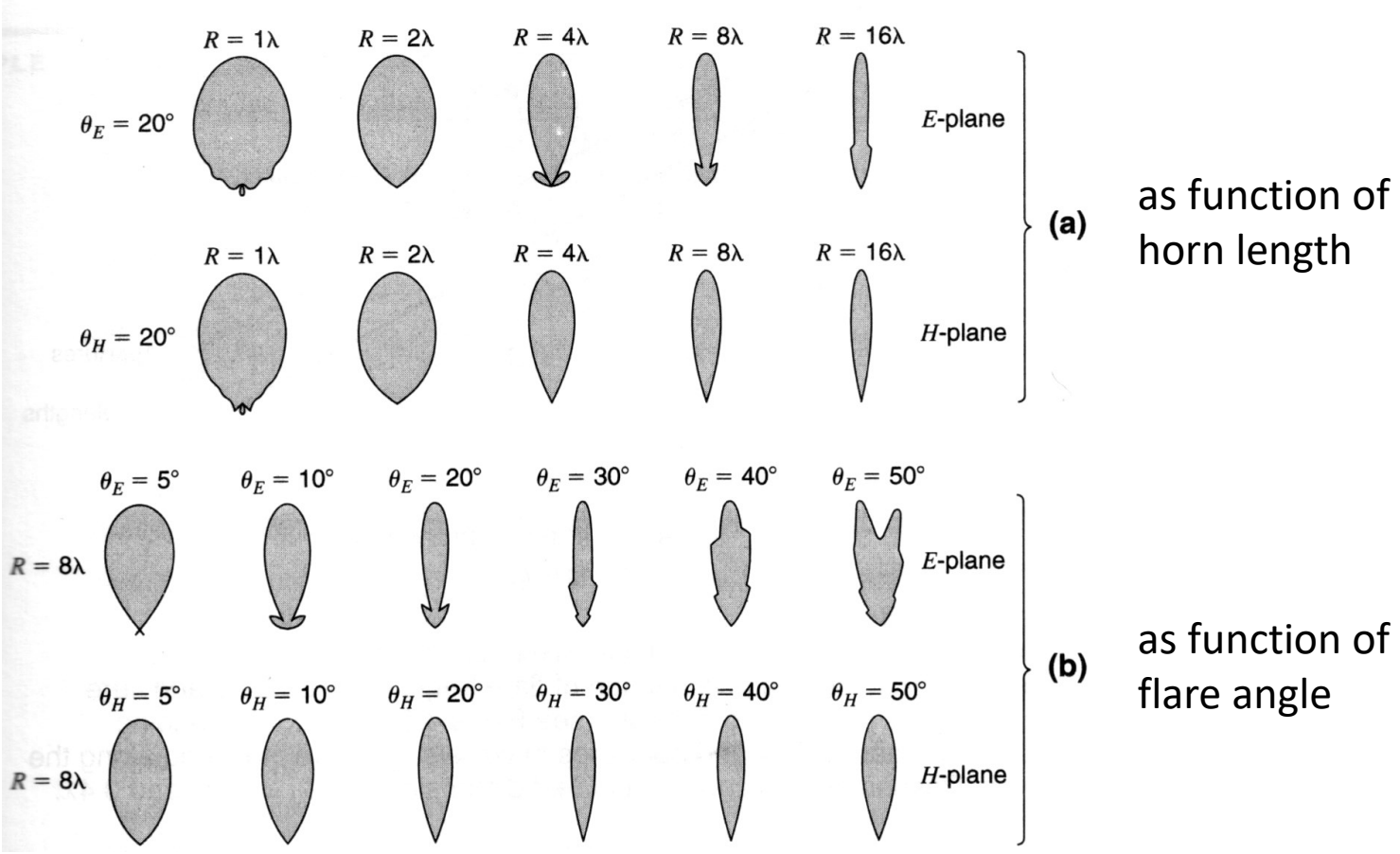


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Rectangular horn

Radiation patterns in E-plane and H-plane



as function of horn length

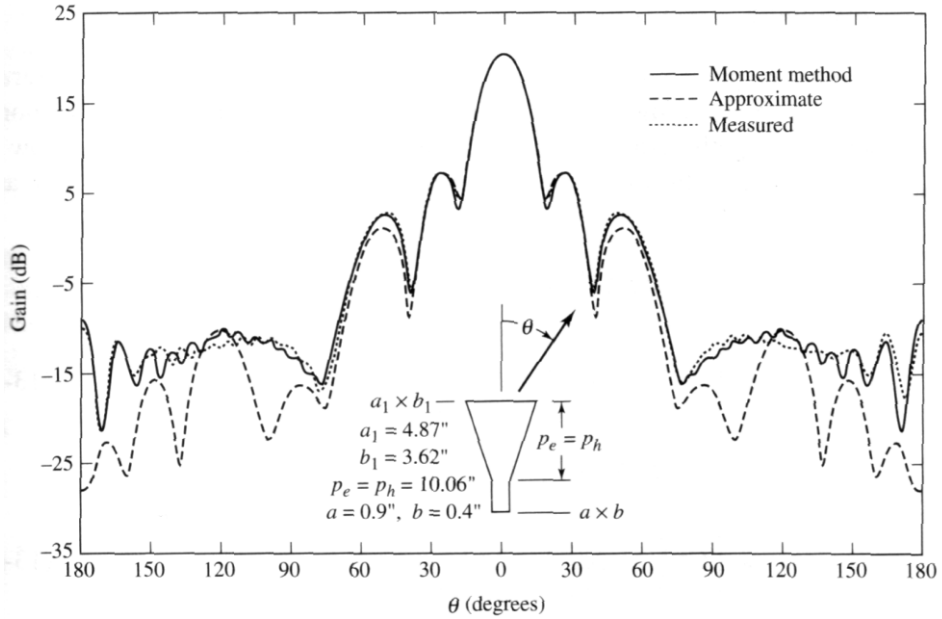
as function of flare angle

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

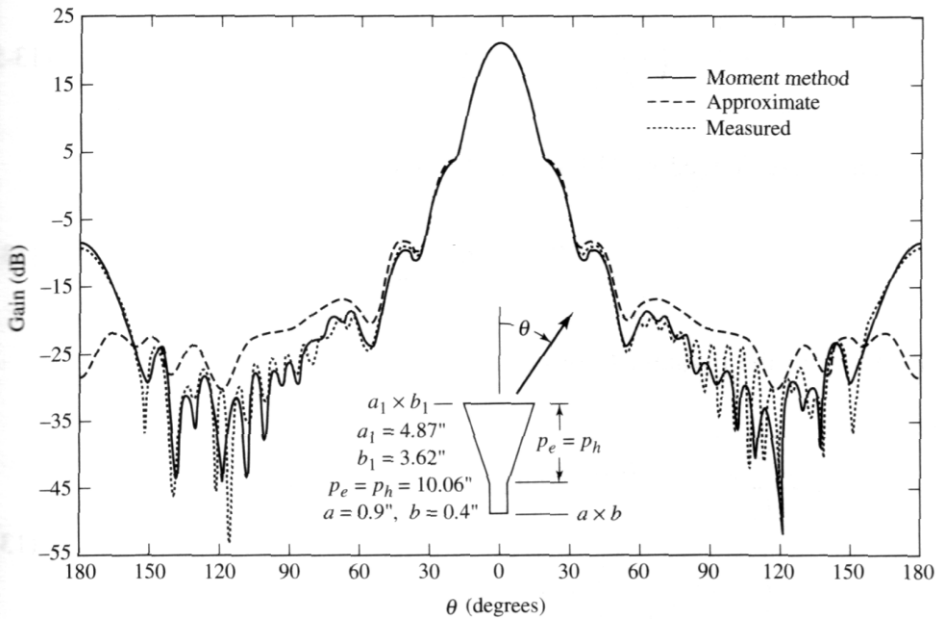
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Comparing E- and H-cuts

Horn standard 20 dB at 10 GHz



a) E-cut



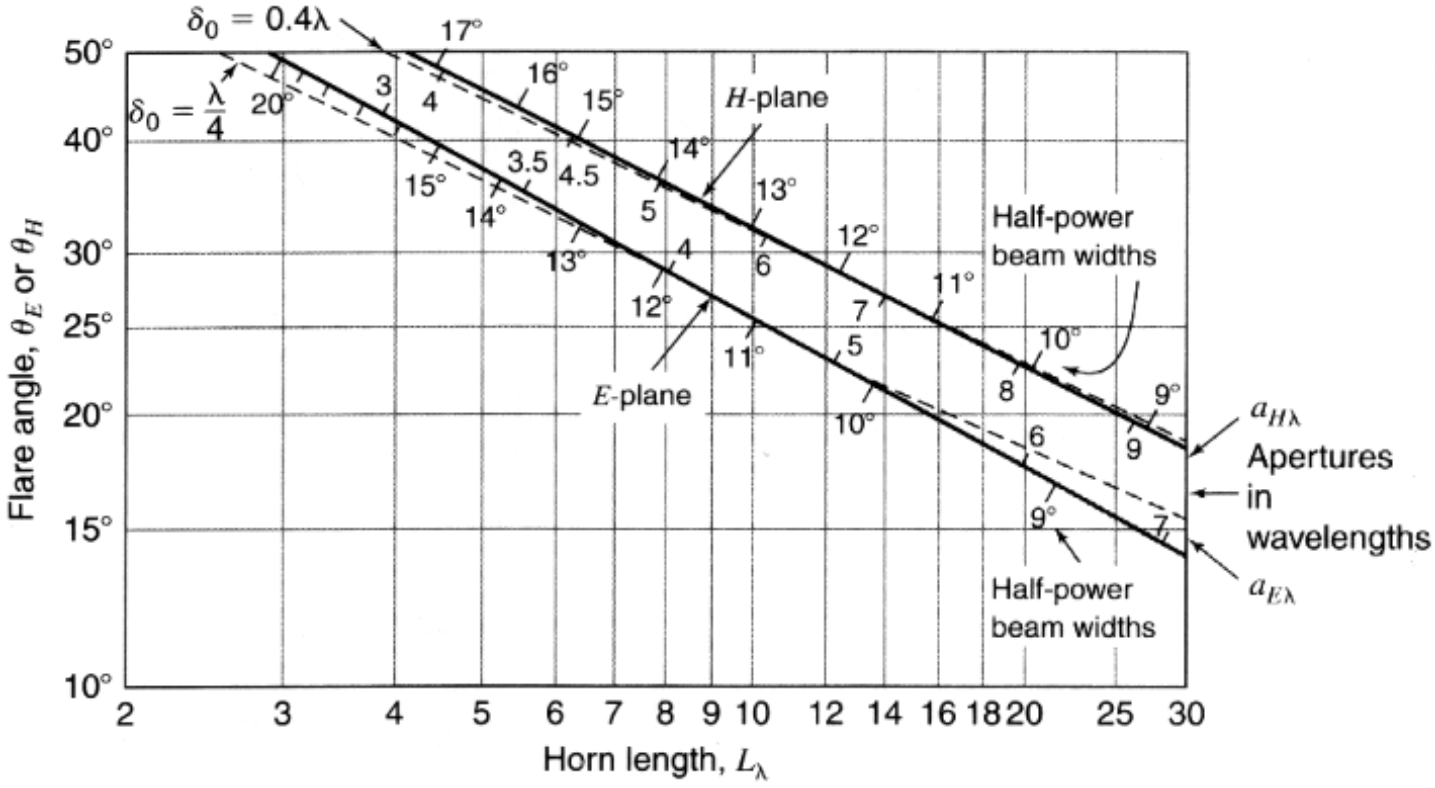
b) H-cut

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Optimum dimensions for pyramidal horns

Found by experiment: solid line, calculated: dashed line

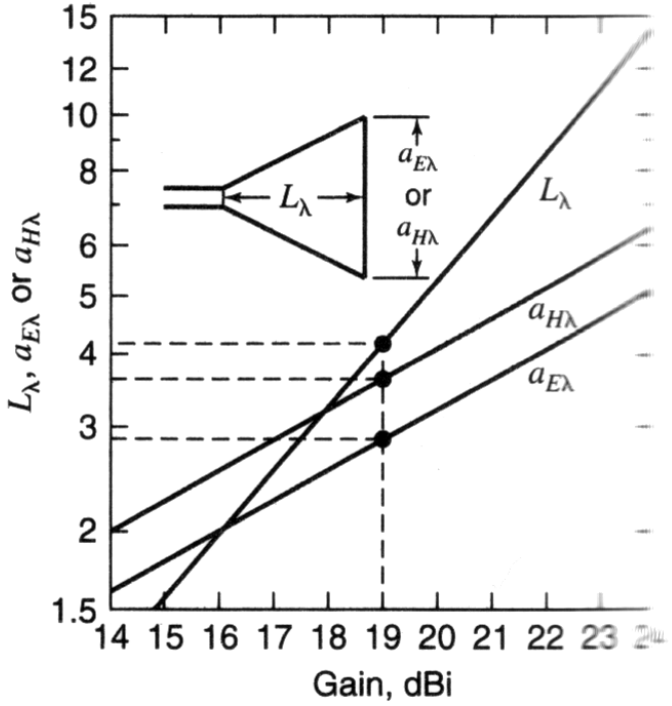


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

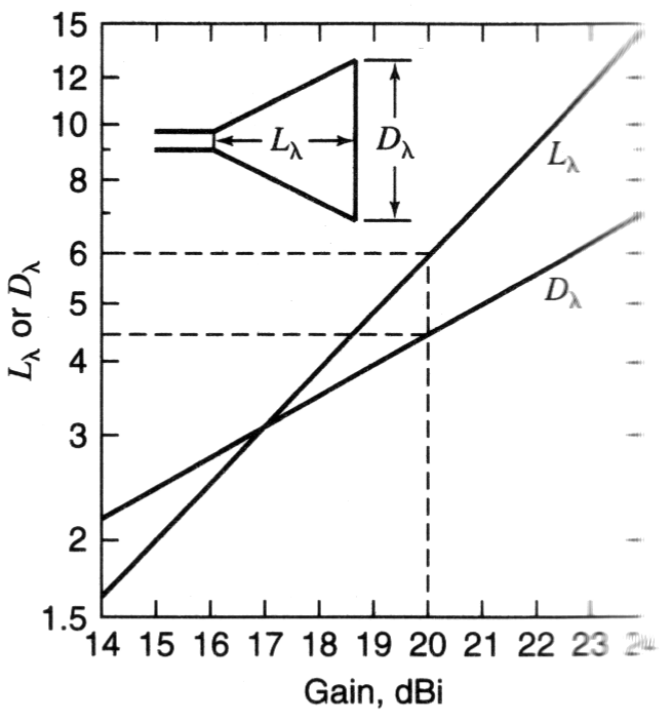
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Horn geometry

in dependence on required directivity (power gain if there is no loss)



a) pyramidal (rectangular) horn

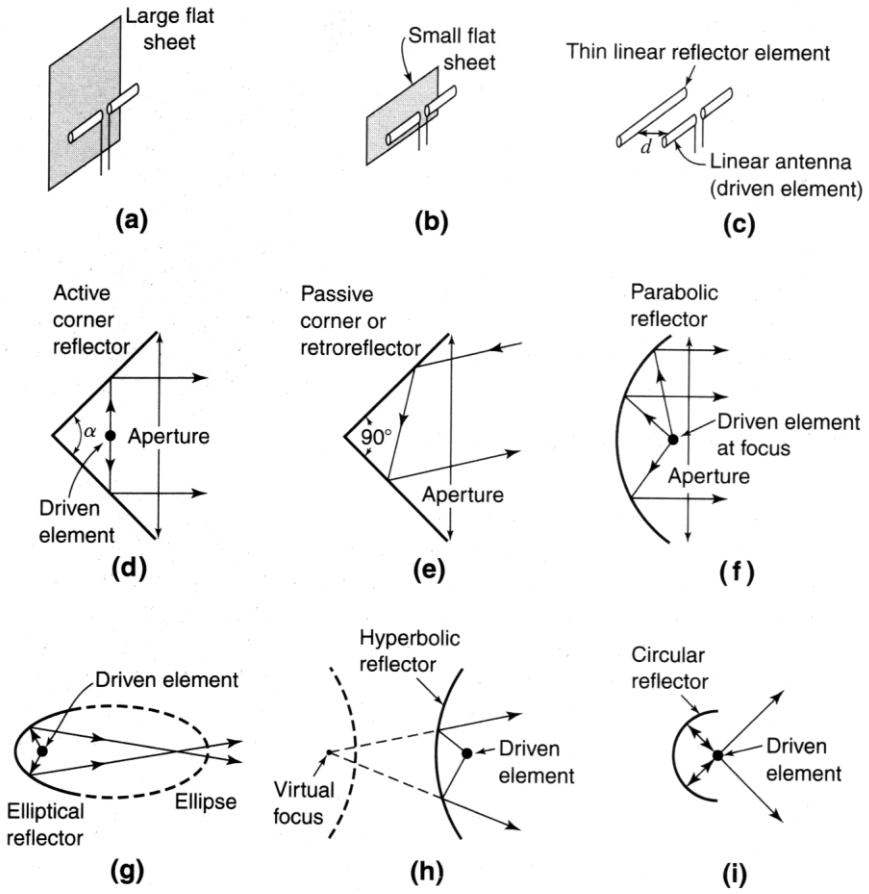


b) conical horn

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

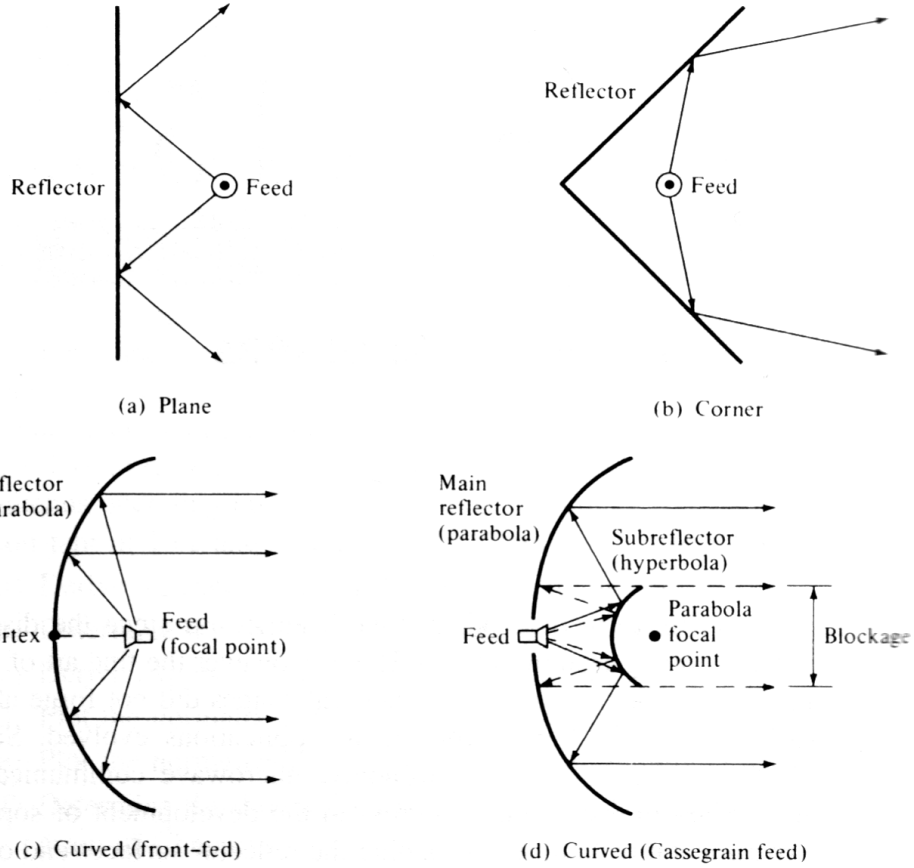
Various reflector types



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Various reflector types (alt.)

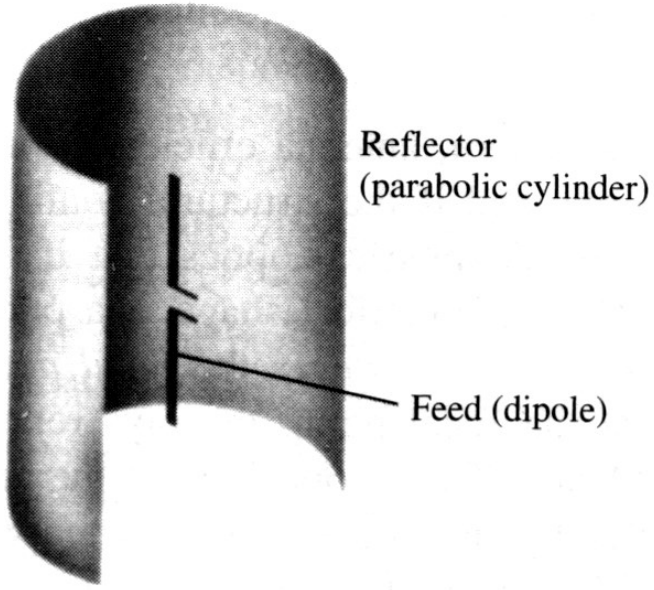


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

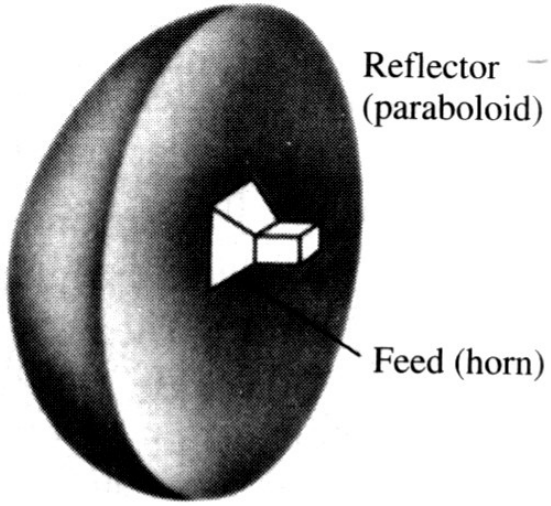
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Parabolic reflectors

Parabolic cylinder and paraboloid



a) parabolic cylinder



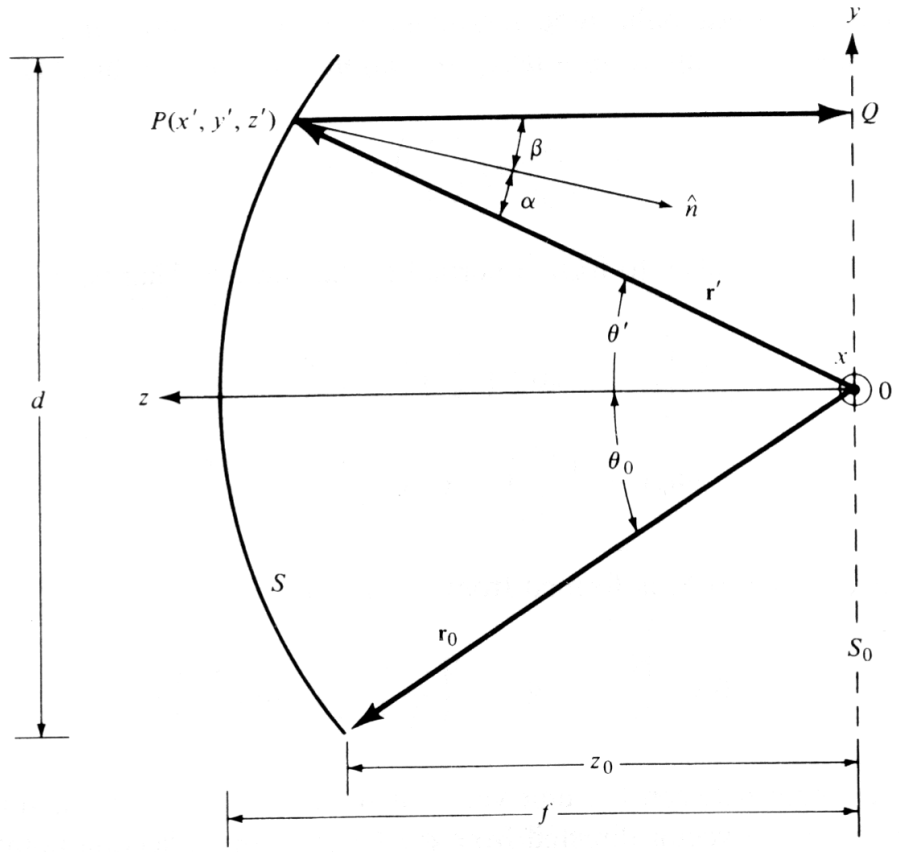
b) paraboloid

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Parabolic reflector

Two-dimensional depiction

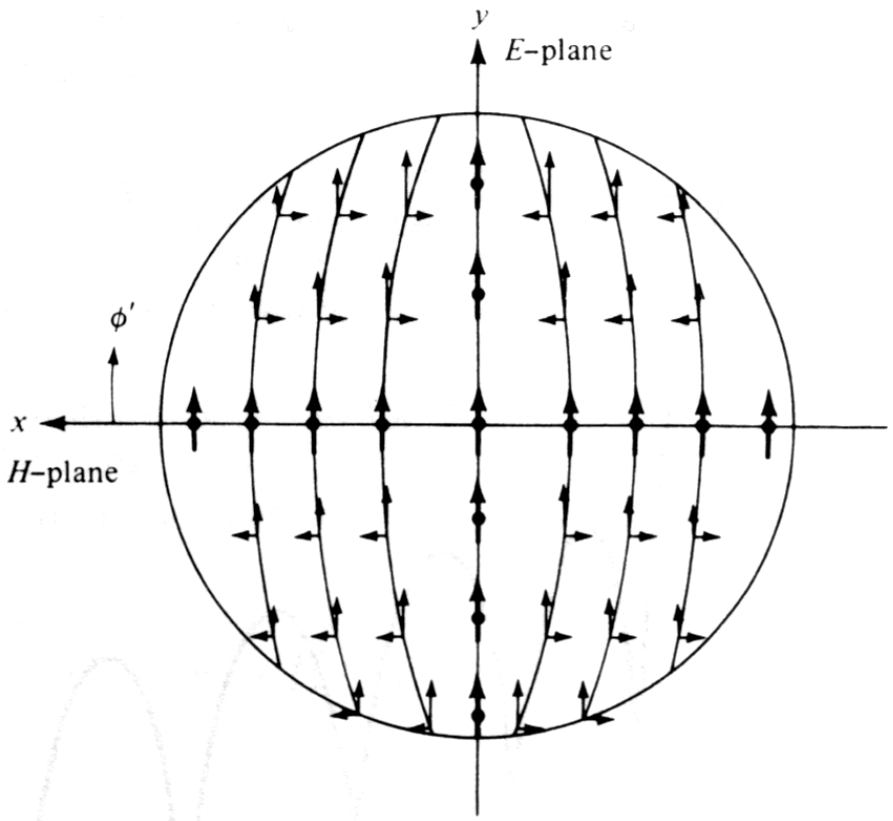


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Parabolic reflector

Fundamental (*y*-direction) components and cross-polarization components (*x*-direction)

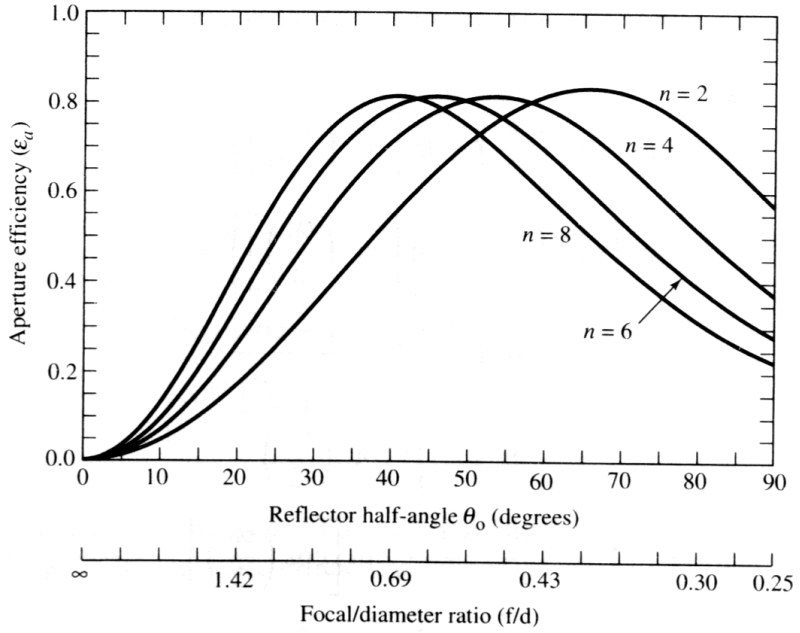


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

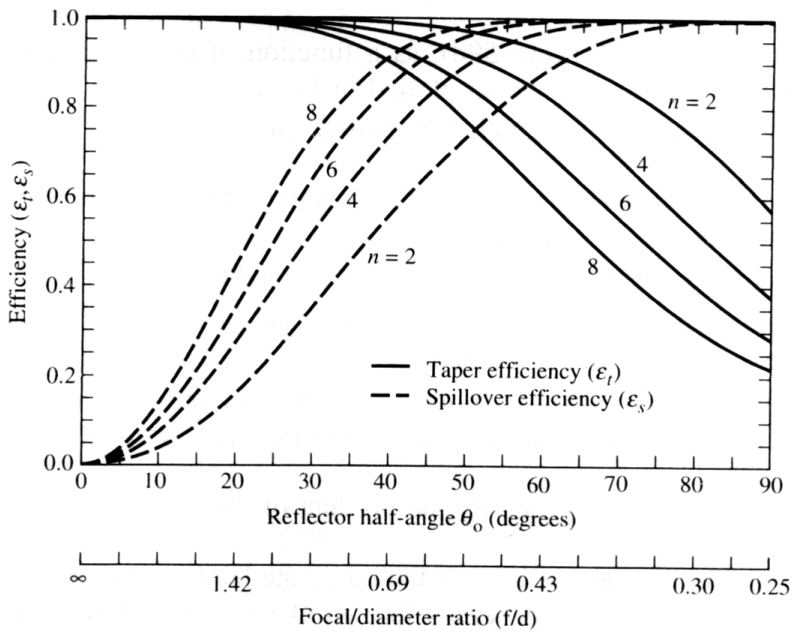
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Aperture efficiency

Dependent on reflector *f*/*d*-ratio



a) aperture efficiency



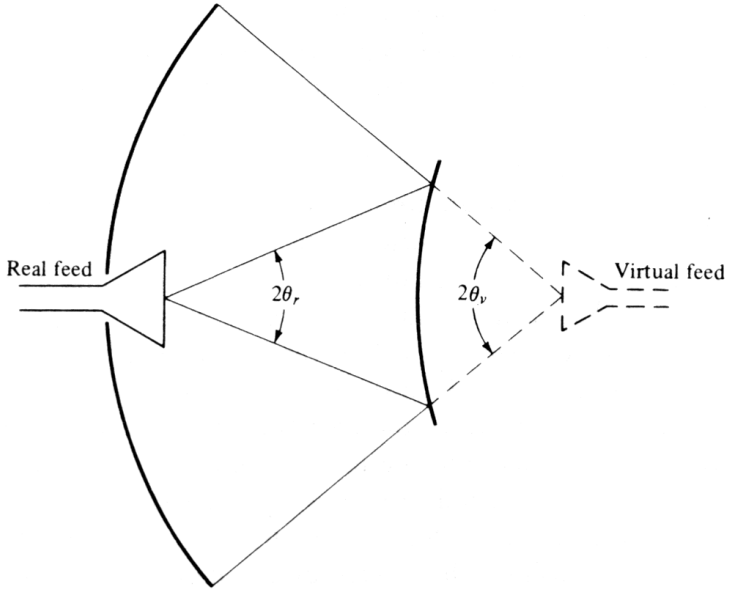
b) taper and spill-over efficiency

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

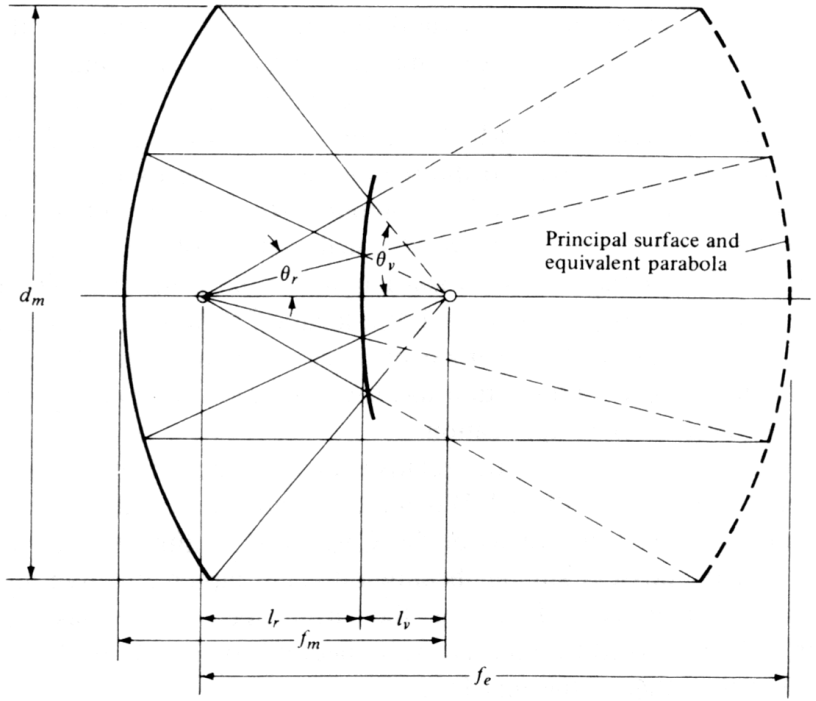
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Cassegrain system

Utilizing two reflectors



a) virtual feed



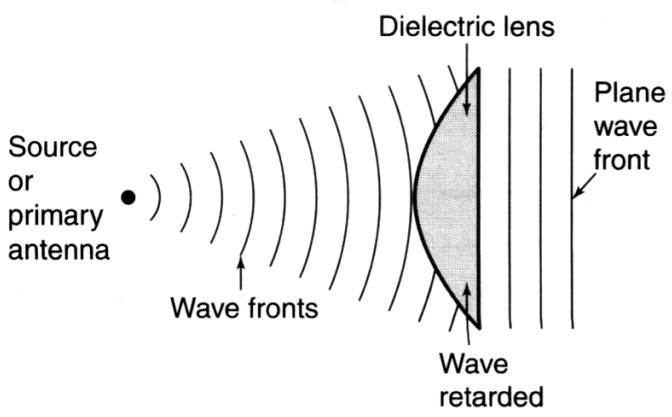
b) equivalent parabola

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

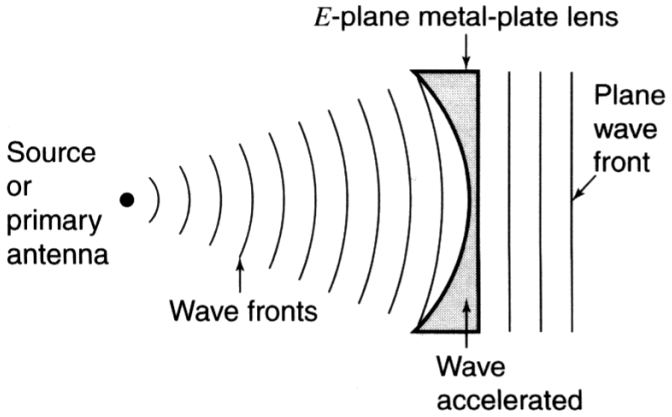
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Lens antennas

Classification



a) dielectric (delay) lenses



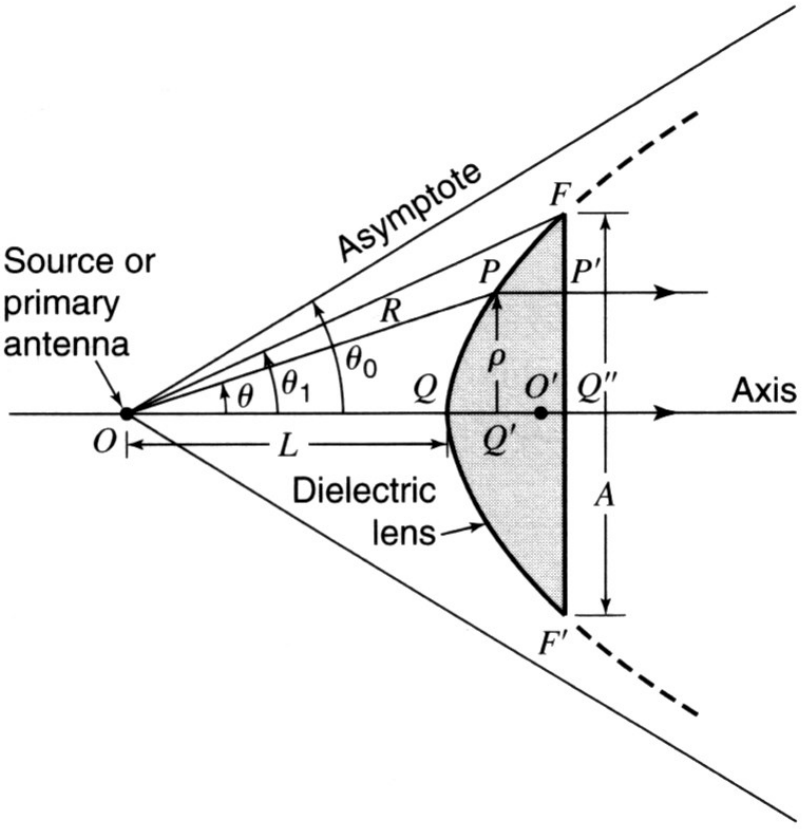
b) metal-plate lenses (fast)

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Dielectric lens

Ray lengths

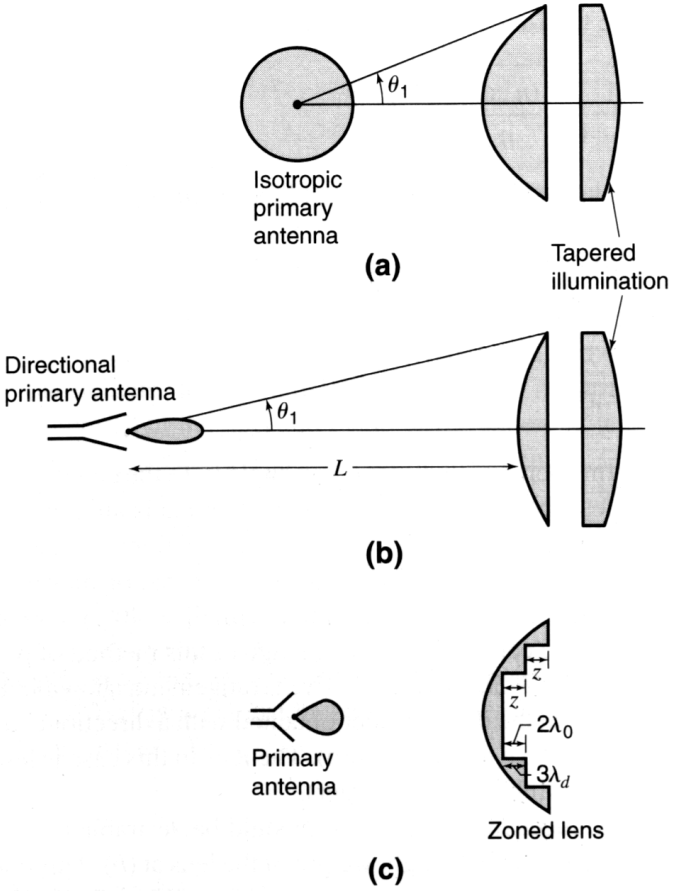


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Dielectric lens antenna

Focal length, zones



a) čočka s blízkým ohniskem

b) čočka se vzdáleným ohniskem

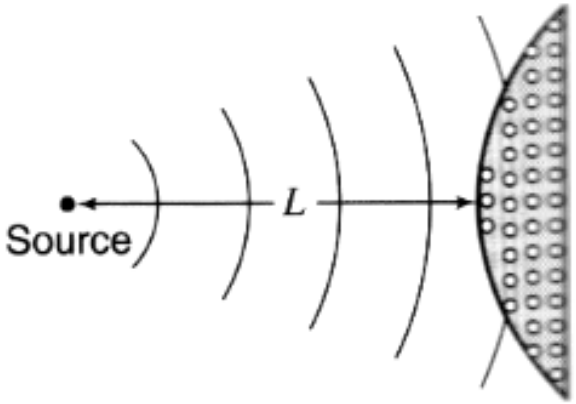
c) zónování čočky

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

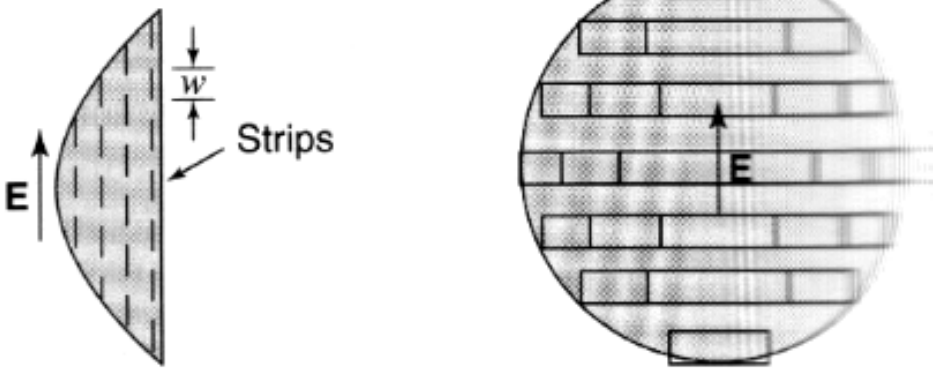
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Artificial dielectric lens antenna

metal spheres, metal stripes



a) lens of metal spheres

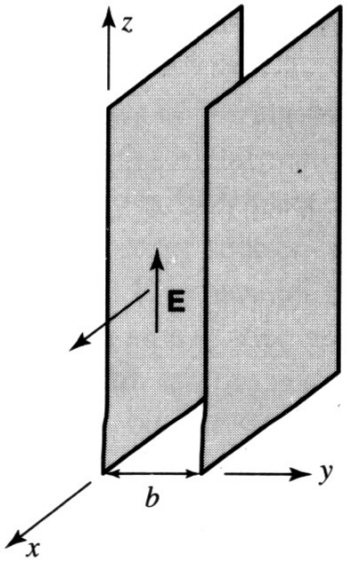


b) lens of metal strips

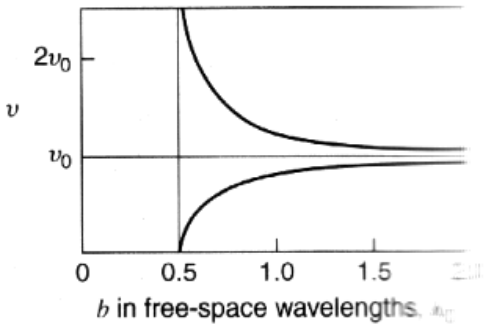
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

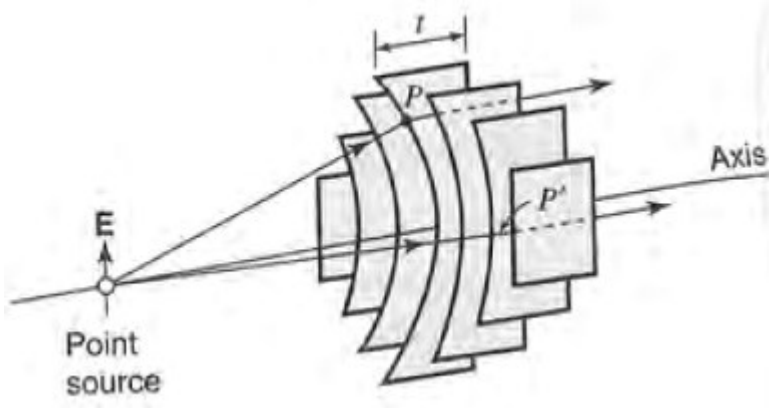
E-plane metal-plate lens antenna



a) field arrangement



b) phase velocity of propagation

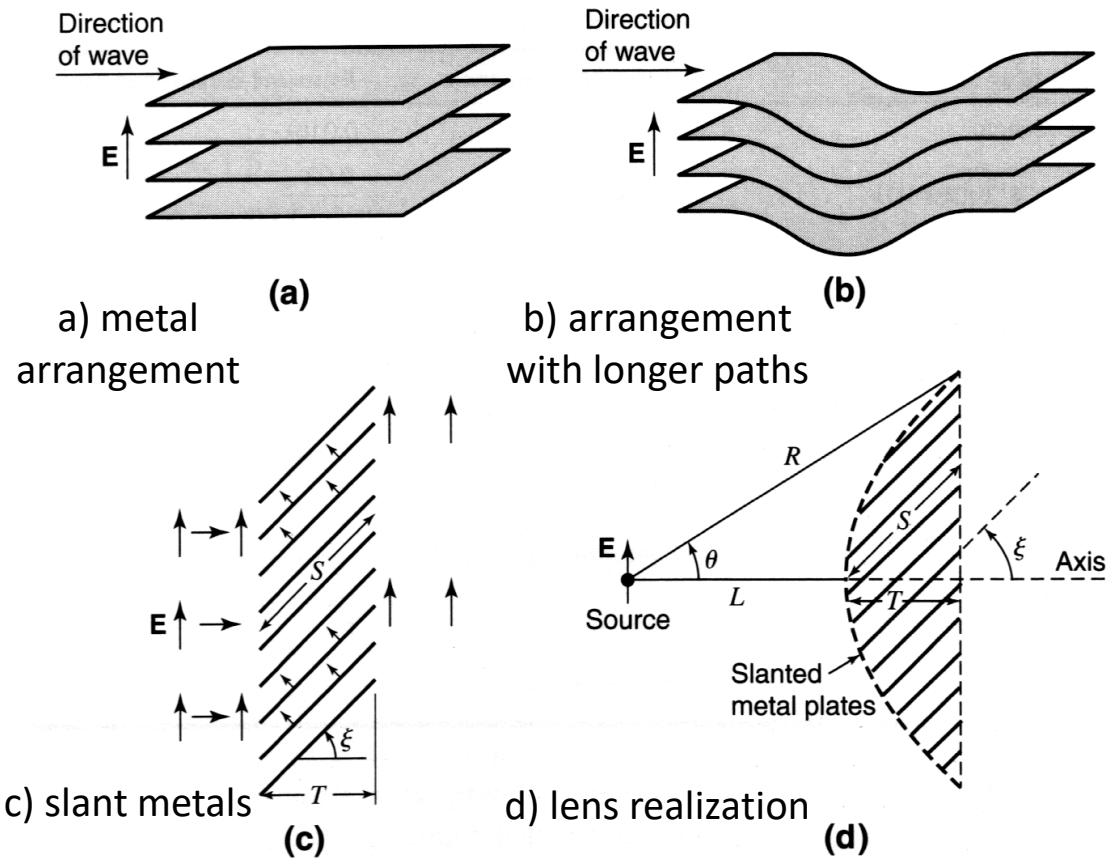


c) lens realization

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

H-plane metal-plate lens antenna



a) metal arrangement

b) arrangement with longer paths

c) slant metals

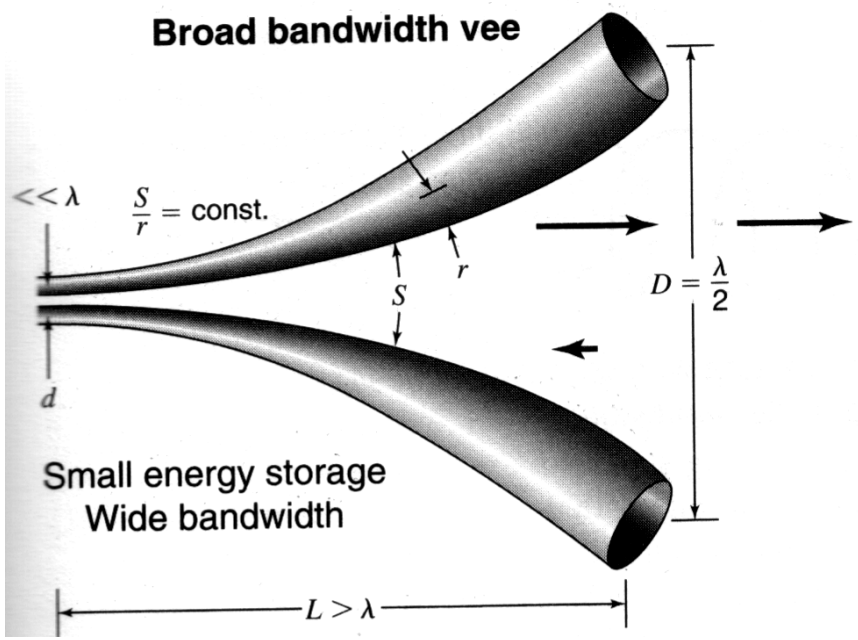
d) lens realization

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

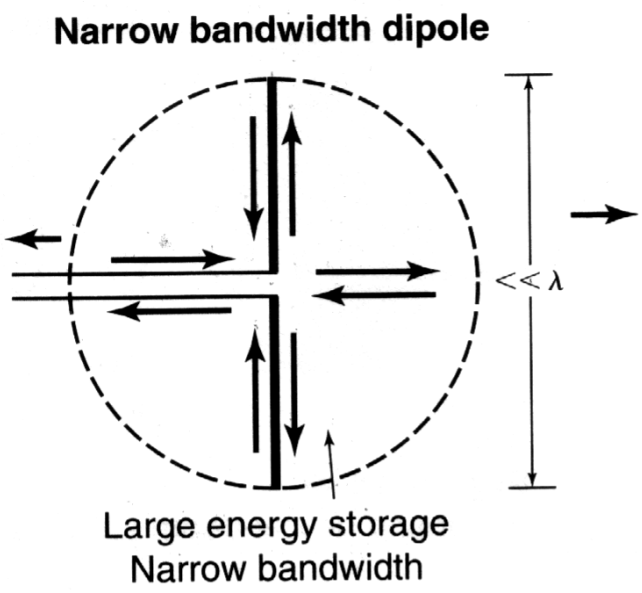
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Bandwidth

Flow of energy



a) wideband biconical V-structure



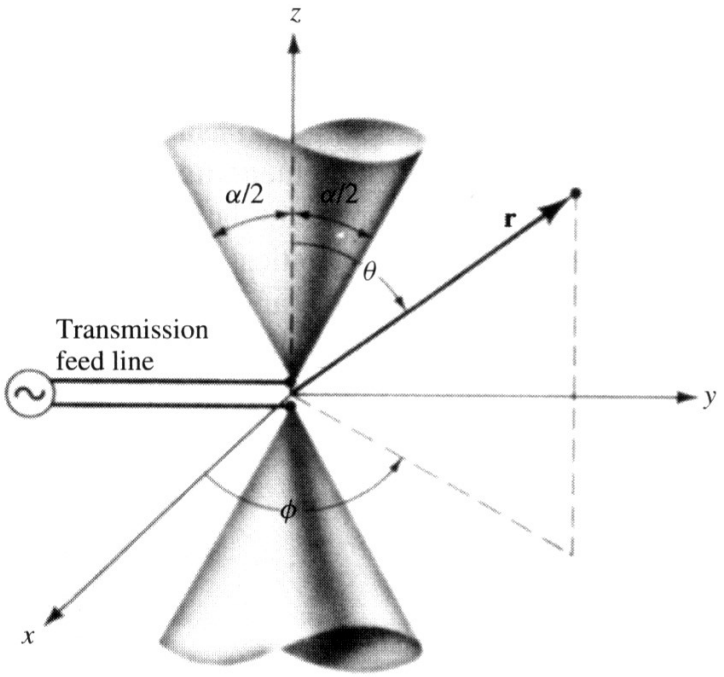
b) accumulation of energy, low bandwidth

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

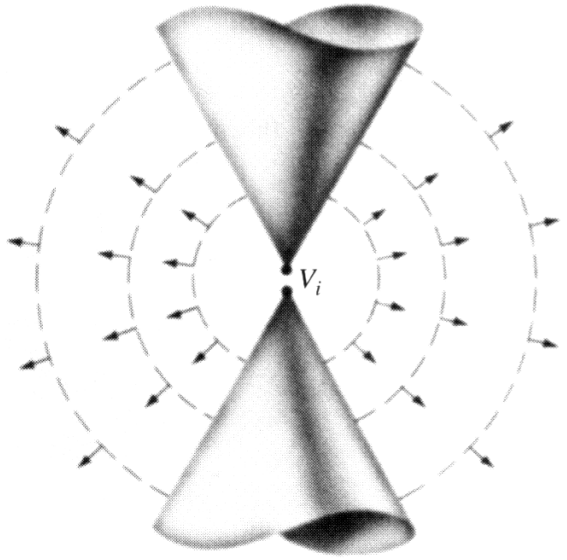
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Biconical antenna

Geometry and radiated spherical waves



a) geometrie



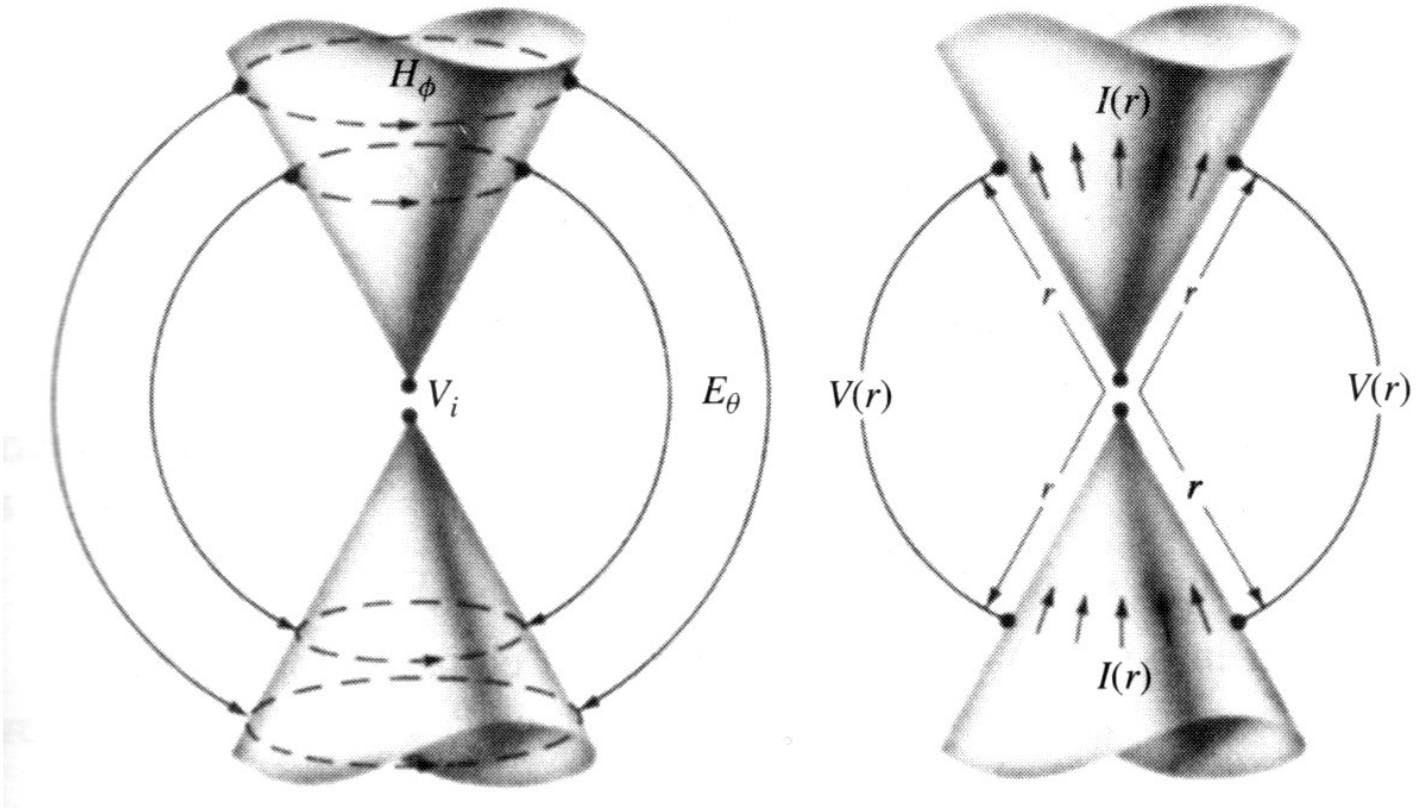
b) vyzařovaná vlna

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Biconical antenna

Electric and magnetic field, and corresponding currents and voltages

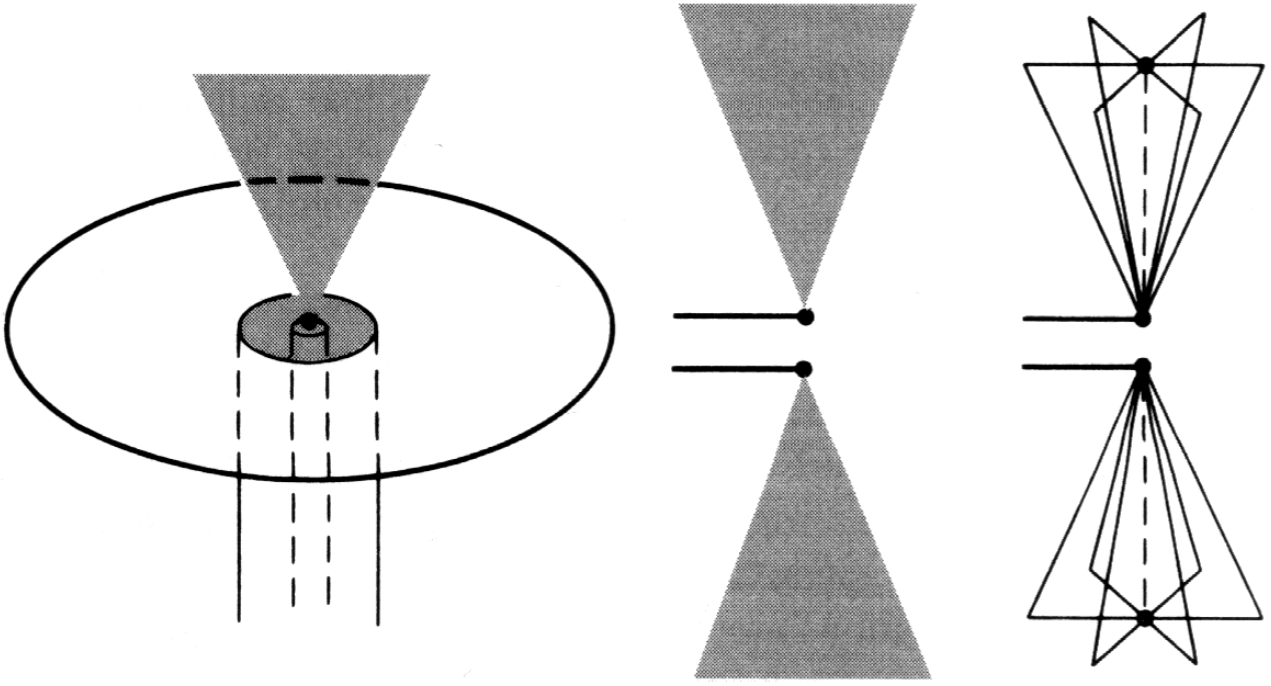


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Substitutes for biconical structure

Triangle, bow-tie antenna, wire approximation



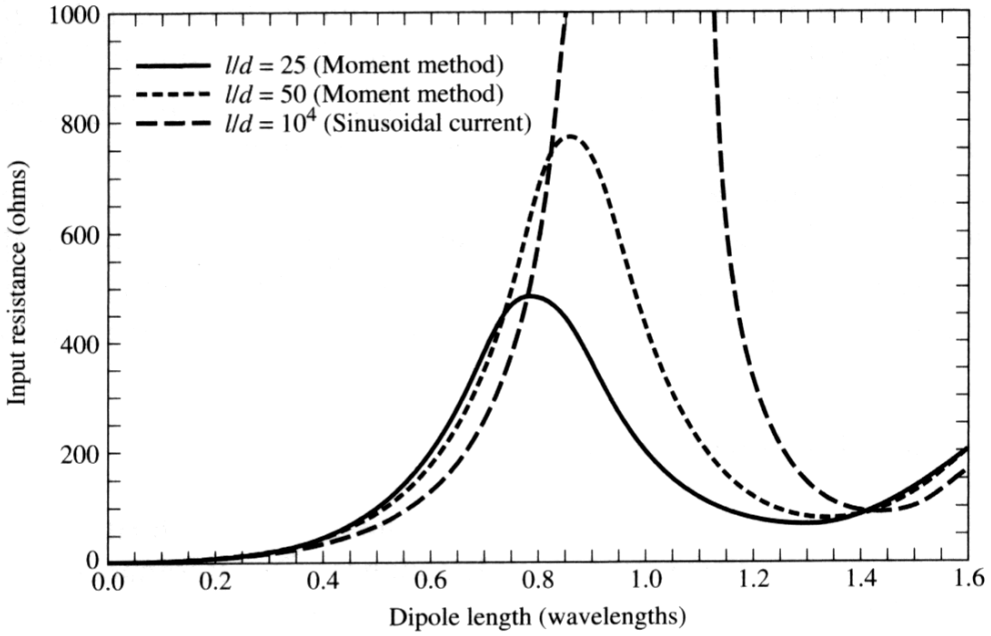
a) triangle b) bow tie c) wire substitute

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

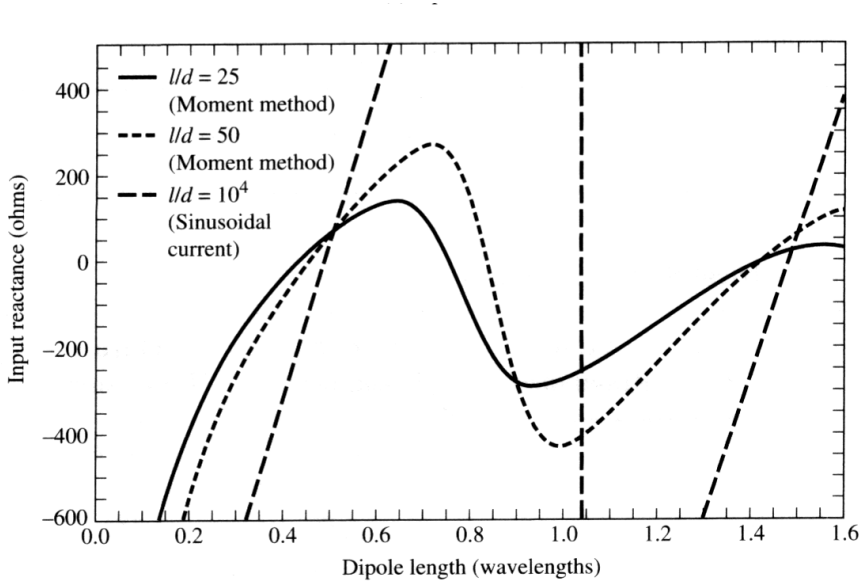
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Wire antennas

Input impedance



a) input resistance



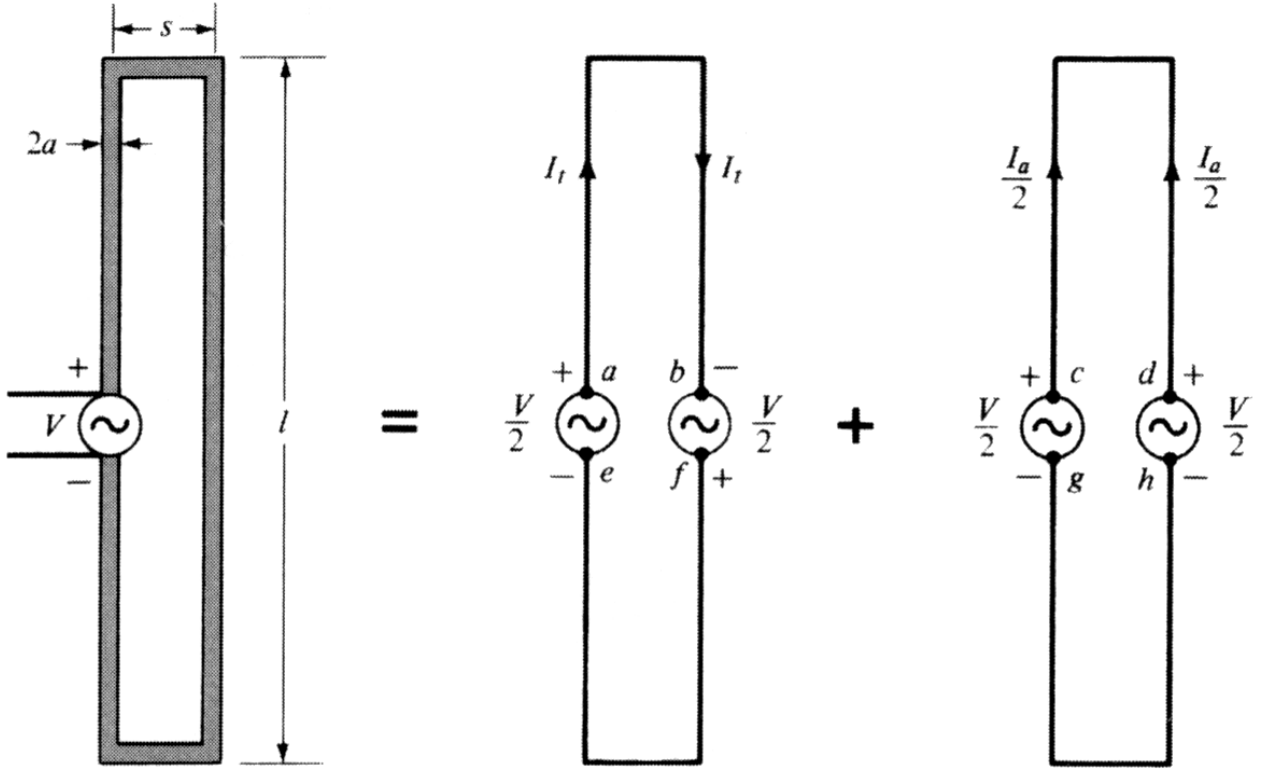
b) input reactance

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Folded dipole

Equivalent modes



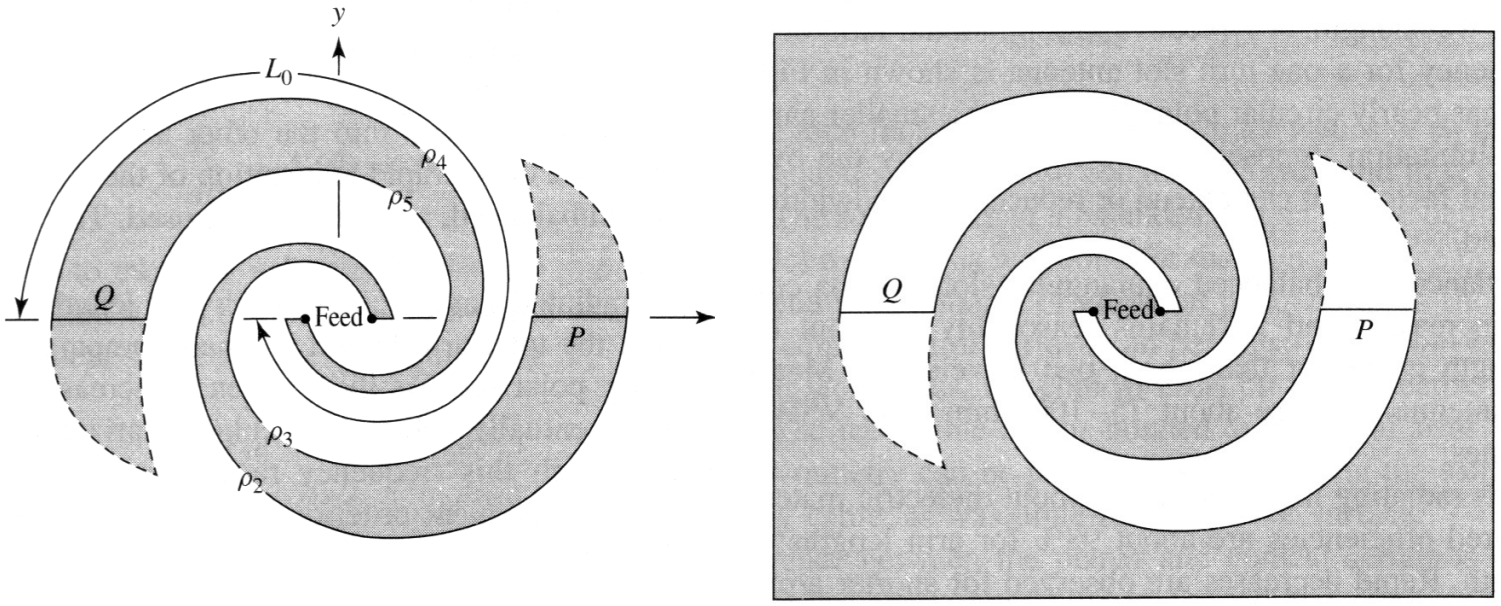
a) folded dipole b) transmission-line mode c) antenna mode

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Spiral antenna

Spiral plate and spiral slot

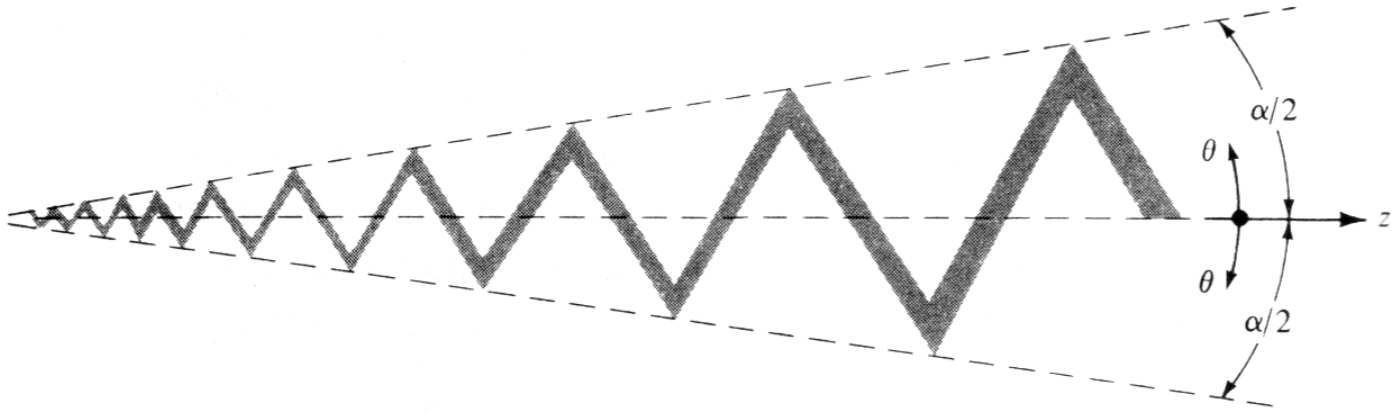


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Log-periodic antenna

Metal band arrangement

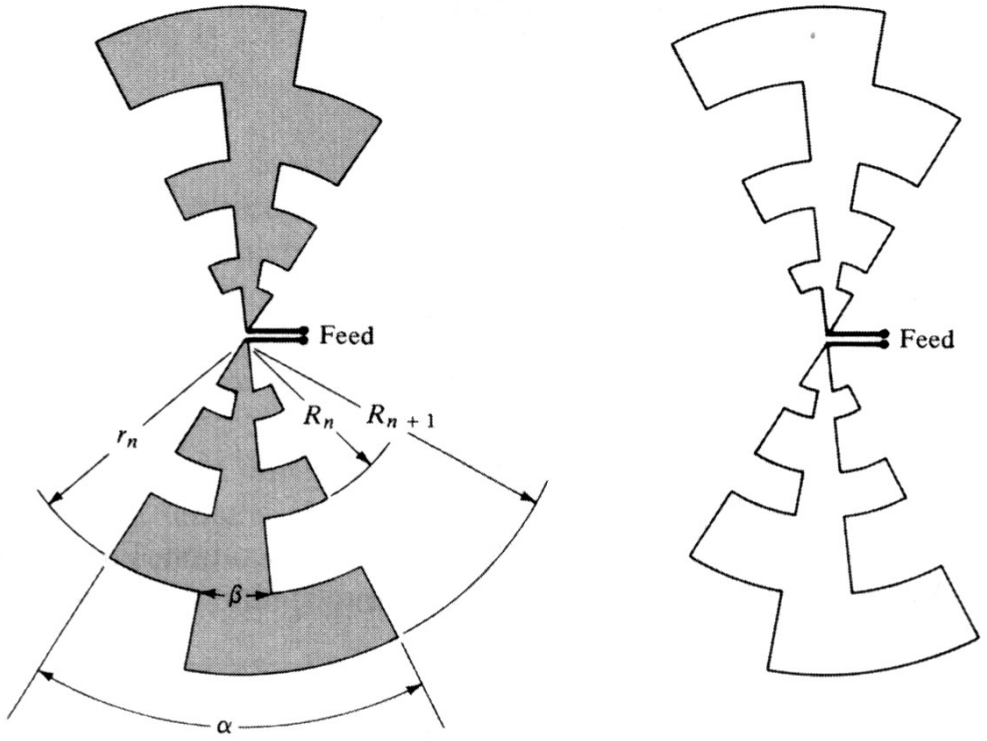


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Log-periodic antenna

Planar and wire arrangement

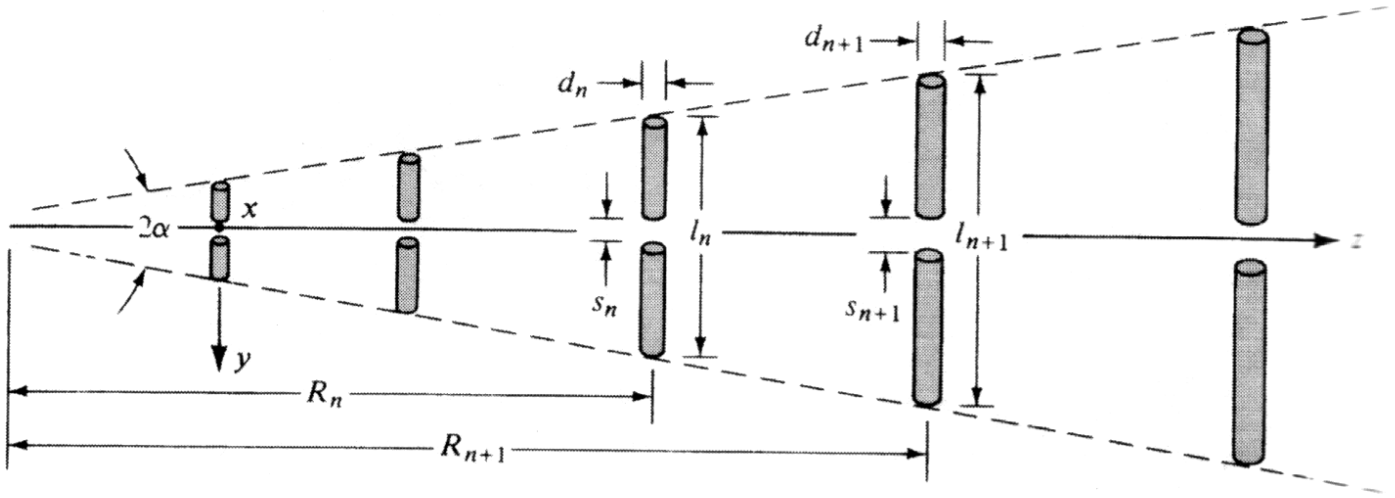


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Log-periodic antenna

Dipole array

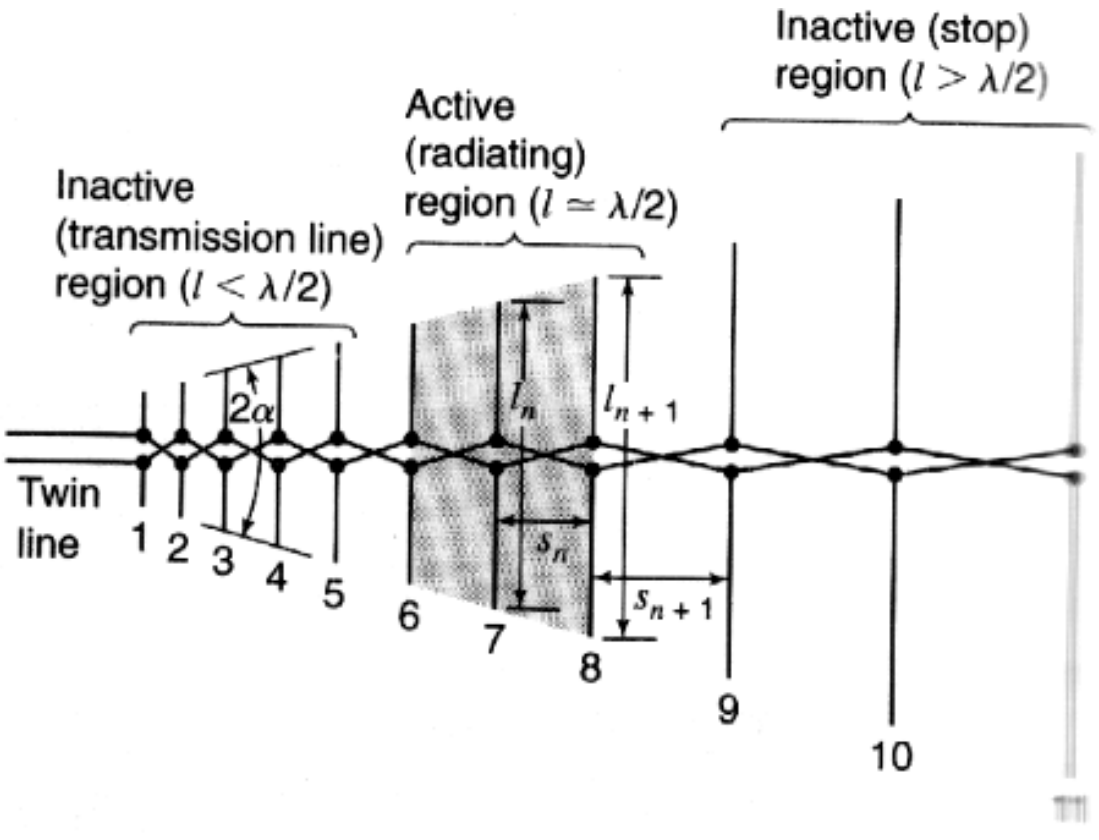


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Log-periodic antenna array

Depiction of active region

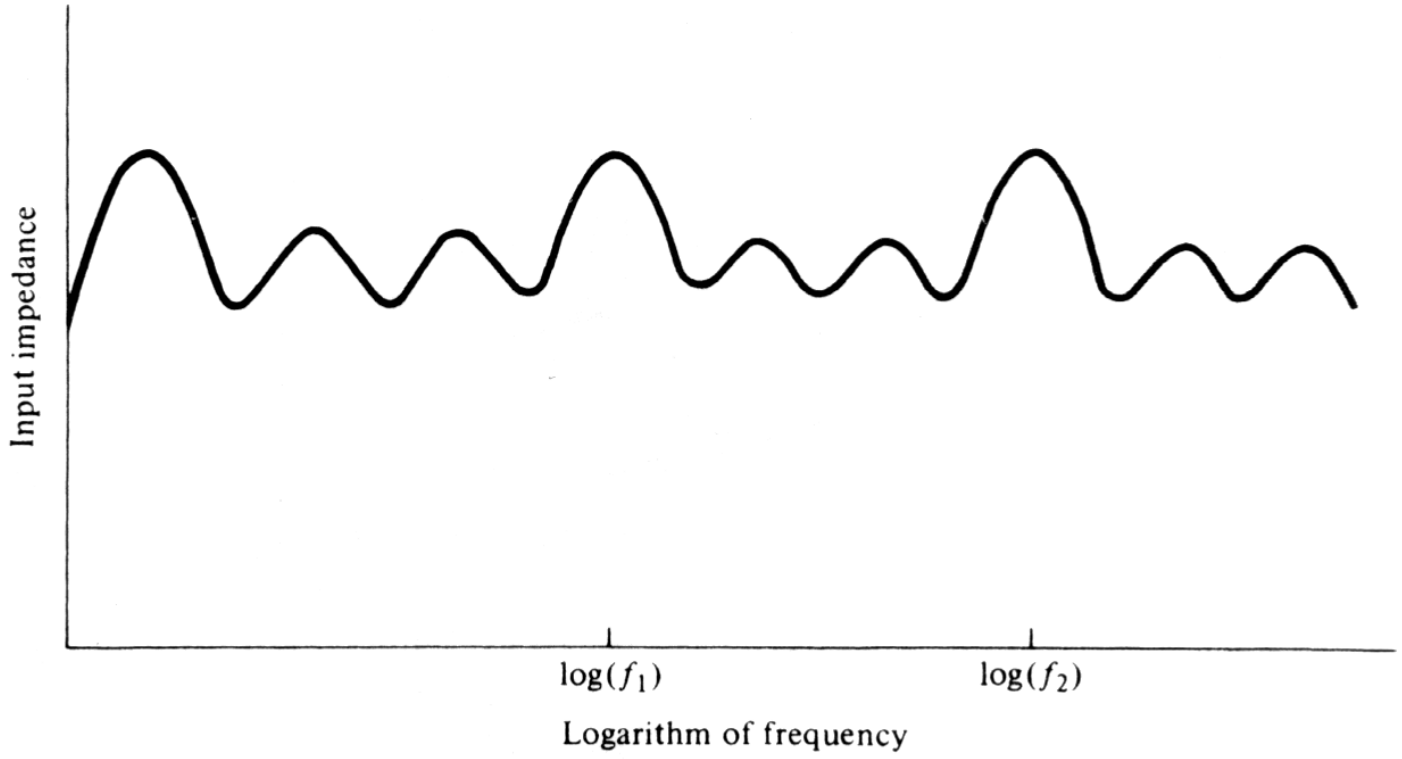


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Log-periodic antenna

Typical input impedance as function of logarithm of frequency

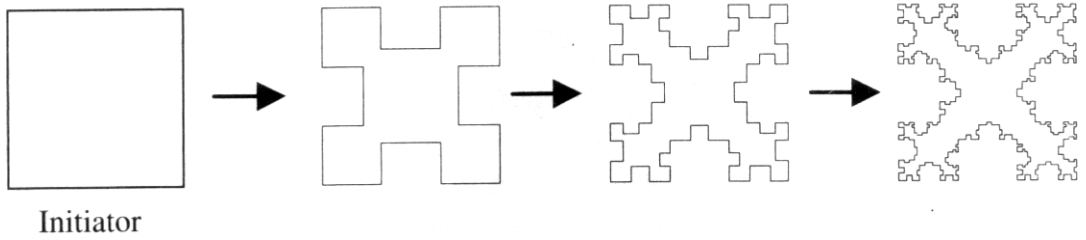


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

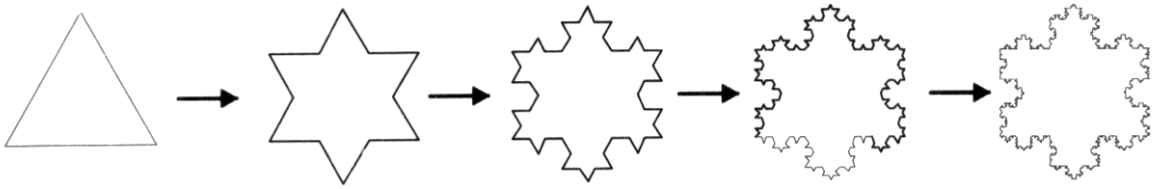
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Fractal antennas

Examples of forming fractal structures



a) Minkowski



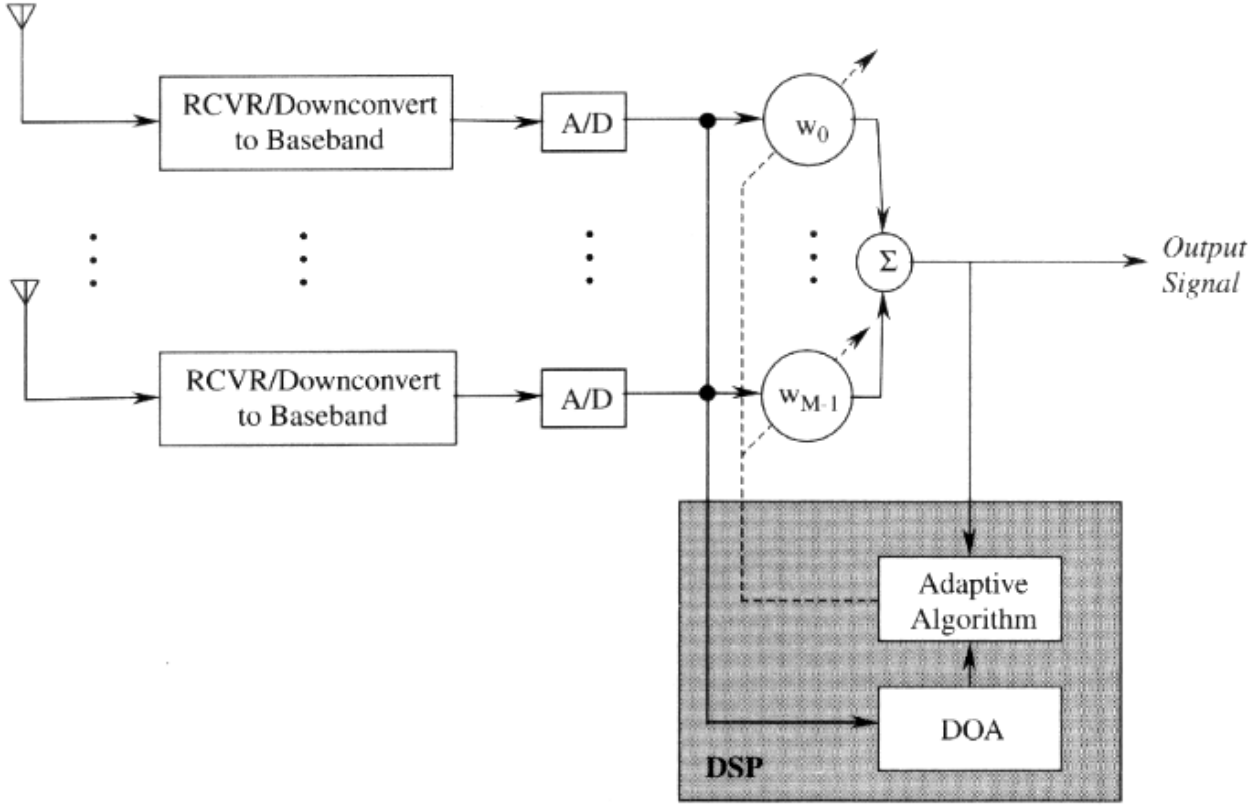
b) Koch

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Adaptive antenna array

Block diagram

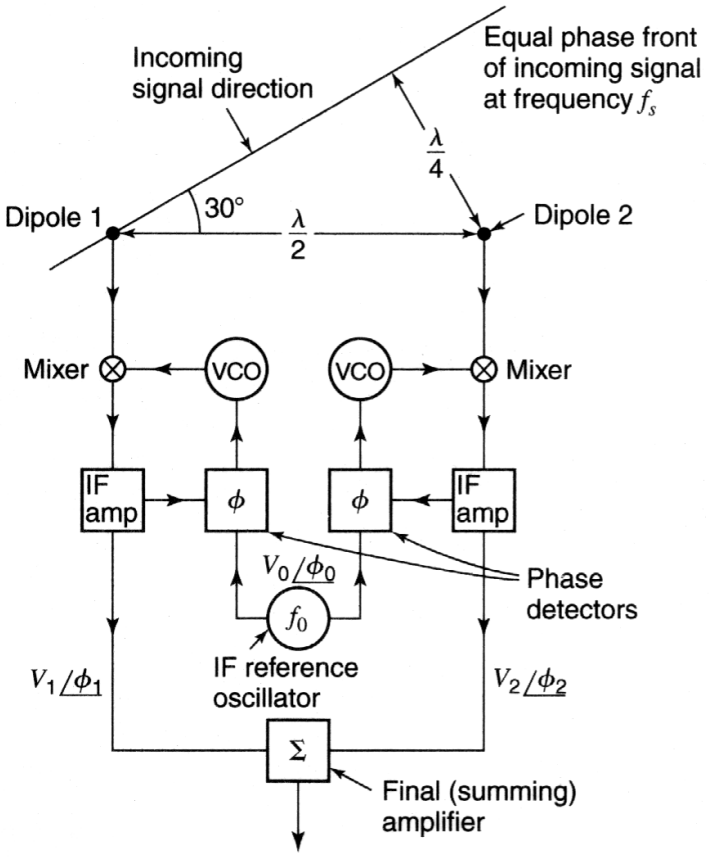


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Adaptive antenna array

Two-element; together with steering circuits

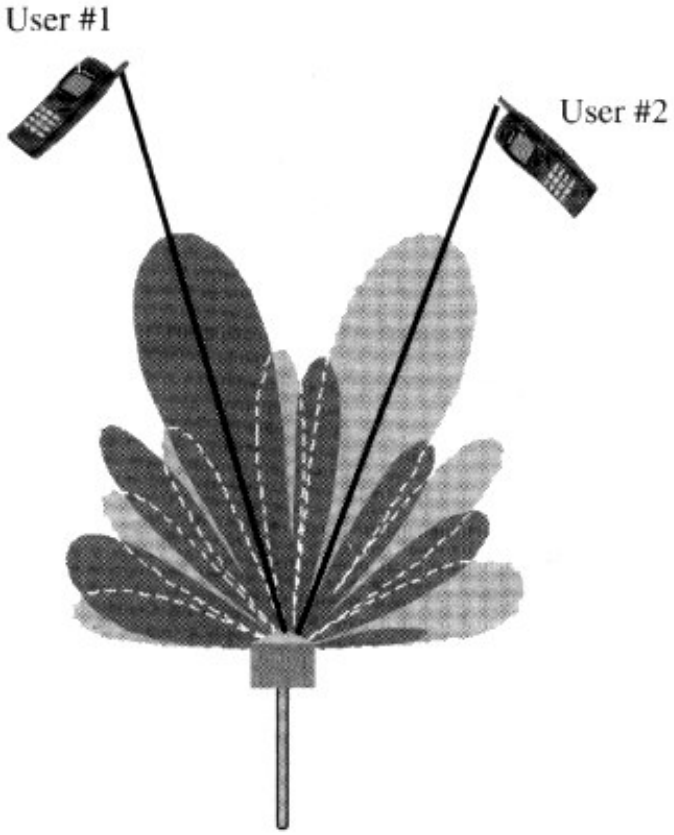


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Multibeam system

Spatial multiplex

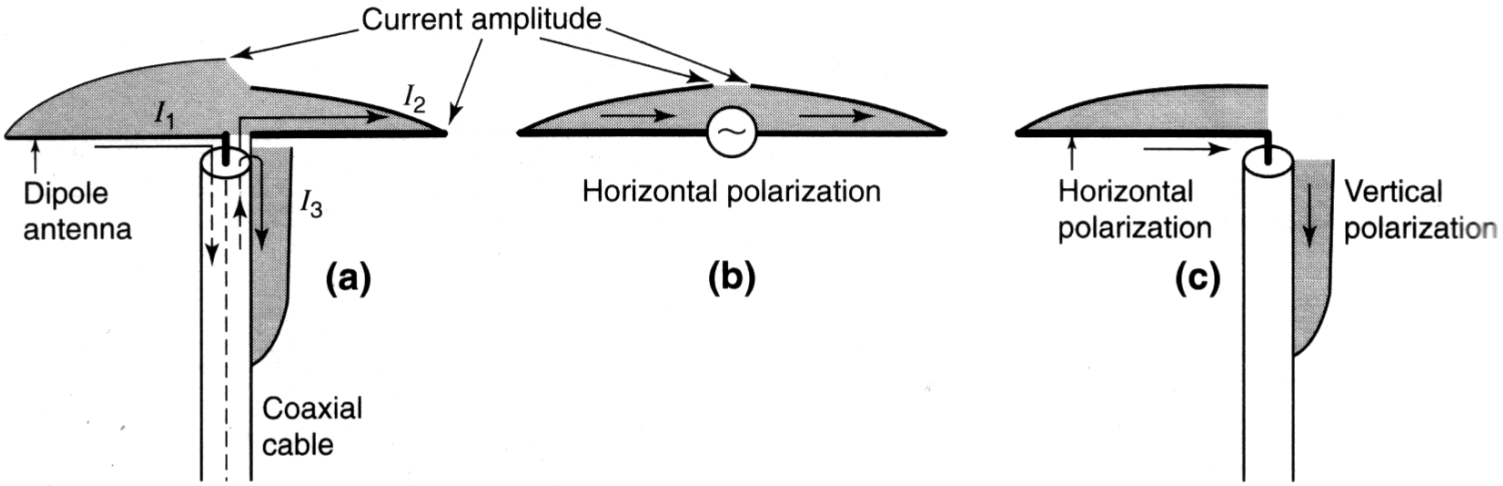


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Effect of asymmetry of feeding current

Horizontally oriented dipole produces vertical polarization

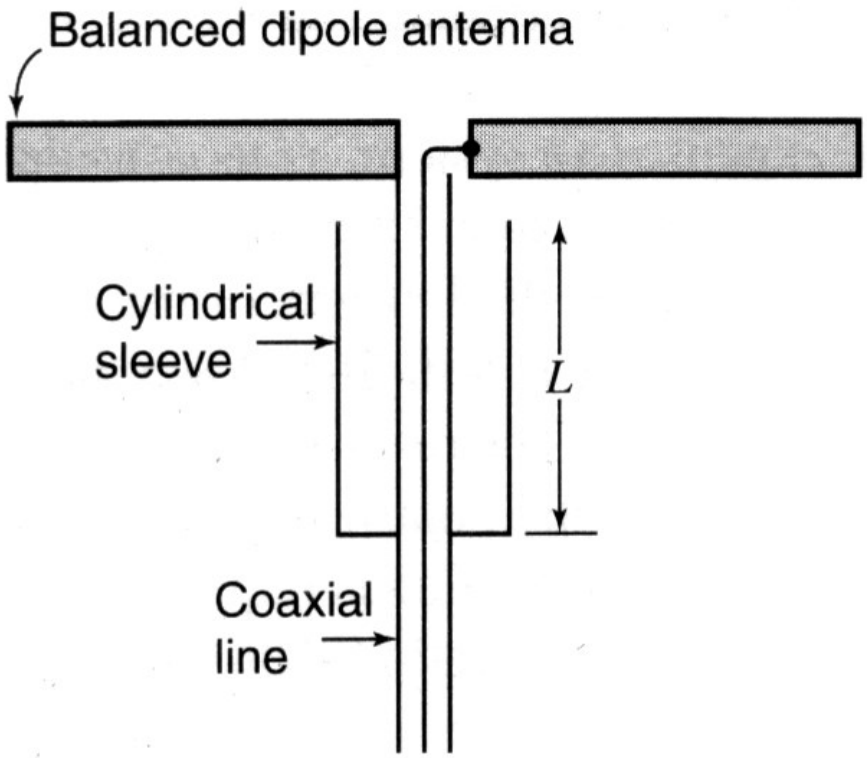


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Sleeve balun

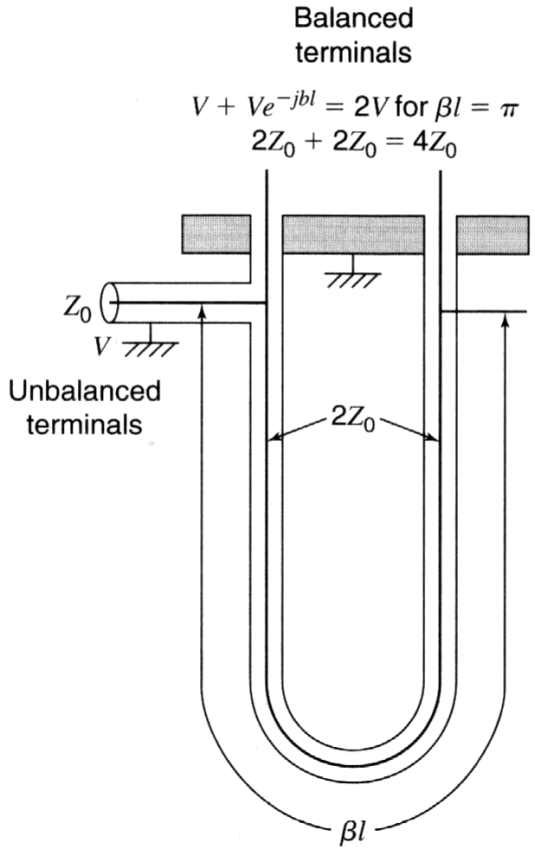
for dipole antenna



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Halfwave loop for symmetrisation

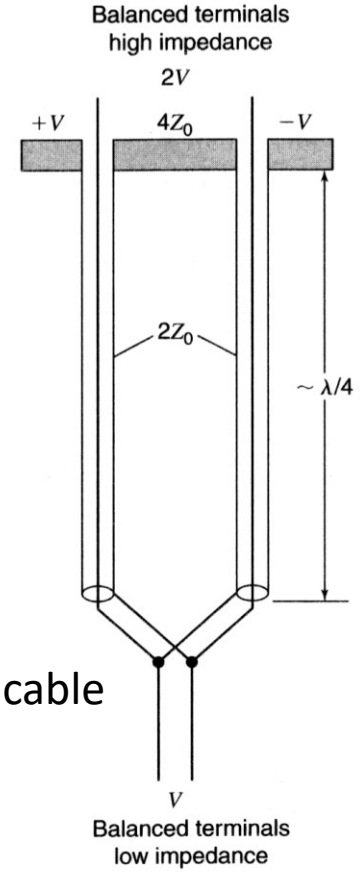


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

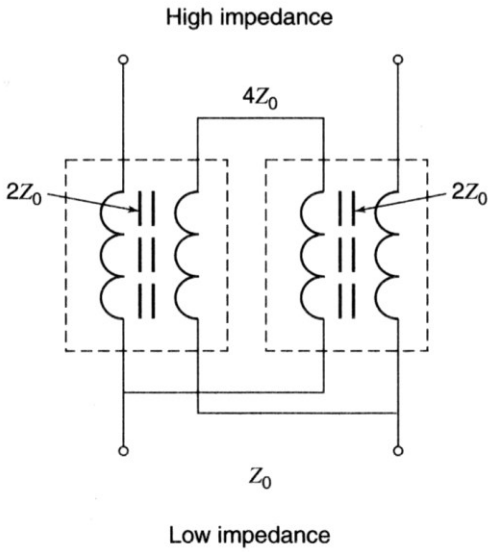
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Symmetrisation transformer

Series-parallel connection of transmission lines



a) Utilizing coaxial cable



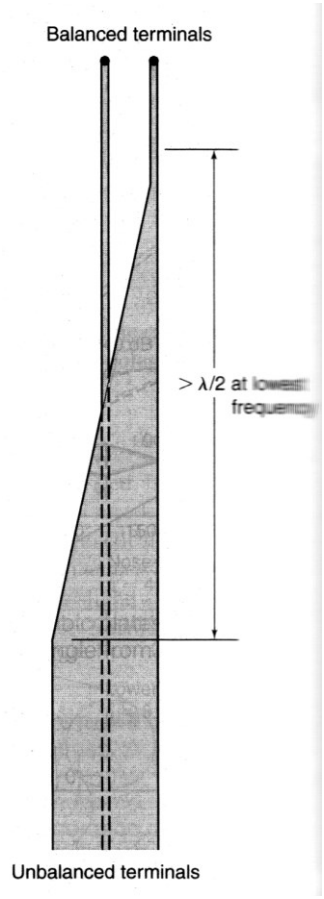
b) Utilizing twin line and ferrite

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Gradually cut coaxial cable

Gradual transformation into a twin line

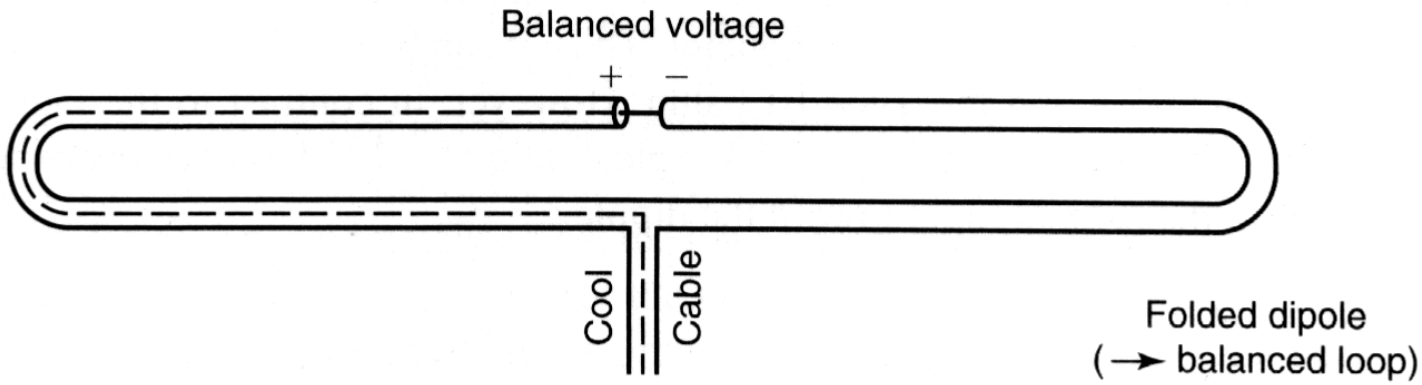


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Natural baluns

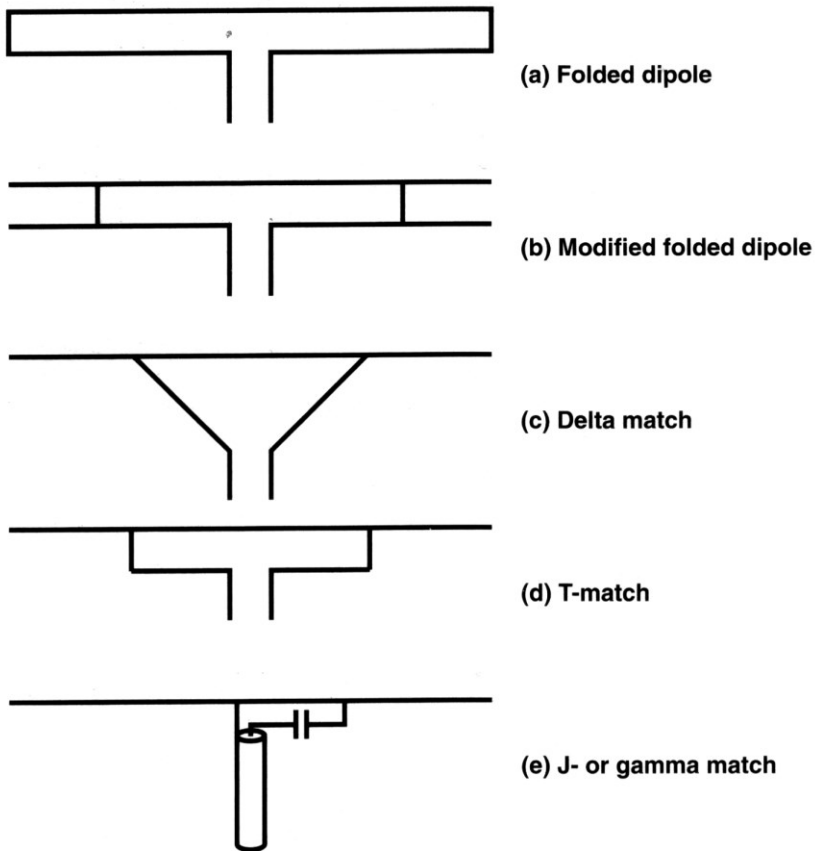
Utilizing zero voltage in the middle of folded dipole



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

J- a T-type impedance matching



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

References

Sources from which it was drawn:

[1] Vávra, Š., Turán, J. : Antény a šírenie elektromagnetických vĺn. 1. edition. Bratislava : Alfa, 1989. ISBN 80-05-00131-2.

[2] Kraus, J. D., Marhefka, R. J. : Antennas : for all applications. 3. edition. New York : McGraw-Hill, 2002. ISBN 0-7-232103-2.

[3] Balanis, C. A. : Antenna theory. 3. edition. New Jersey : John Wiley, 2005. ISBN 0-471-66782-X.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY