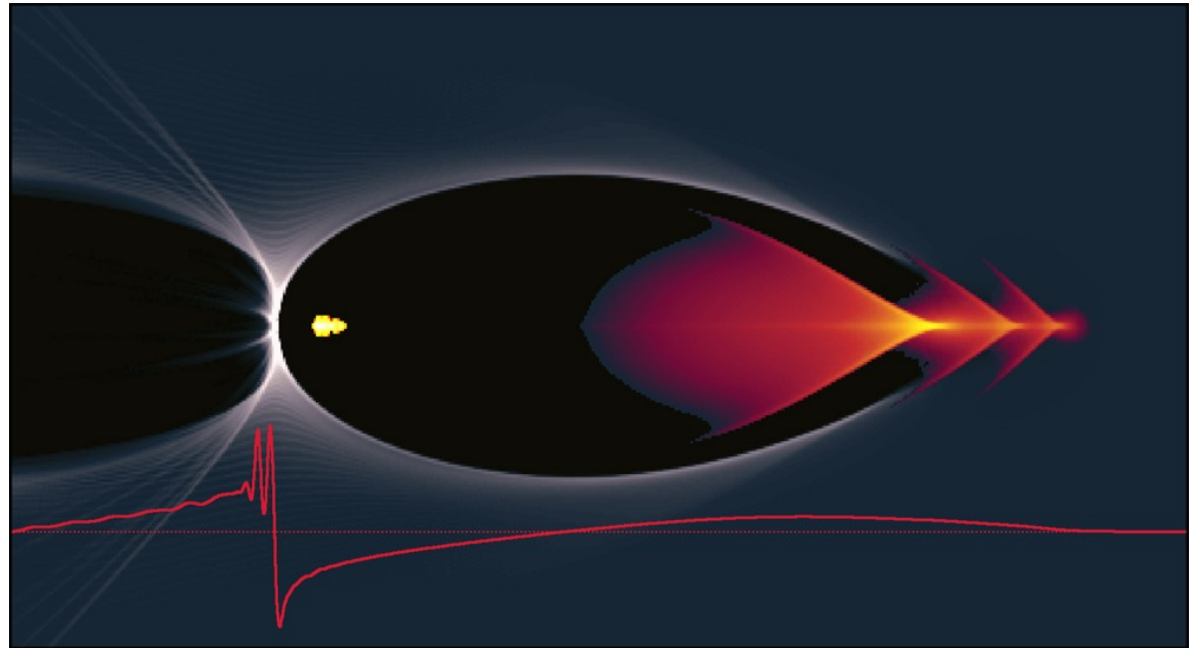


Návrh achromatické, izochronní fokusující soustavy elektronového svazku

Motivace

- Urychlení elektronů plazmovou vlnou (LWFA)
- Energie: ~ 100 MeV
- Délka svazku: 2 fs
- Druhy injekce elektronů
 - Autoinjekce
 - Ionizační
 - Skok v hustotě
 - Kolmá injekce



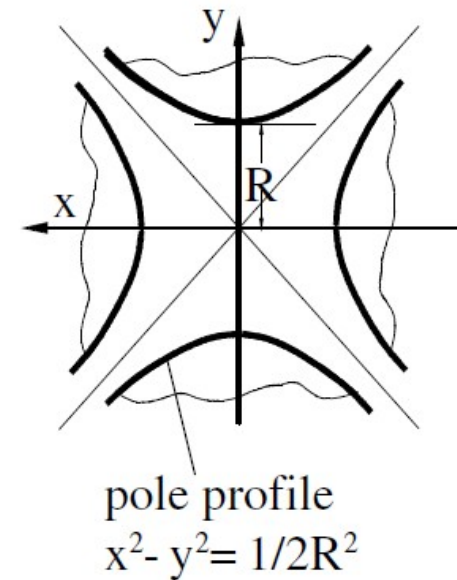
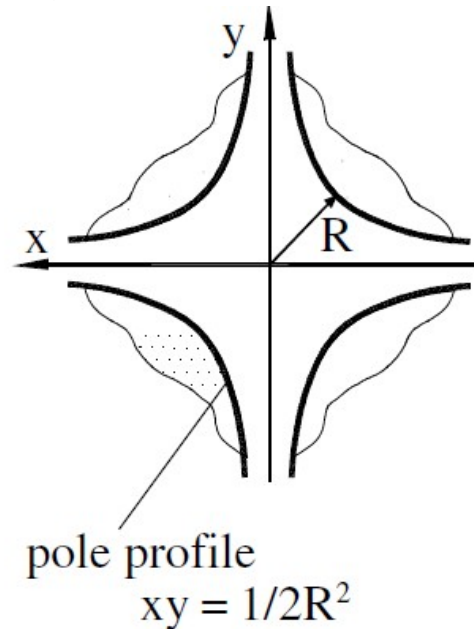
http://www.gauss-centre.eu/gauss-centre/EN/Projects/ElementaryParticlePhysics/2014/osterhoff_electron_beam.html?nn=1236240

Transport elektronového svazku z LWFA

- Velký rozptyl energie: 20 – 30 MeV -> energie: 80 – 120 MeV
- Ultrakrátký svazek: 2 fs
 - Po 5 m roztažení na 76 fs
- Divergence svazku: typicky 10 mrad
- Fokusační soustava:
 - Izochronní: po fokusaci 2 fs (v prostoru asi 0,6 μm)
 - Achromatická: všechny energie

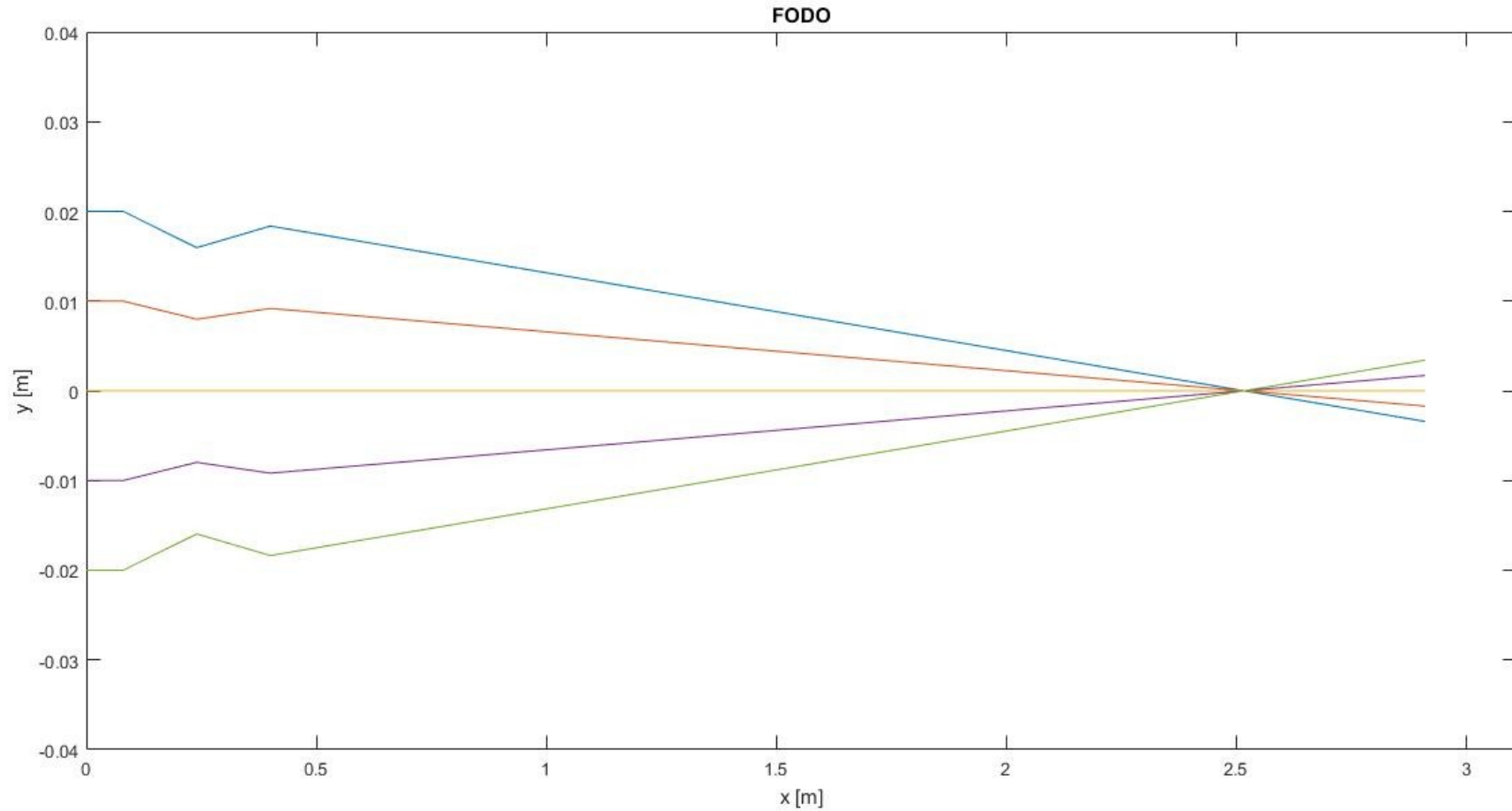
FODO

- Fokusace kvadrupólovými magnety
 - Kvadrupól: fokusace v jednom směru, v druhém defokusace

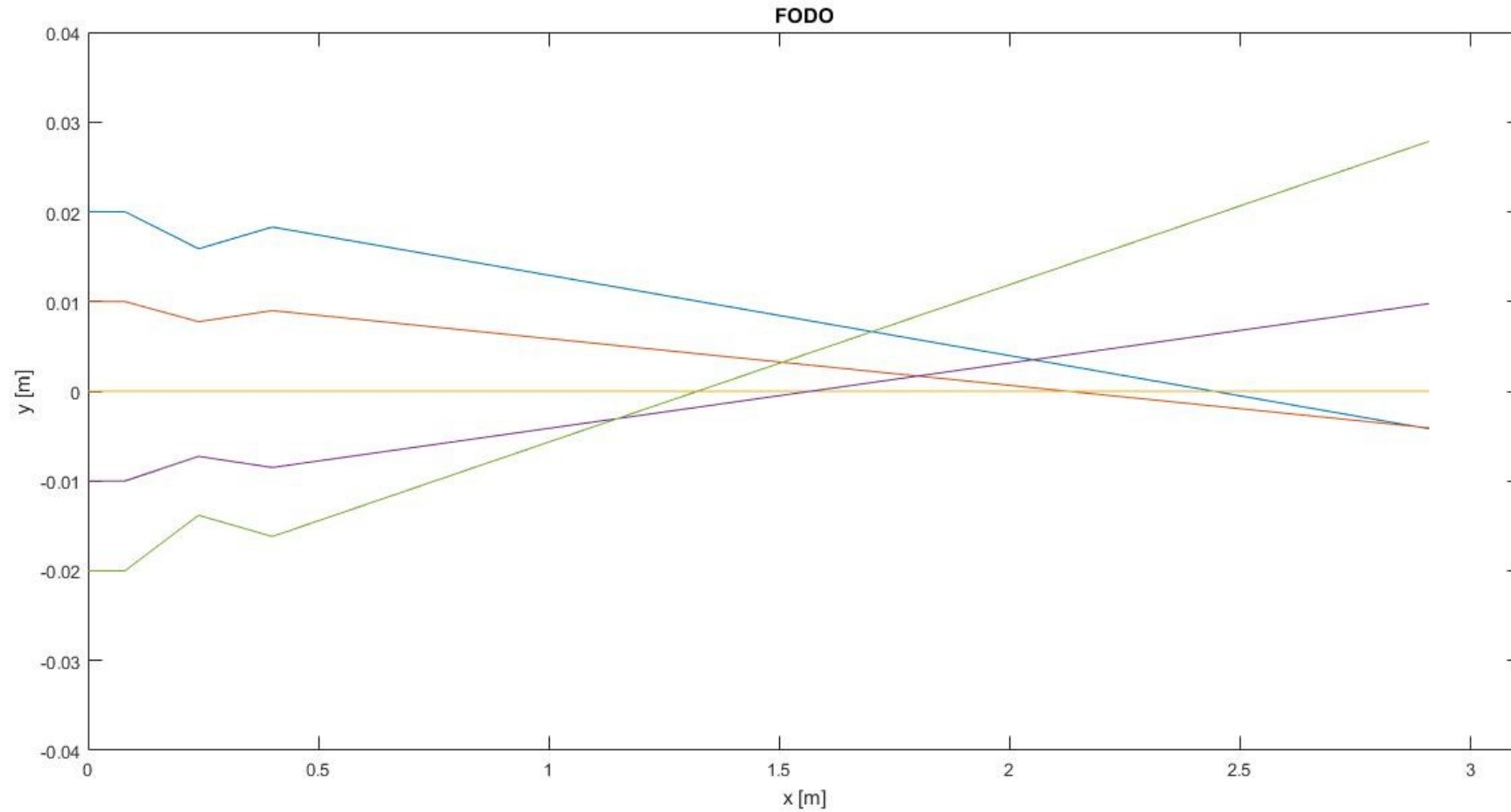


- FODO: 3 kvadrupólové magnety
 - Podmínka $2f_1 = 2f_3 = f_2$

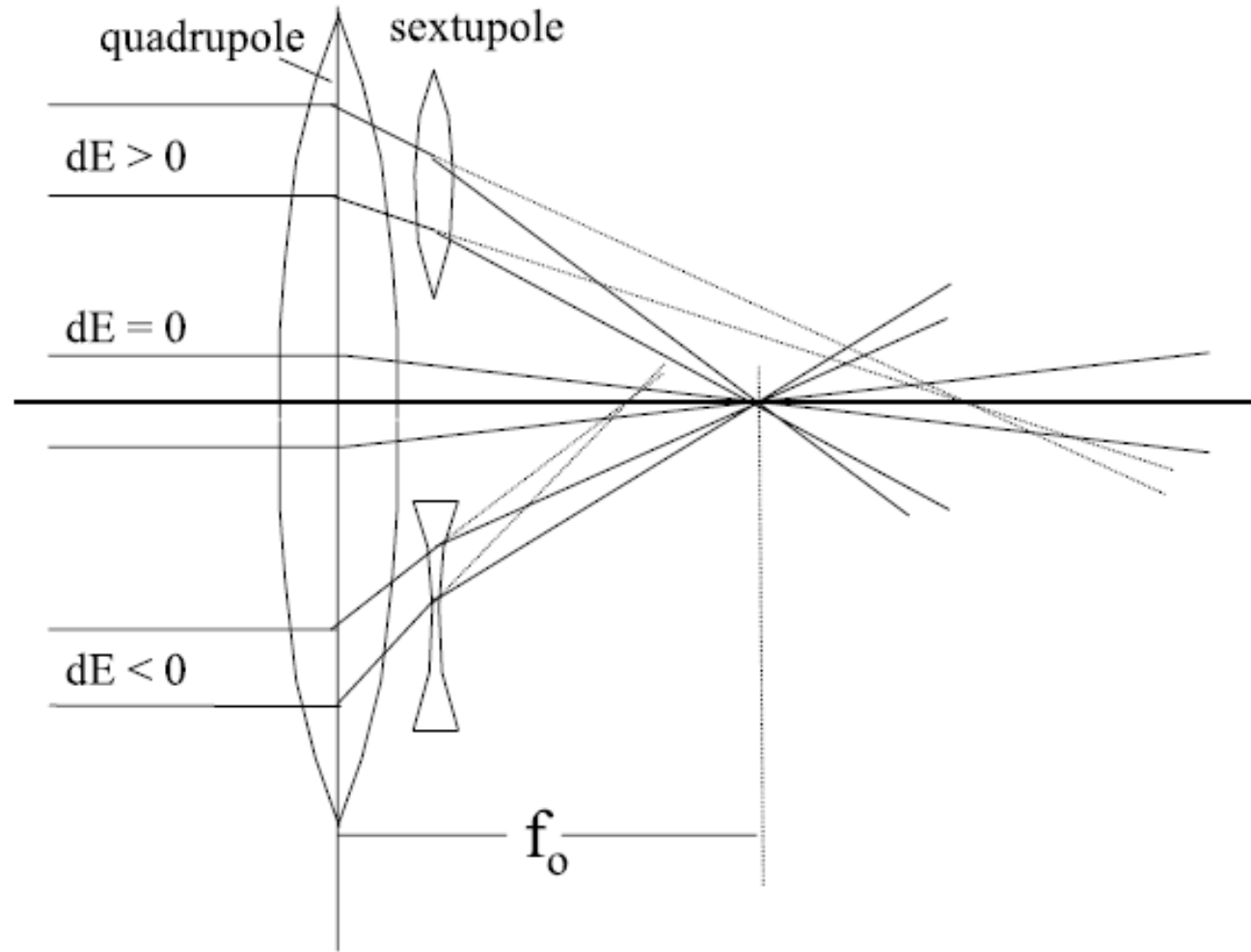
- Dobré pro monochromatické svazky
 - Energie 100 MeV



- Svazek s větším rozptylem energie
 - Energie 80 - 120 MeV



Kompenzace sextupólovým magnetem



Kvadrupólový magnet

- Fokusační

$$\begin{pmatrix} u(z) \\ u'(z) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \psi & \frac{1}{\sqrt{k}} \sin \psi \\ -\sqrt{k} \sin \psi & \cos \psi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u(z_0) \\ u'(z_0) \end{pmatrix}$$

- Defokusační

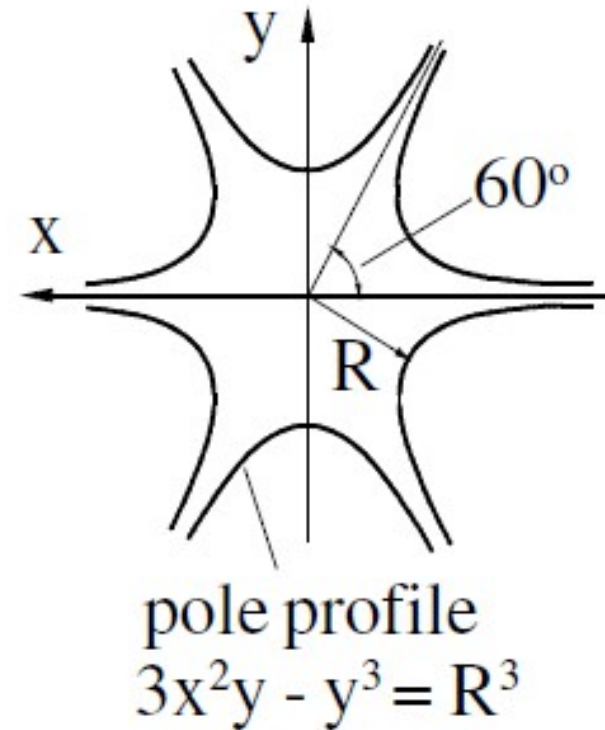
$$\begin{pmatrix} u(z) \\ u'(z) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cosh \psi & \frac{1}{\sqrt{|k|}} \sinh \psi \\ \sqrt{|k|} \sinh \psi & \cosh \psi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u(z_0) \\ u'(z_0) \end{pmatrix}$$

$$k \text{ (m}^{-2}\text{)} = 0.2998 \frac{g \text{ (T/m)}}{\beta E \text{ (GeV)}}$$

$$\psi = \sqrt{|k|} (z - z_0)$$

Sextupólový magnet

- Korekce chromatičnosti:
 - Vyšší energie (nad osou) fokusuje
 - Nižší (pod osou) defokusuje
- Nutné rozdělit svazek podle energií



Aproximace tenkou čočkou

- Driftový prostor

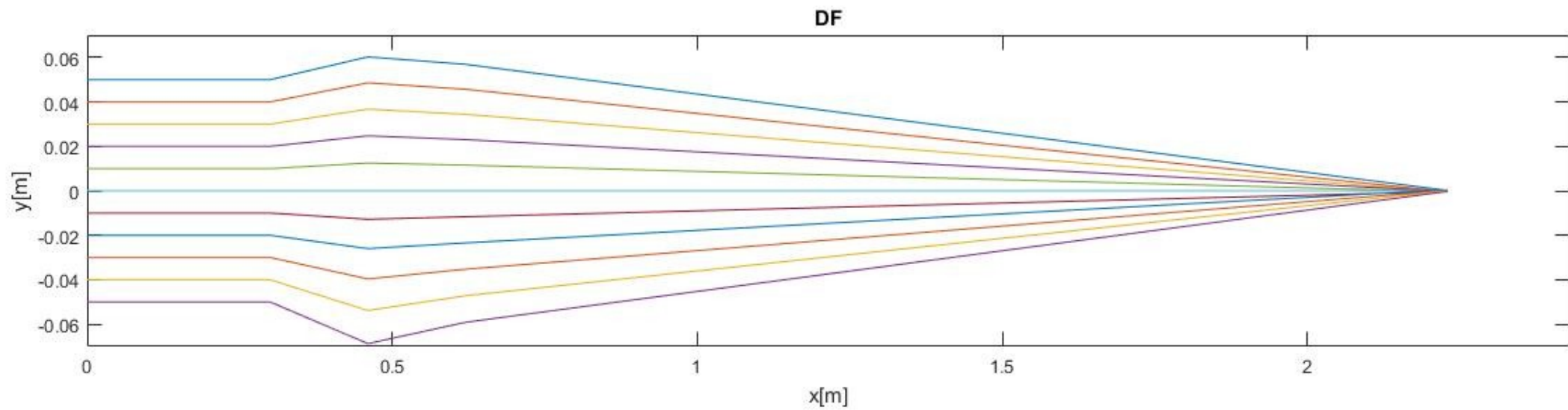
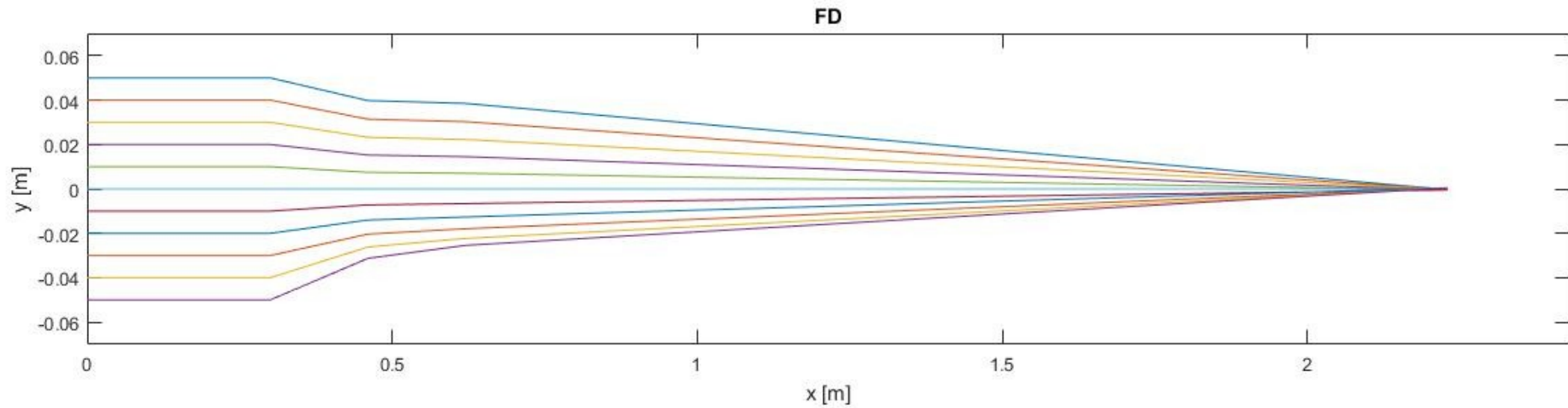
$$\begin{pmatrix} u(z) \\ u'(z) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \ell \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_0 \\ u'_0 \end{pmatrix}$$

- Tenká čočka

- Tloušťka čočky $\ell \rightarrow 0$
- Ohnisko: $f^{-1} = +k\ell = \text{const}$

$$\begin{pmatrix} u(z) \\ u'(z) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \ell \\ -\frac{1}{f} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_0 \\ u'_0 \end{pmatrix}$$

- svazek s energiemi 60 - 110 MeV



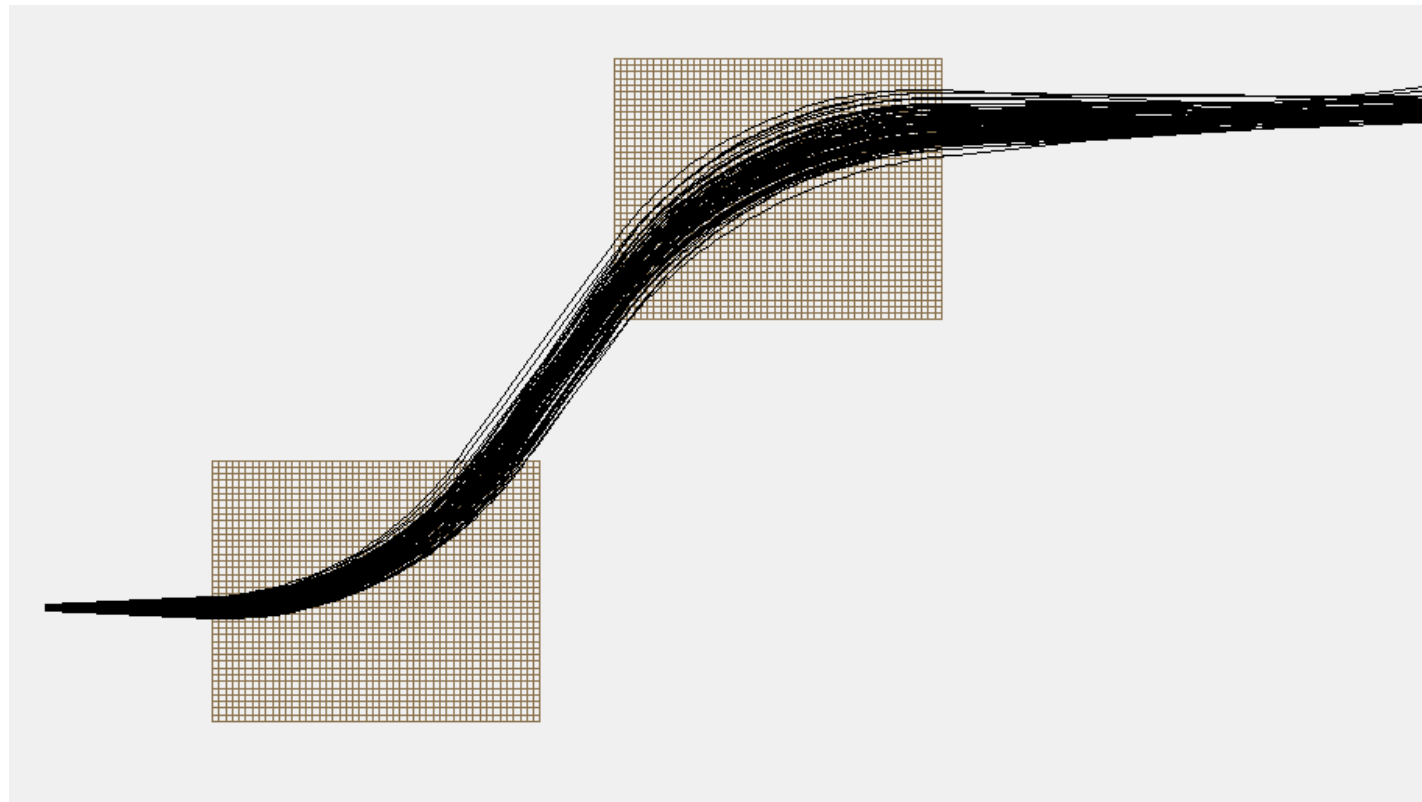
Magnetické pole

E [MeV]	g [T/m]
110	14.8
105	13.0
100	11.0
95	9.2
90	7.4
85	0
80	-0.2
75	-2.2
70	-6.6
65	-11.6
60	-18.2

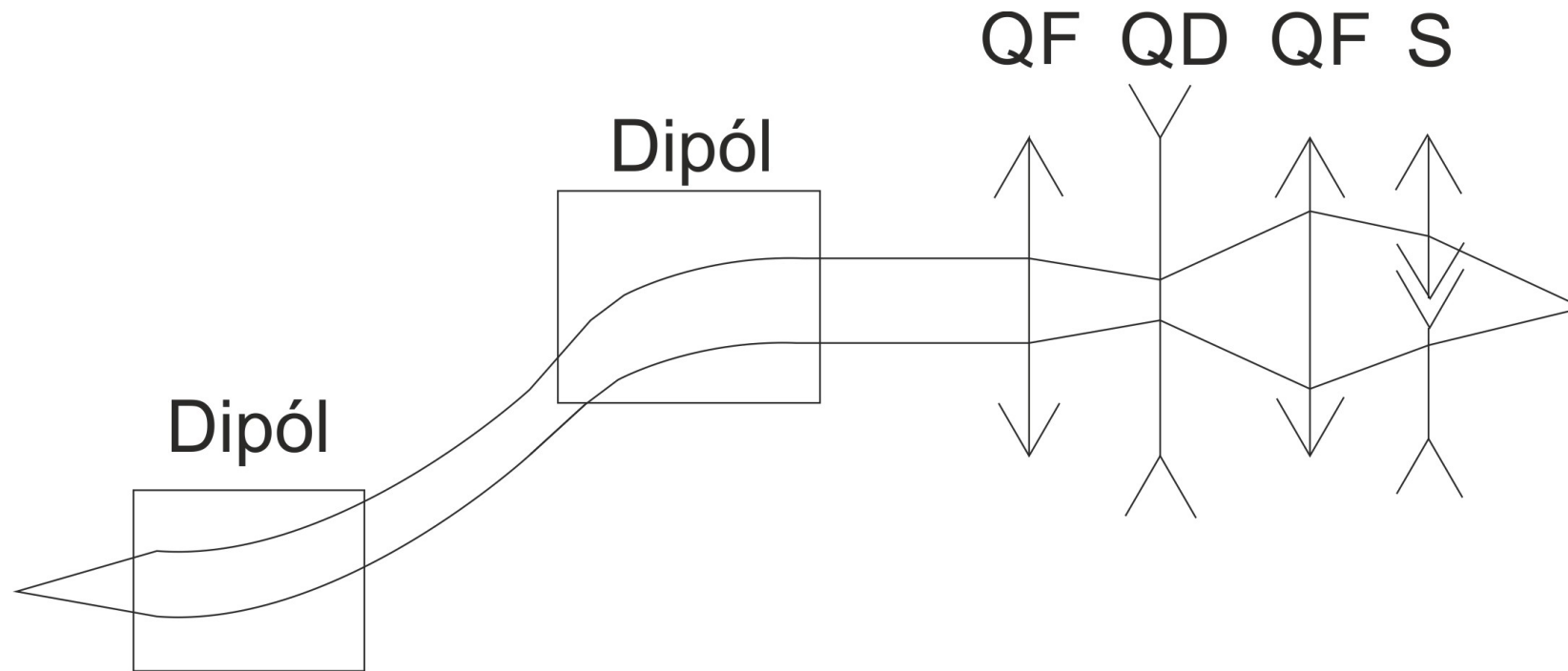
E [MeV]	g [T/m]
110	8.8
105	7.2
100	5.8
95	4.2
90	3.0
85	0
80	-1.2
75	-2.6
70	-4.8
65	-7.0
60	-9.0

Prostorový čirp

- Rozdělení energií dipólovým magnetem
- Optimalizace drah



Fokusační optika - shrnutí



Reference

E. Esarey, C.B. Schroeder, and W. P. Leemans: Physics of laser-driven plasma-based electron accelerators, Rev. Mod. Phys. 81 (2009) 1229

H. Wiedemann: Particle accelerator physics, Springer, 2007, ISBN 3 540 49043 2