

Doğrusal Hızlandırıcı Tasarımı

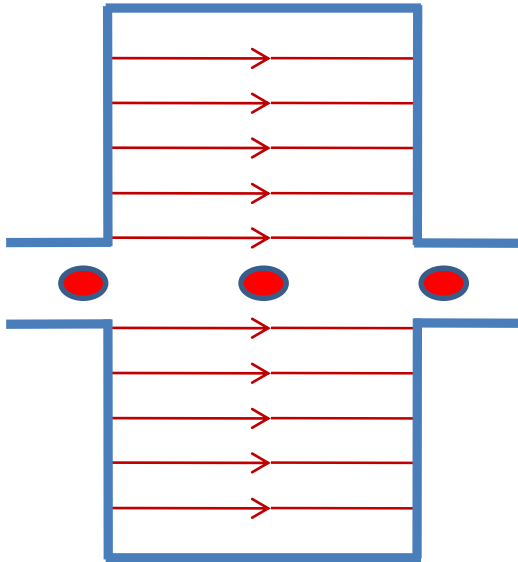
- **Kovuk Tasarımı**

- 1) Kovuk içerisinde istediğimiz alanları verecek geometriyi buluyoruz.
- 2) Kovuk duvarlarında kaybolan enerjiyi en az indir, kovuk içerisinde depolanan enerjiyi en yükseğe çıkar.

- **Demet dinamiği tasarımı**

- 1) Parçacıklarla alanlar arasında ki eşzamanlılığı sağla,
- 2) Demetin en küçük alana sıkıştırılıp hızlandırıldığından emin ol.

Enerji kazancı:



$$\Delta W = qE_0LT \cos(\phi)$$

Kovuk tasarımında önemli parametreler

Eksen üzerinde oluşan en yüksek alanların ortalaması

- Eşzamanlı parçacığın hareket ettiği eksendir.
- Hızlandırma için en yüksek ne kadar elektrik alanımız olduğunun göstergesidir.
- Kovuk geometrisine, kovuk kipine, ve RF frekansına bağlıdır.

$$E_0 = \frac{1}{L} \int_0^L E(0,0,z) dz$$

Shunt Impedance

- Ortalama elektrik alanın karesinin birim uzunlukta kovuk duvarlarında harcanan gücüce oranıdır.
- RF gücünün yararlı bölgede (parçacıkların geçtiği bölgede) ne kadar iyi toplandığını gösterir.

$$Z = \frac{E_0^2}{P/L}$$

Kalite faktörü (The Quality Factor), Q

- Kovuk içerisinde depolanan enerjinin bir periyotta kovuk duvarlarında harcanan enerjiye oranıdır.
- Geometriye ve yüzey direncine bağlıdır.
- 700 MHz te bir örnek
- Superiletken (niobium): $Q=10^{10}$ (sıcaklığa bağlı)
- Normal iletken (bakır): $Q=10^4$ (kovuk kipine bağlı)

$$Q_0 = \frac{2\pi \cdot \text{depolanan enerji}}{\text{bir periyotta harcanan enerji}} = \frac{2\pi U}{TP_0} = \omega \frac{U}{P_0}$$

The Transit Time Factor, T

- Değişen alanların etkisini içinde barındıran katsayıdır.
- Hızlanma boşluğunun uzunluğuna ve parçacıkların hızlarına bağlıdır.
(elektrik alana bağlı değil)

$$T \equiv \frac{\int_{-L/2}^{L/2} E(0, z) \cos \omega t(z) dz}{\int_{-L/2}^{L/2} E(0, z) dz}$$

Ödev: Transit time factor

Exercise:

Calculate the TTF for a pillbox cavity where $E_z = E_0$

L = gap length

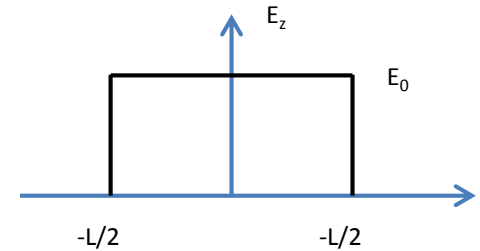
β = reduced velocity

λ = RF wavelength

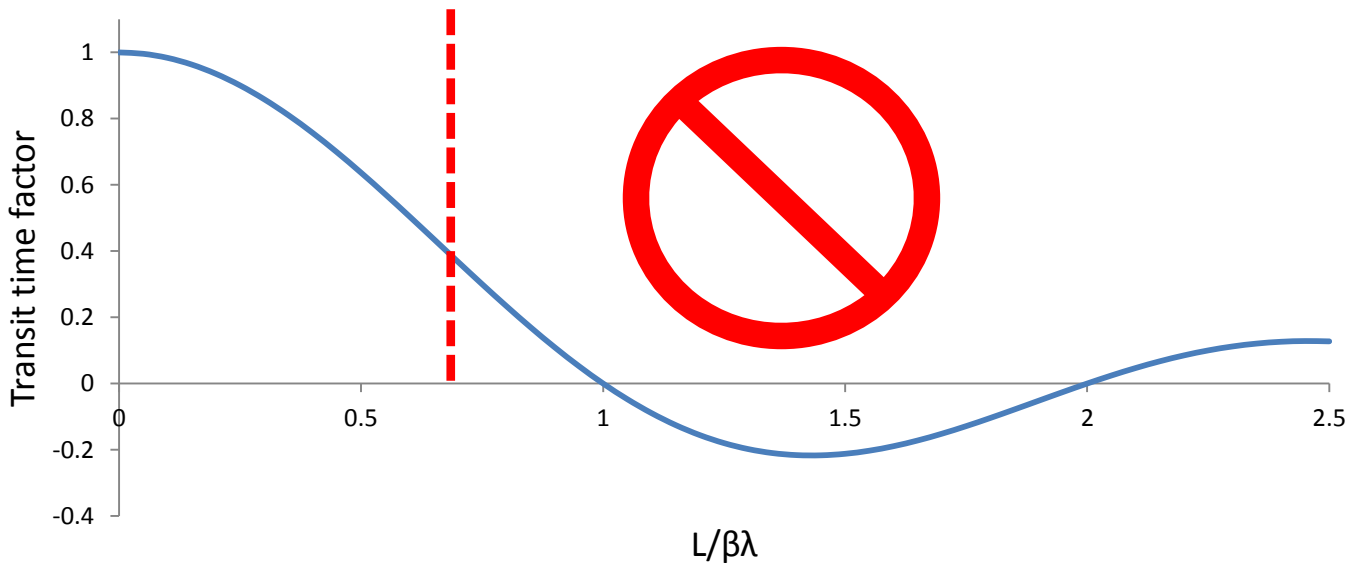
Distance travelled during one RF period: $\beta c / f = \beta \lambda$

(hızın sabit olduğunu varsay)

$$z = v \cdot t = \beta c \cdot t$$



$$T = \frac{\sin \frac{\pi L}{\beta \lambda}}{\frac{\pi L}{\beta \lambda}}$$



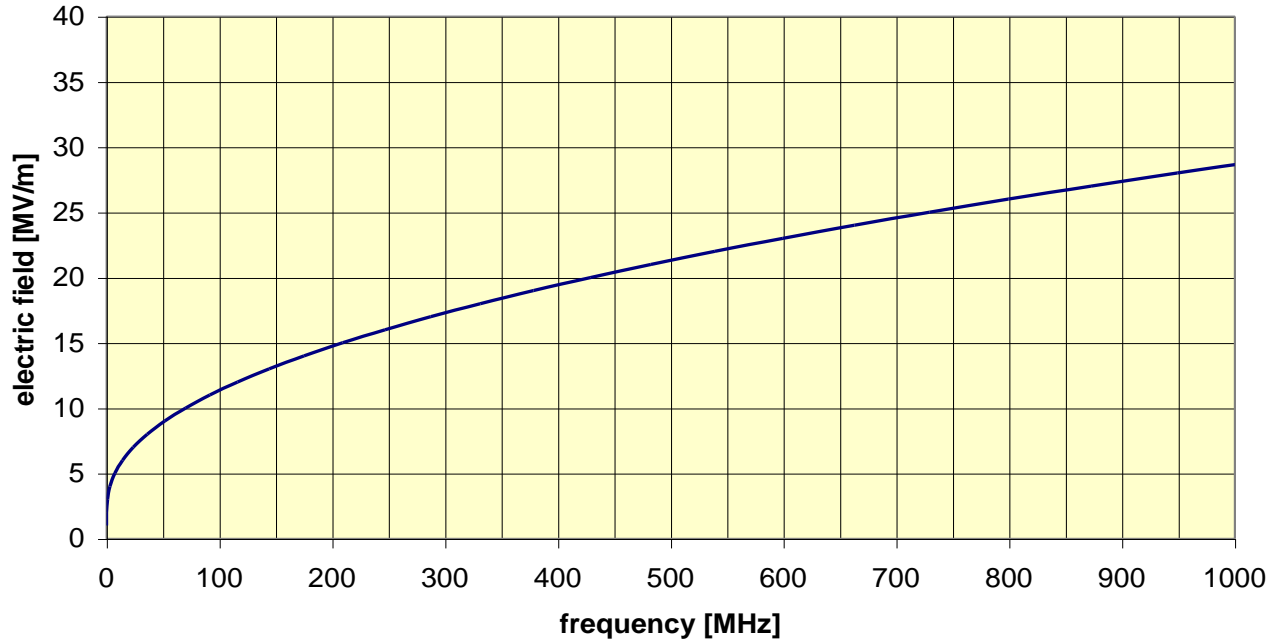
Effective Shunt Impedance

- Hızlandırıcı tasarlarken bıkılabilecek daha pratik bir parametre.
- Parçacıkların enerji kazanımı ile kovukta birim uzunlukta harcanan güç arasında bir ilişki verir.
- Shunt Impedance bize kovuğun optimize edilip edilmediğini verir. Effective shunt impedance ise bize kovuğun optimize edilip edilmediğini ve yapının demetin enerjisine uygun olup olmadığını verir.

$$ZT^2 = \frac{(E_0 T)^2}{P_0 / L}$$

Kilpatrick sınırı

Kilpatrick field



$$f = 1.64 * E^2 * \exp\left(\frac{-8.5}{E}\right)$$

Yüzey alanı = (cesaret katsayısı) * E_k

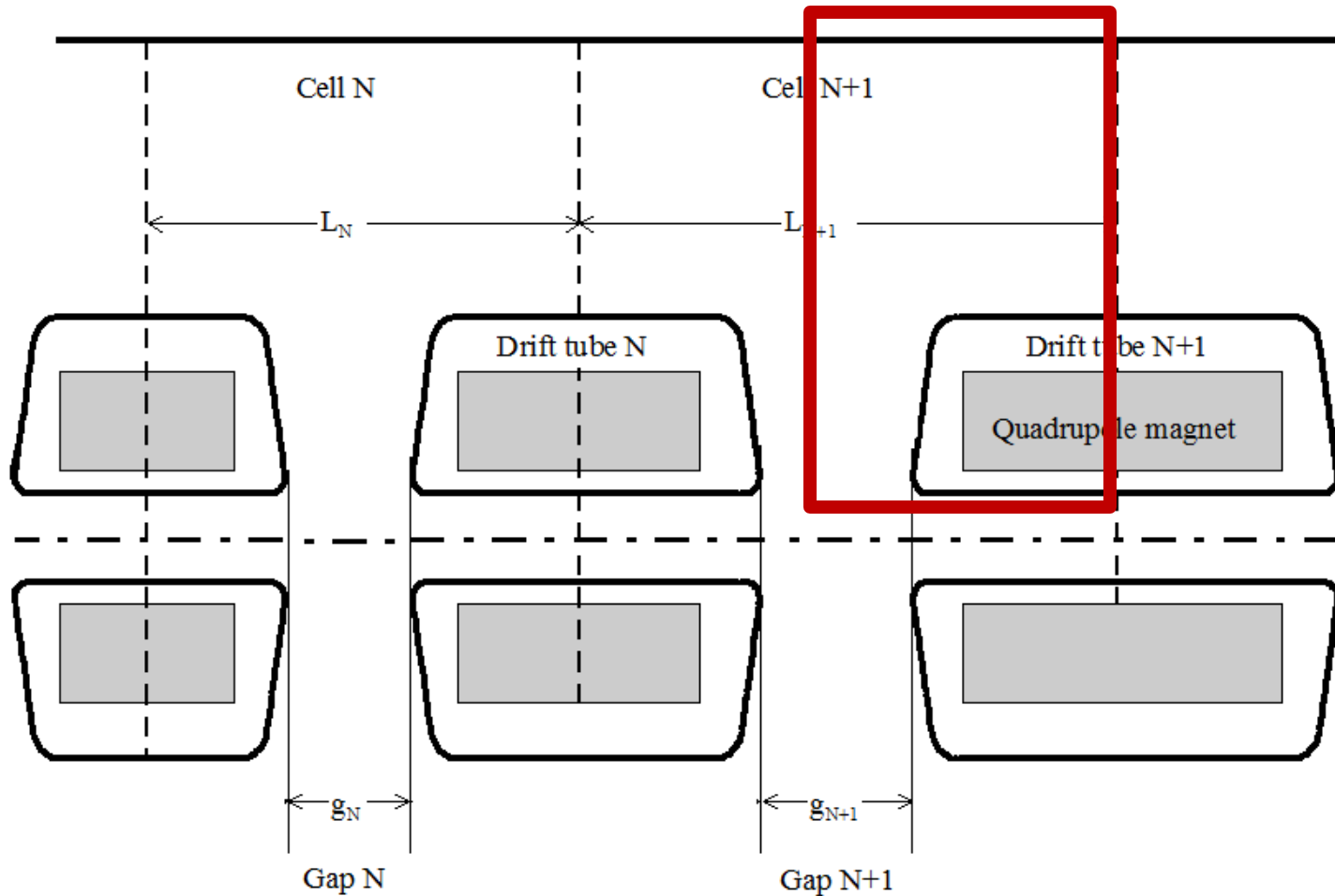
W.D. Kilpatrick 1950 lerde

Günümüzde yüzey alanı 2*(Kilpatrick alanı)na kadar çıkabilir.

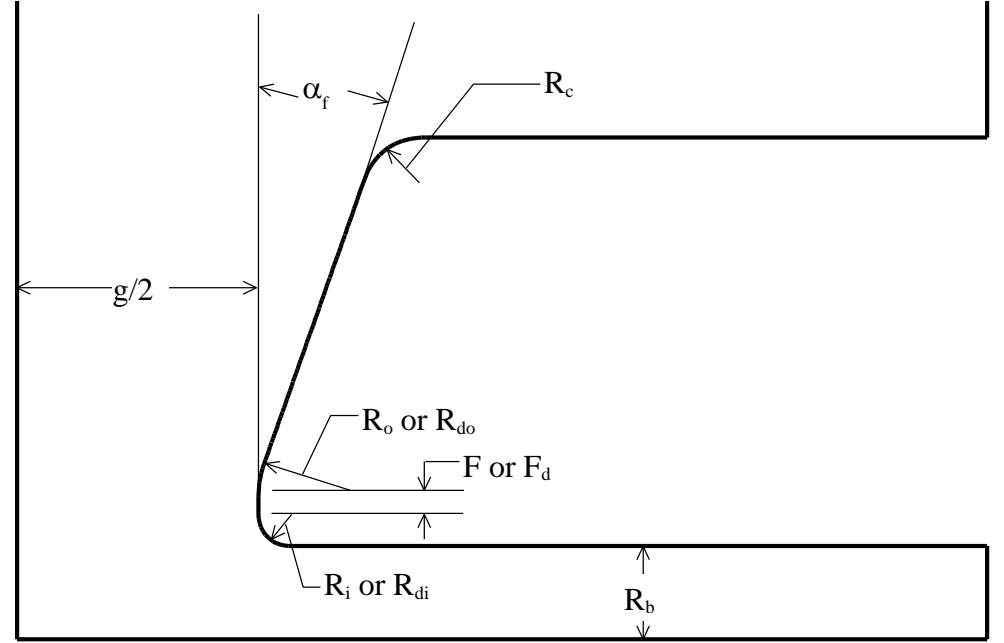
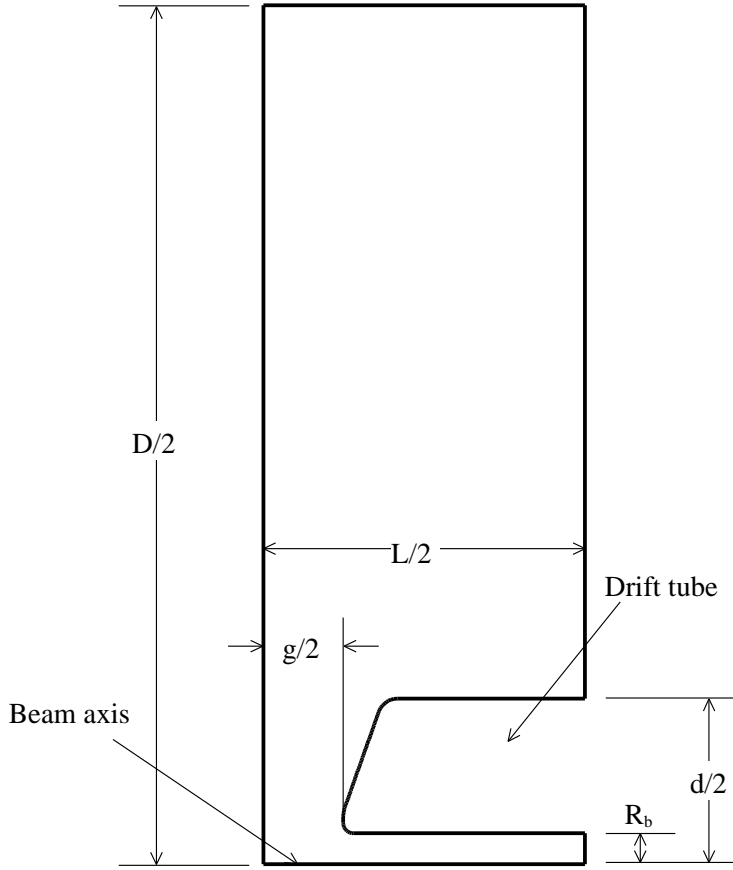
Başka nelere dikkat edilir

- Demetin akımı
- Mekanik olarak üretim kolaylığı
- Üretim sırasında hassasiyet (bazı yapılarda küçük hatalar büyük elektrik alan bozulmalarına sebep olabilir)

DTL- Sürüklenme tüplü doğrusal hızlandırıcı



DTL - Hücre yapısı



- İç burun yarıçapı
- Dış burun yarıçapı
- Açıklık yarıçapı
- Köşe yarıçapı
- Sürüklenme tüpü çapı. ¹³

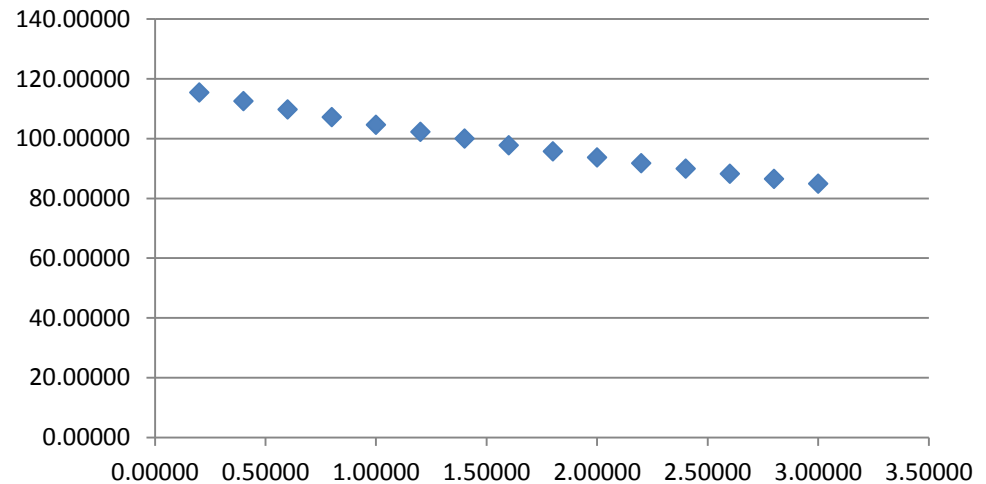
Sap (stem) çapının etkisi Effect of Stem Diameter

A cell at 3MeV (Beta=0,07973)

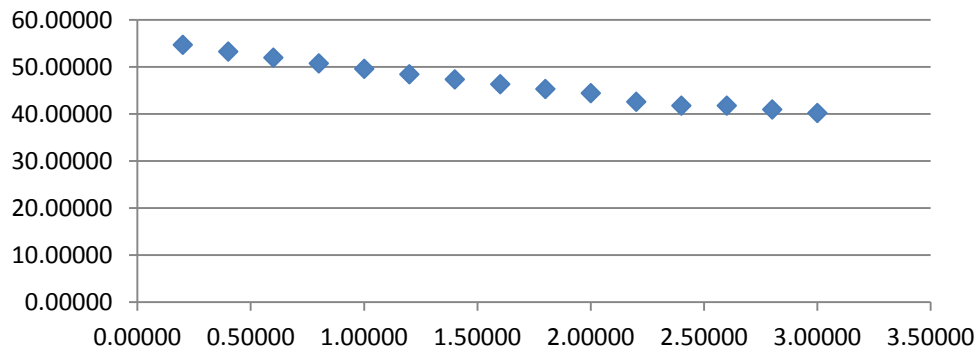
- We should choose the stem diameter as small as possible.
- We have physical limitations:
 - They must hold drift tubes
 - They supply cooling water to drift tubes

Linac4 Stem diameter= 2.8cm

Shunt impedance (MOhm/m) vs Stem Diameter (cm)



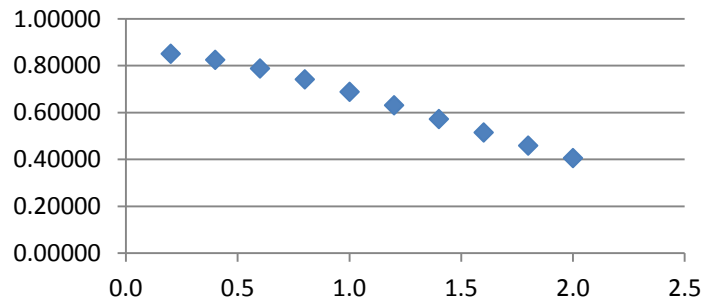
Z*T*T (MOhm/m) vs Stem Diameter(cm)



Stem diameter does not affect the transit time factor. T is a function of E inside the gap and particle beta.

Açıklık yarıçapının etkisi

Transit time factor vs. Bore Radius (cm)



A cell for 3 Mev (Beta=0,079)

-We should choose bore radius as small as possible.

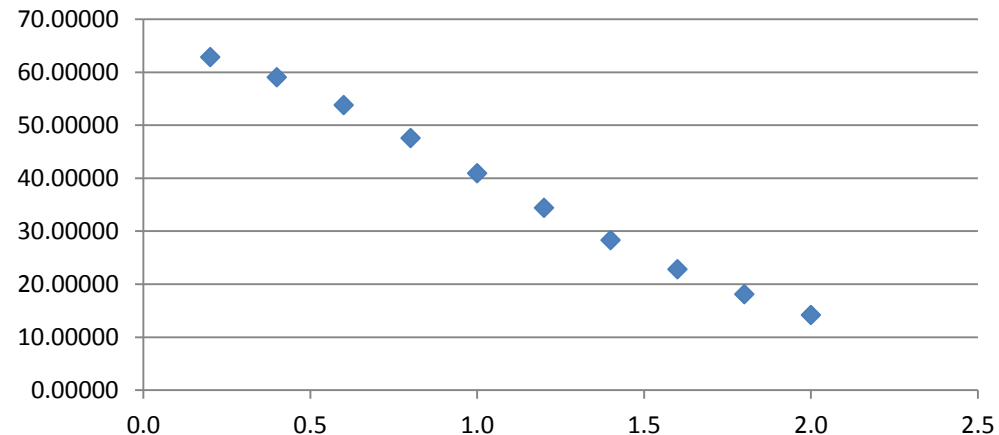
-We have physical limitations:

-Beam passes through drift tubes and bore diameter must be bigger than the largest beam size.

Shunt Empedance is almost constant for different bore radius values

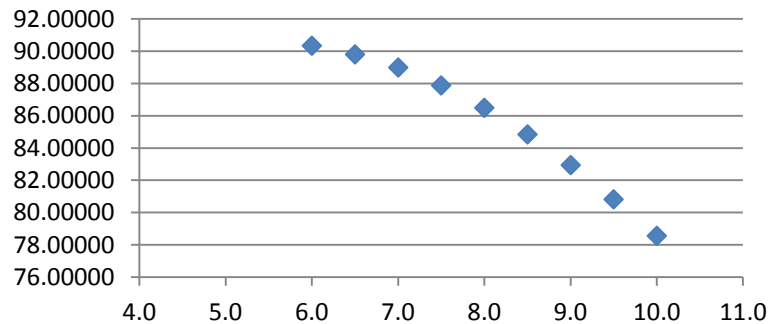
Linac4 bore radius= 1 cm

Z*T*T (MOhm/m) vs. Bore Radius (cm)



Sürüklenme tüpü çapının etkisi

Shunt impedance (M Ω /m)
vs. Drift tube Diameter (cm)



Transit time factor is almost constant for different drift tube diameter values

Linac4 drift tube diameter= 9 cm

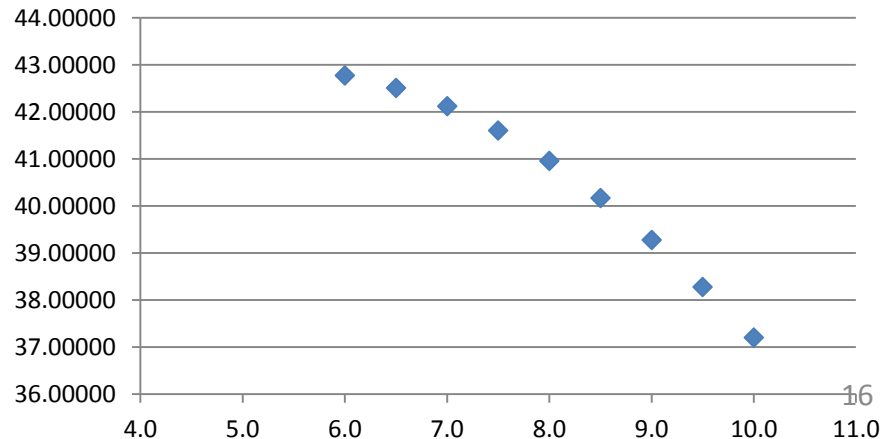
A cell for 3 Mev (Beta=0,079)

-We should choose drift tube diameter small as possible.

-We have physical limitations:

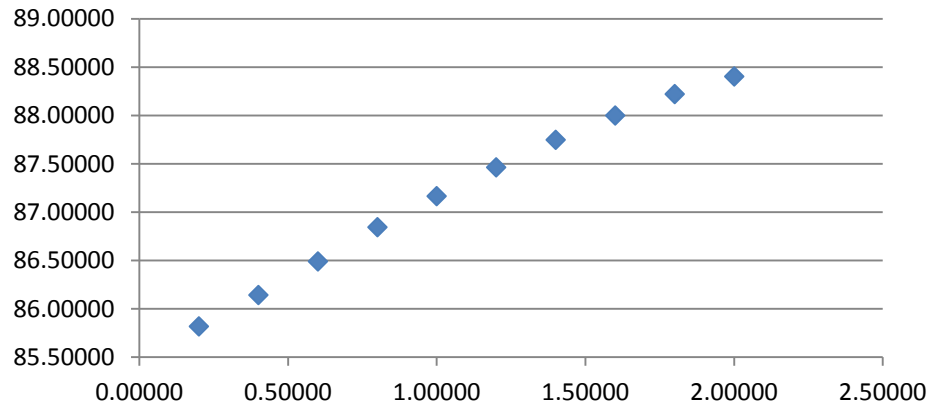
-Inside drift tubes, there are quadrupole magnets to focus the beam. We need strong permanent magnets, they have to be in specific size.

Z*T*T (M Ω /m) vs. Drift tube Diameter (cm)



Köşe yarıçapının etkisi

Shunt impedance (M Ω m/m) vs.
Corner Radius (cm)



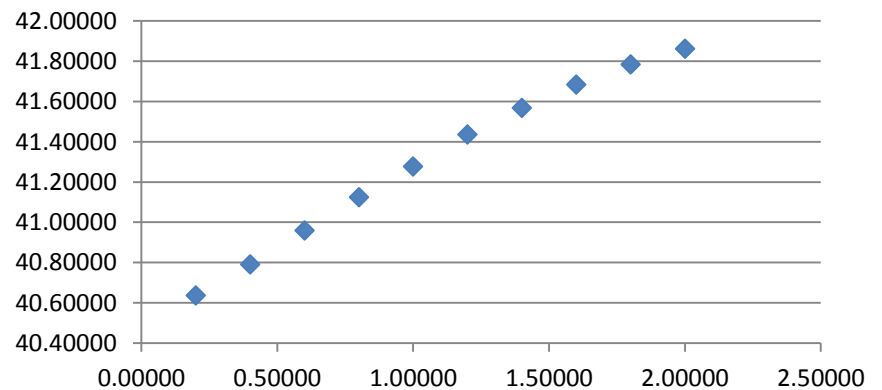
A cell for 3 Mev (Beta=0,079)

-We should choose corner radius as big as possible.

-We have physical limitations:

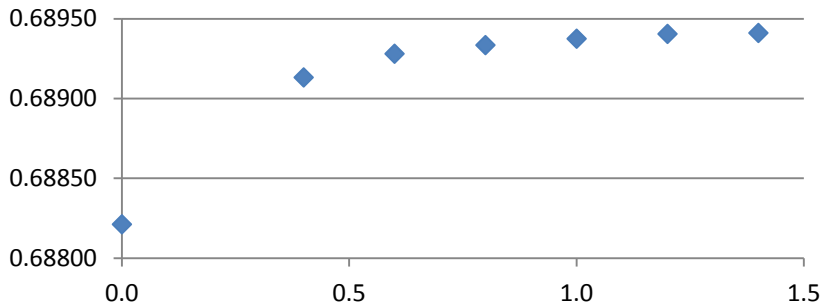
-Big corner radius will result in smaller place for quadrupole magnets inside drift tubes

Z*T*T (M Ω m/m) vs. Corner
Radius (cm)



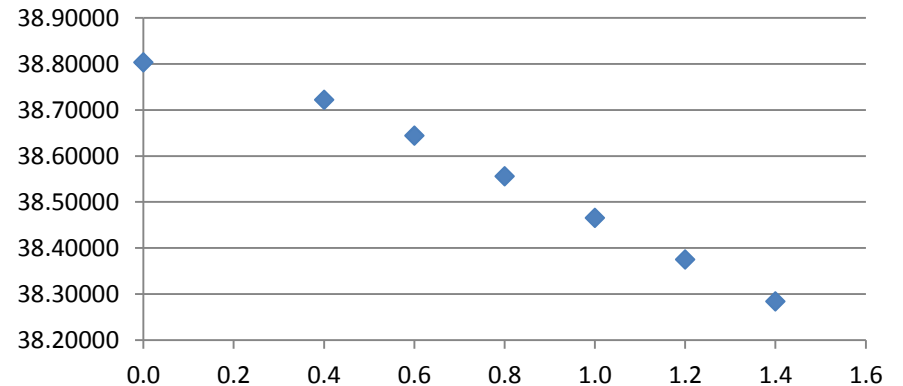
Düz uzunluğun etkisi

Transit time factor vs. Flat Length
(cm)

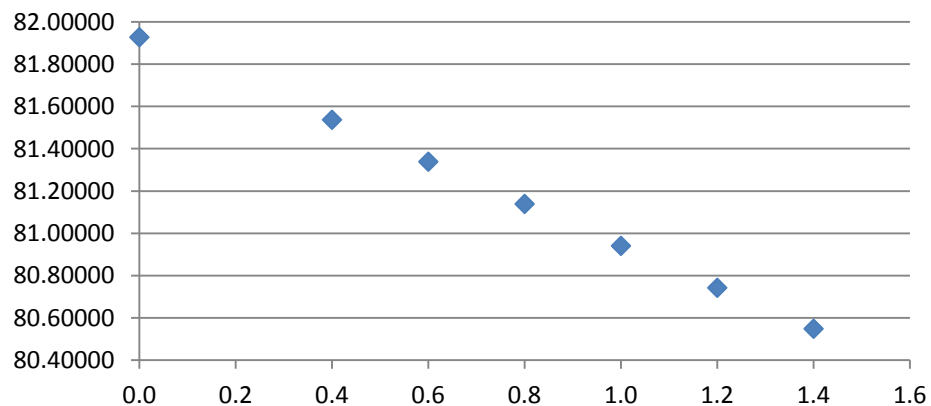


A cell for 3 Mev (Beta=0,079)

Z*T*T (MOhm/m) vs. Flat Length
(cm)

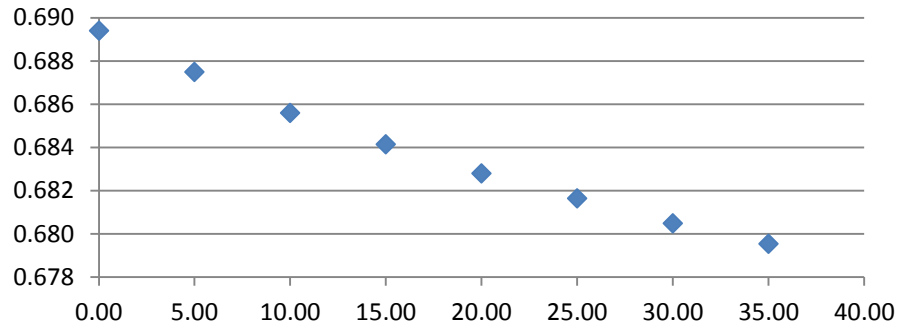


Shunt impedance (MOhm/m) vs. Flat Length
(cm)



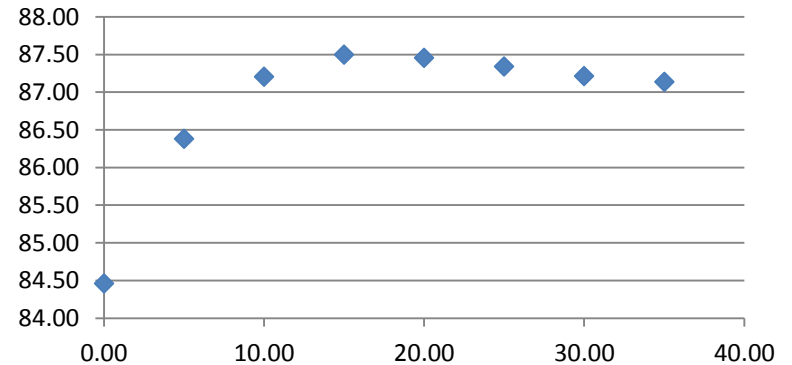
Yüz açısının etkisi

Transit time factor vs. Face Angle
(degree)

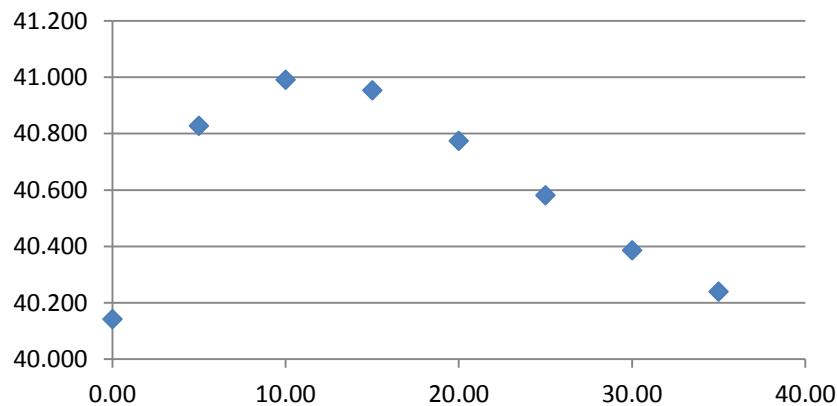


A cell for 3 Mev (Beta=0,079)

Shunt impedance (M Ω m/m)
vs. Face Angle (degree)

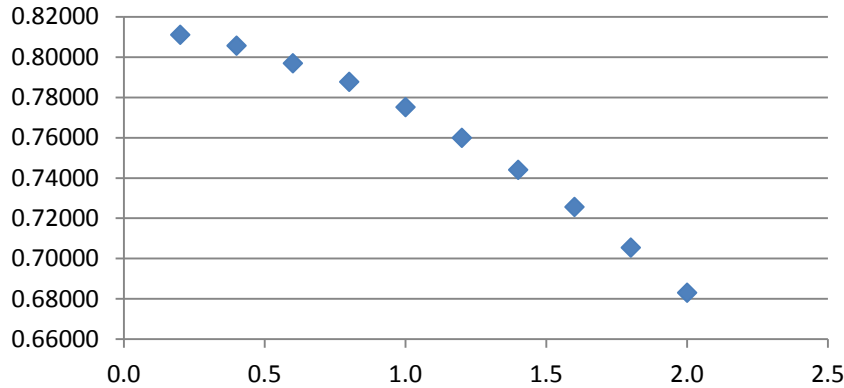


Z*T*T (M Ω m/m) vs. Face Angle
(degree)



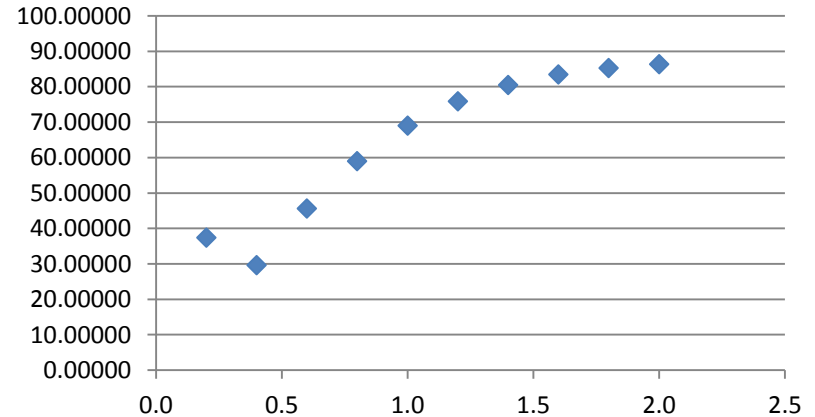
Hızlanma boşluğu uzunluğunun etkisi

Transit time factor vs. Gap Length (cm)

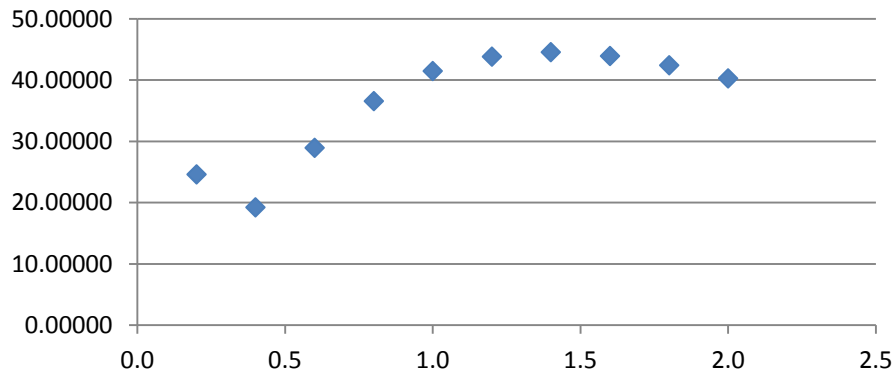


A cell for 3 Mev (Beta=0,079)

Shunt impedance (M Ω m/m) vs. Gap Length (cm)



Z*T*T (M Ω m/m) vs. Gap Length (cm)



- Tank çapı
- Sap çapı
- Açıklık yarıçapı
- Sürüklenme tüpü çapı
- Dış burun yarıçapı
- Köşe yarıçapı
- İç burun yarıçapı
- Yüz açısı
- Hızlanma boşluğu uzunluğu



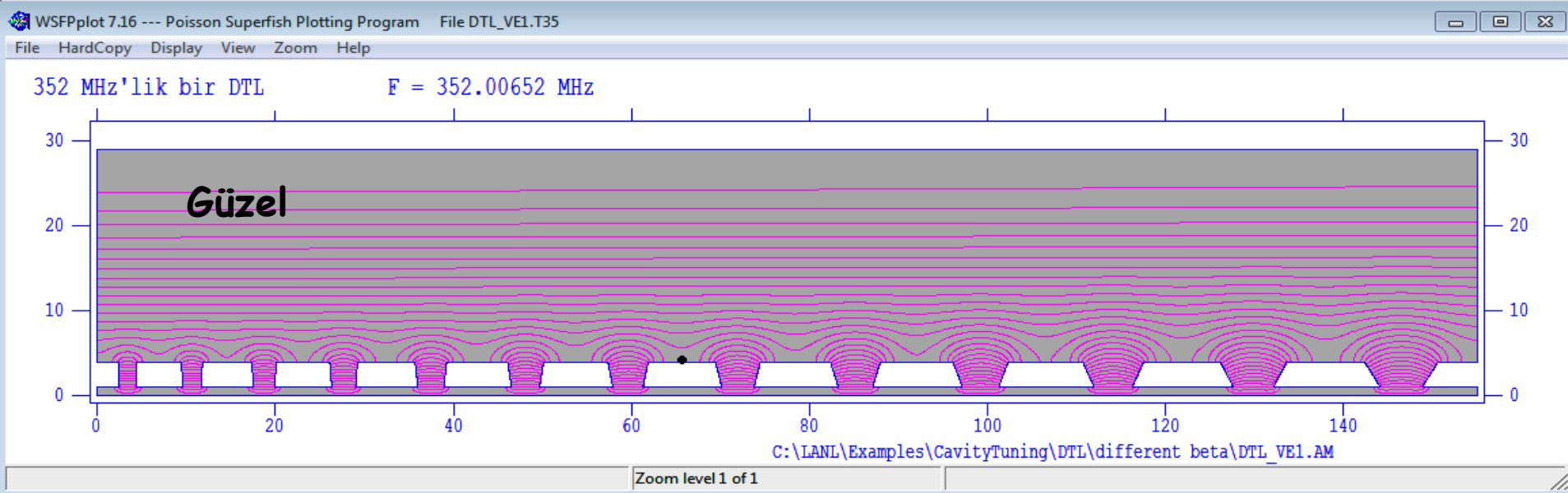
**Özgürlük
artıyor**

Design Procedure!!

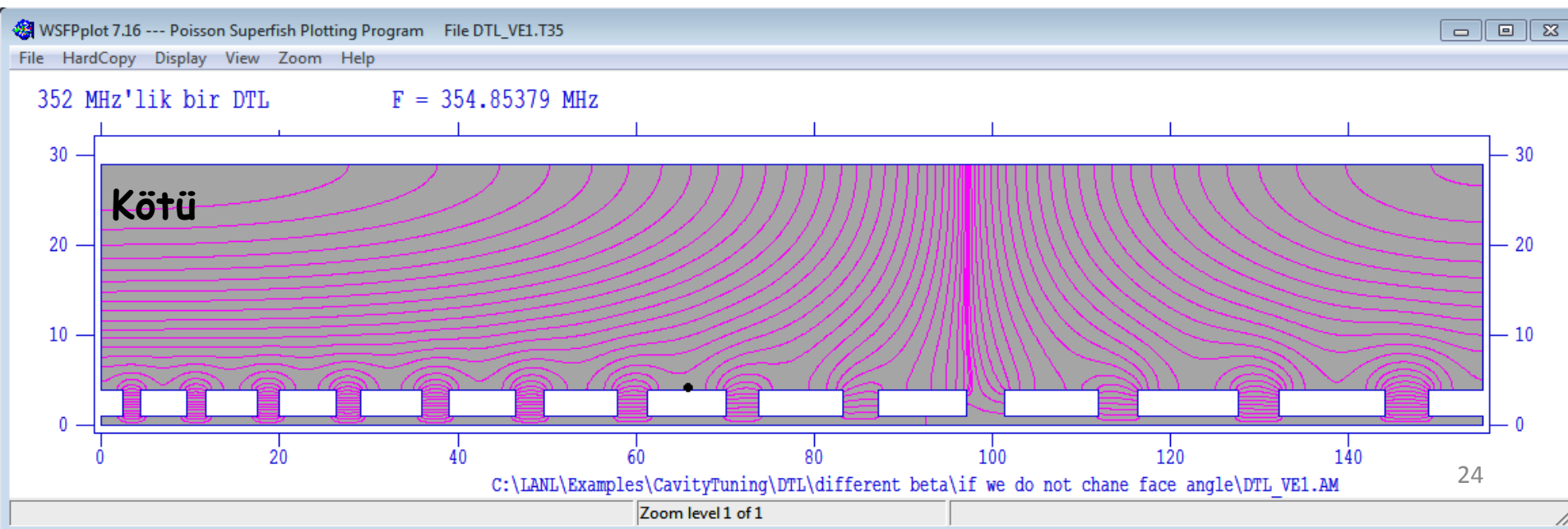
- Fiziksel kısıtlaması olan parametrelerinin değerlerini belirle.
- Geometriyi değiştir ve T, Z, ZTT için yüksek değerleri veren geometriyi bul. Bu işlemi değişik hızlar için tekrarla.

Tank boyunca yüz açısının değişimi

-Sürüklenme tüplerinin boyları uzadığı için, tank boyunca frekansı sabit tutmak için yüz açısının değerini arttırmak gerekebilir.



Eğer yüz açılarını değiştirmesek elektrik alanlar bozuk ve frekans tank boyunca sabit olmayabilir.



Tasarım için kullanacağımız programlar (superfish pakati içerisinde)

- **DTLfish:** DTL hücresinin 4te birini alıp optimize eder. Optimizasyon sırasında tank çapını, sürüklenme tüpü çapı, hızlanma boşluğu uzunluğu ve yüz açısını otomatik değiştirerek yapar.
- Optimizasyon sırasında baktığı parametre **frekans**tır. Hücrenin salınım frekansını girdi dosyasında belirttiğimiz frekansa ulaştırmaya çalışır.

DTLFISH girdi dosyası

```
hpfbu.dtl - Not Defteri
Dosya Düzen Biçim Görünüm Yardım

PARTICLE          H+
InitialEnergy     5
FILENAME_prefix   HPFBU2015
SEQUENCE_number   1
FREQUENCY         750
BETA              0.10282654
DIAMETER          25
G_OVER_beta_lambda 0.2
E0_Normalization  5
CORNER_radius     0.3
INNER_nose_radius 0.2
OUTER_nose_radius 0.2
FLAT_length       0.6
STEM_Diameter     1.5
DRIFT_TUBE_Diameter 6
STEM_Count        1
BORE_radius       0.8
PHASE_length      180
DELTA_frequency   0.01
MESH_size         0.05
INCREMENT         2
START             2

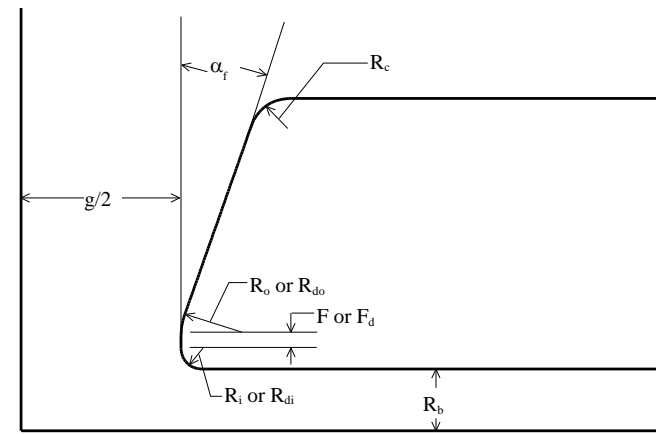
; Start codes for DTLFISH:
; 1 No tuning
; 2 Adjust tank diameter
; 3 Adjust drift tube diameter (not recommended)
; 4 Adjust gap
; 5 Adjust face angle

DIAMETER PREVIOUS
BETA 0.105
START 5

DIAMETER PREVIOUS
BETA 0.111
START 5

DIAMETER PREVIOUS
BETA 0.112
START 5

ENDFILE
```



- PARTICLE: parçacık türü
- InitialEnergy: DTL tankının başlangıç enerjisi (DTLFISH kullanmıyor fakat başka program tarafından kullanılıyor!)
- FILENAME_prefix: çıktı dosyası yazılacağına verilecek isim.
- SEQUENCE_number: ?
- FREQUENCY : Tasarımı yaptığımız RF frekansı
- BETA : Tasarladığımız örnek hücrede parçacığın hızı
- E0_Normalization : E0 değeri (Eksende oluşan max alanların ortalaması)
- CORNER_radius Köşe yarıçapı
- INNER_nose_radius İç burun yarıçapı
- OUTER_nose_radius :dış burun yarıçapı
- FLAT_length :düz uzunluk
- STEM_Diameter :sap çapı
- DRIFT_TUBE_Diameter :sürüklenme tüpü çapı
- STEM_Count :bir tüpü tutan sap sayısı
- BORE_radius açıklık yarıçapı
- PHASE_length : yarım hücre için faz farkı (kipin yarısı) DTL için 180.
- DELTA_frequency :İstedğimiz frekansa bu kadar yaklaşınca program duracak.
- MESH_size 0.05
- INCREMENT 2
- START

Kullanma kılavuzundan

Keyword	Symbol	Description
INITIALEnergy	W_i	Initial energy of a DTL tank used by program DTLCeils.
BETA	β	Particle velocity relative to the speed of light.
LENGTH	L	Cavity length [cm].
DIAMeter	D	Cavity diameter [cm].
BORE_radius	R_b	Bore radius [cm].
G_OVER_Beta_lambda	$g/\beta\lambda$	Ratio of gap length to $\beta\lambda$.
GAP_Length	g	Gap length between noses [cm].
E0_Normalization	E_0	E_0 value to use as the field normalization [MV/m].
EOT_Normalization	E_0T	Product of E_0T to use as the field normalization [MV/m].
CORNER_radius	R_c	Radius at the outer end of the face-angle segment [cm].
OUTER_nose_radius	R_o	Radius at the inner end of the face-angle segment [cm].
INNER_nose_radius	R_i	Radius near the bore [cm].
FLAT_length	F	Length of straight segment between the nose radii [cm].
FACE_angle	α_f	Drift-tube face angle relative to vertical [degrees].
DRIFT_TUBE_Diameter	d	Diameter of the drift tube at its midpoint [cm].
PHASE_length	$\Phi_{1/2}$	For a half cell [degrees] (default is 180 degrees).
STEM_Diameter	d_{stem}	Diameter of the drift-tube stem [cm].
STEM_Count	N_{stem}	Number of drift tube stems.
START	N_v	Starts a problem using current parameters.

Yardımcı programlar

- Parmila (şimdilik sadece hücre bolarını hesaplamak için): DTLfish te değişik hızlarda örnek hücreler oluşturuyoruz.
- Parmila örnek hücreleri alıp bizim programa girdiğimiz rf faz ilişkisine göre her hücrede hızlanmayı hesaplayıp hücre boylarını tek tek hesaplıyor.
- Bir hızkanma boşluğundaki hızlanma bir sonraki sürüklenme tüpünün uzunluğunu etkiliyor. Bu sebeple adım adım gidilmesi gerekir. (bu işlemi kendiniz de yapabilirsiniz)
- Parmila bu işlemi yapmak için örnek hücrelerin özelliklerine ihtiyaç duyar. Örnek hücrelerin geometrik parametrelerinin veya T, Z, ZTT gibi parametrelerinin doğrusal arttığı göz önünde bulundurulur ve gerçek hücrelerin özellikleri hesaplanır.
- Hesaplandıktan sonra gerçek hücrelerin özellikleri bir çıktı dosyasına yazılır.