

Demirci: Bir RFQ Tasarım Programı

Demirci Takımı:
Orhan akır, **Emre Çelebi**, Görkem Tremen,
Gökhan nel, Betül Yasatekin

Radio Frequency Quadrupole (Radyo Salınım 4 kutuplusu)

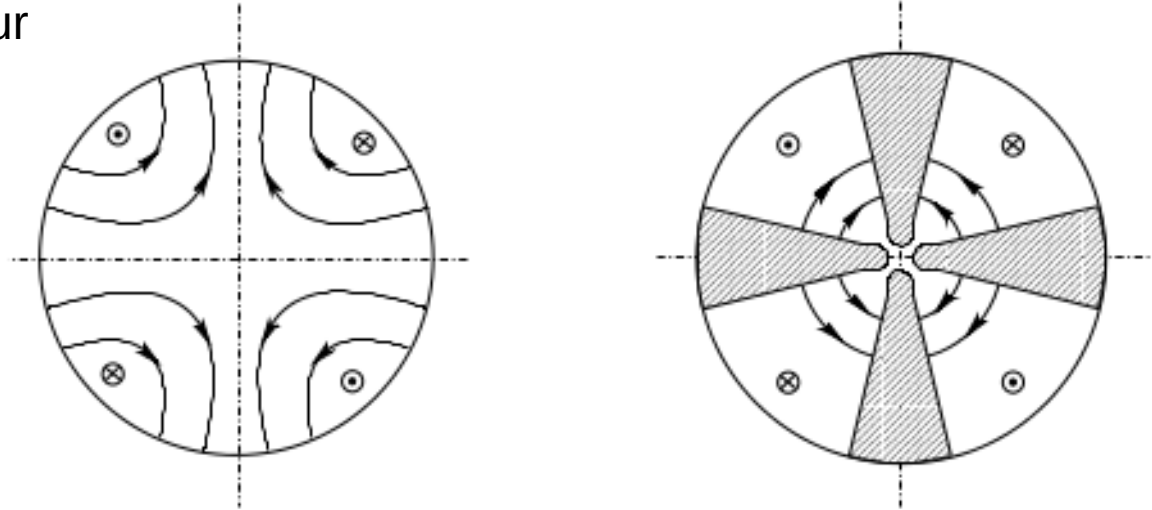
- İyon hızlandırmak için kullanılır.
- İyon kaynağından gelen sürekli demeti Bohçalar, Odaklar ve Hızlandırır.
- Düşük betada ($\beta=v/c$) etkilidir.
- Odacıklar, paçacıkların hızları arttıkça büyümektedir, bu yüzden elektron gibi hafif parçacıkları hızlandırmak için uygun değildir.

RFQ kovuđu çalışma kipi

RFQ TE210 kipinde çalıřan silindirik bir kovuđun 4 tane elektrot eklenmiř hali gibi dūřunūlebilir.

Soldaki řekilde silindirik bir kovukta TE210 kipi, sađda ise aynı kipi kanatlı tip RFQ için aldıđı hali gōrūyoruz.

Burada dōrt kant ucu arasındaki bōlge (demetin geçeceği yer) sadece elektrik alanları gōrmektedir.Yani bohalama, odaklama, hızlandırma hepsi elektrik alan sayesinde olur

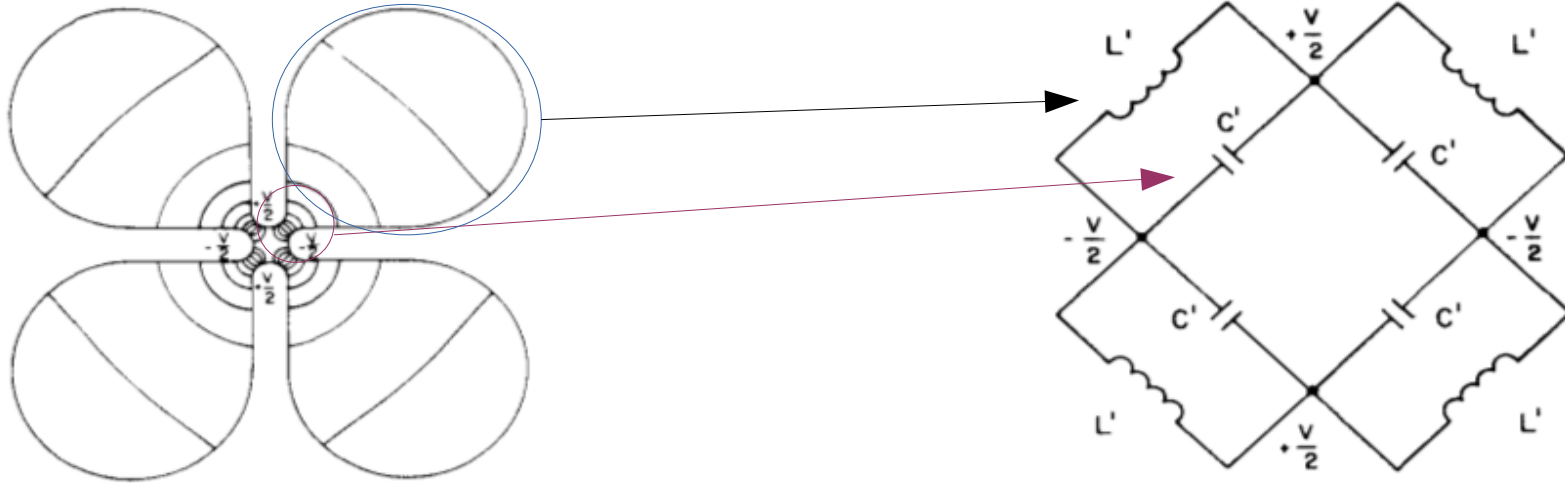


RFQ tasarım parametreleri

- Hızlandırılacak olan parçaçığın türü
 - P+ D+
- Çalışma Frekansı?
 - Kullanılacak olan RF güç kaynağının frekansı nedir?
- Giriş ve hedeflenen çıkış enerjisi nedir?
 - Giriş enerjisi ne kadar az ise bohçalama okadar hızlı olur.
- KP sınırından ne kadar uzaklaşılabilir?
- Odacık parametreleri nasıl olmalı?
 - Phi: Eşzamanlı faz nasıl değişmeli?
 - a : Kanat ucu demete ne kadar yaklaşmalı?
 - m : Kipleme nasıl olmalı?
 - V : Kanatlar arası gerilim ne kadar olmalı?

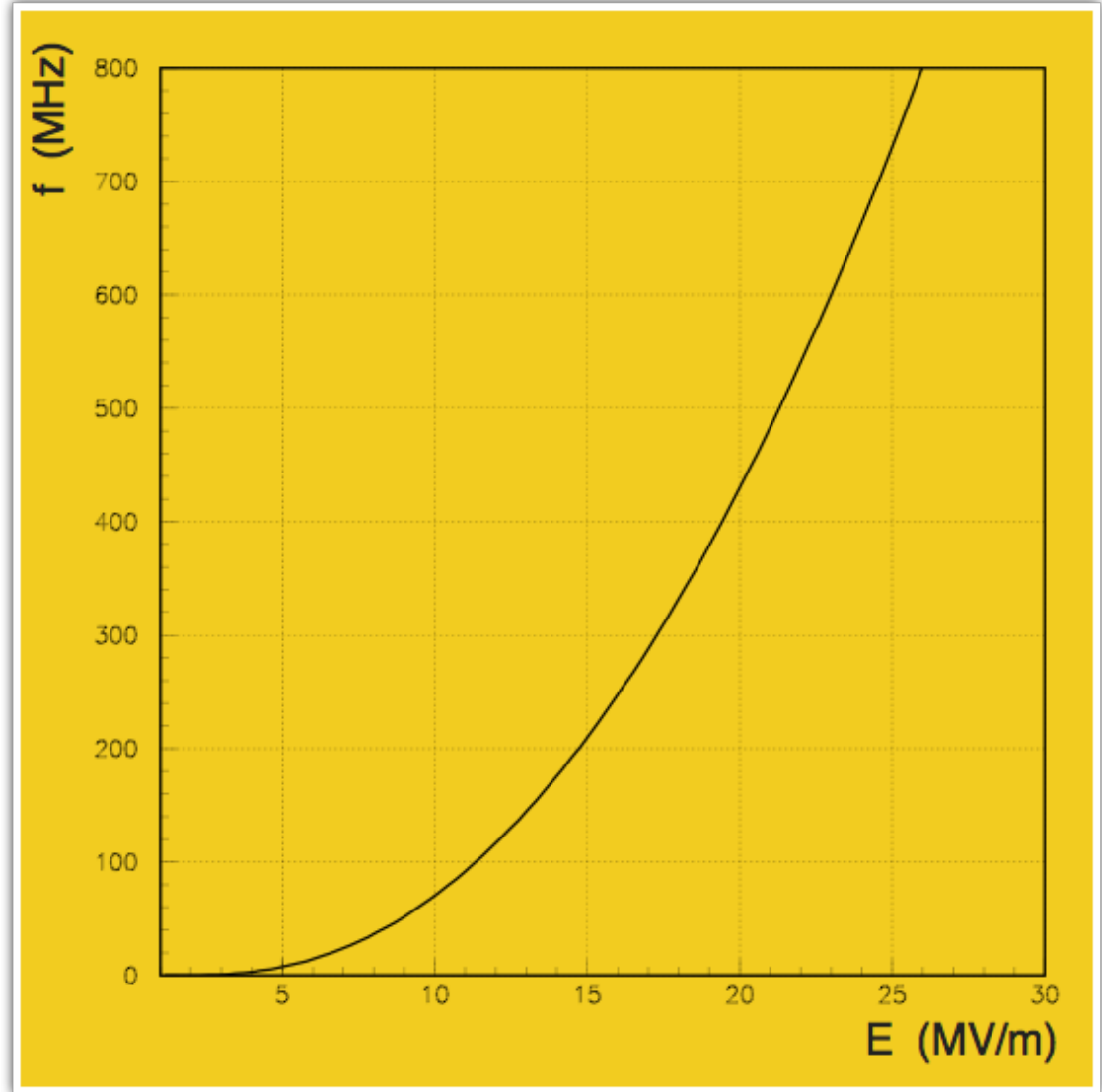
Çalışma Frekansı

- Genelde RF güç kaynağı seçildikten sonra çalışma frekansı bu güçkaynağının frekansı olarak belirlenir. Kovuk bu frekansta salınım yapacak şekilde tasarlanır.
- Frekans arttıkça kovuk küçülür dolayısıyla üretim hatalarına bağımlılığı artar.
- Çalışma frekansı basit bir elektrik devre şeması ile anlaşılabilir.



KP sınırı

- Bir kovukta oluşturulabilecek Elektrik alanın üst limiti RF bozunumu(RF Breakdown) ile sınırlıdır.
- Bu sınır Kilpatrick limiti olarak bilinir.
- $f = 1.64 E^2 \exp\left(-\frac{8.5}{E}\right)$.
- Bu sınıra olan uzaklık ise cesaret katsayısı olarak bilinir.



RFQ tasarımı yazılımları

- RFQ çalışmalarının başladığı yıllardan beri tasarım bilgisayar ile yapılmakta.
- RFQ konusunda var olan yazılımlar,
 - Lidos:Rusya'da geliştirilmiş yazılım, tasarım ve demet dinamiği benzetimi yapıyor, windows da çalışıyor, satın alınabilir.
 - Parmteq:ADB'de geliştirilmiş yazılım, tasarım ve demet dinamiği benzetimi yapıyor, windows da çalışıyor, satın alınması sorunlu.
 - RFQGEN: Parmteq benzeri bir RFQ tasarım programı.(Kişisel kullanıcı için 7500\$)
 - Benelos:Fransa'da CEA'nın yazılımı,tasarım yapıyor(muş),kaybolmuş.
 - Toutatis: Demet dinamiği benzetimleri yapıyor.

Demirci

- Demirci'nin sağladıkları
 - C++ kitaplık
 - Komut satırı arayüzü (CLI)
 - Grafik arayüzü
 - Parmteq,Lidos ve Toutatis ile etkileşme
 - Sonuçların grafik gösterimi(gnuplot ve ROOT)
- Demircinin çalıştığı işletim sistemleri
 - OSX
 - Linux(Fedora , Scientific Linux, Ubuntu)
 - Windows
 - Gerekenler: c++ ,GSL ,ROOT,gnuplot

Grafik Arayüzü

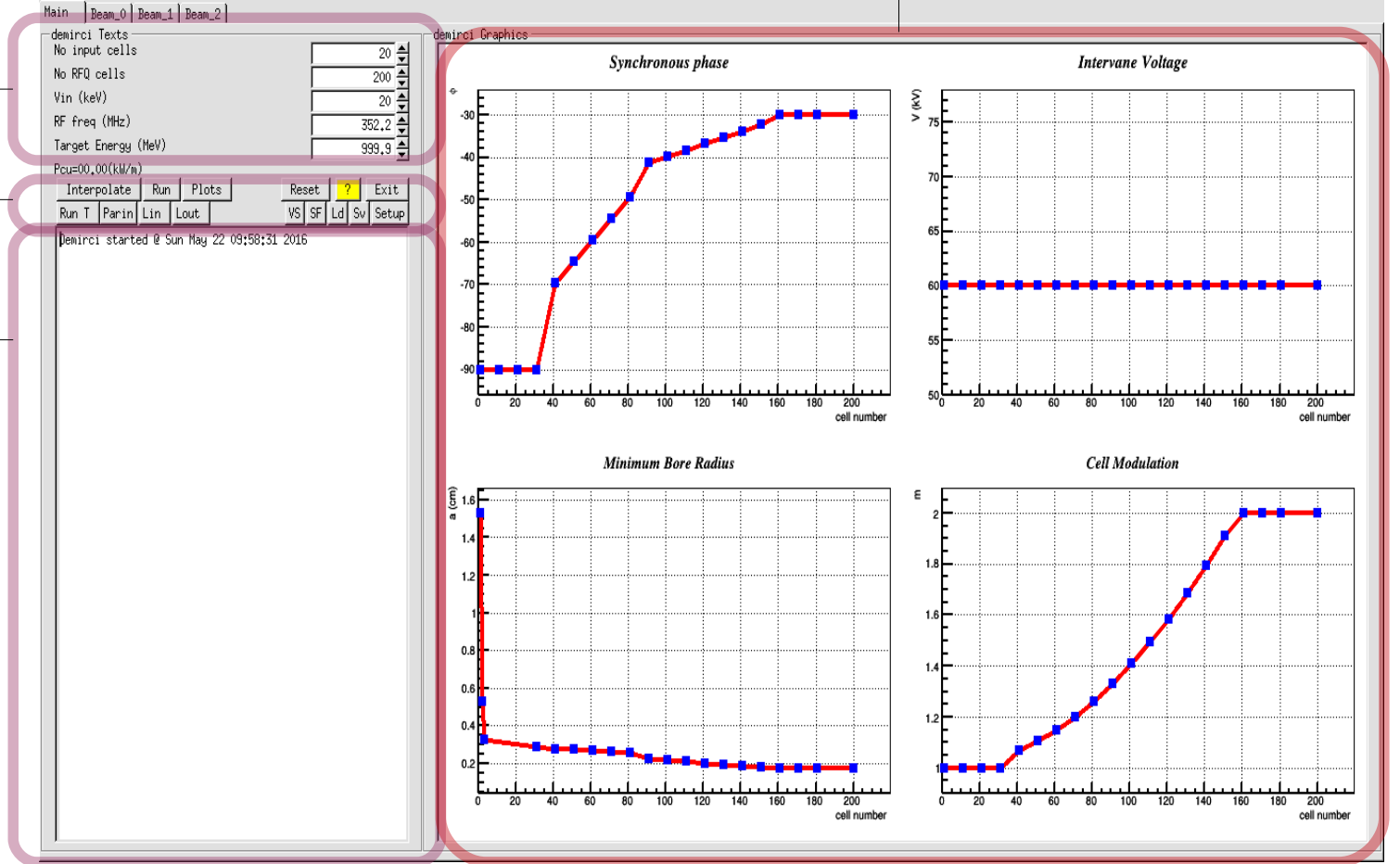
- ROOT ile bütünleşik olarak çalışan bir arayüz var.
- demirciGui.exe

Çizimlerle tasarım

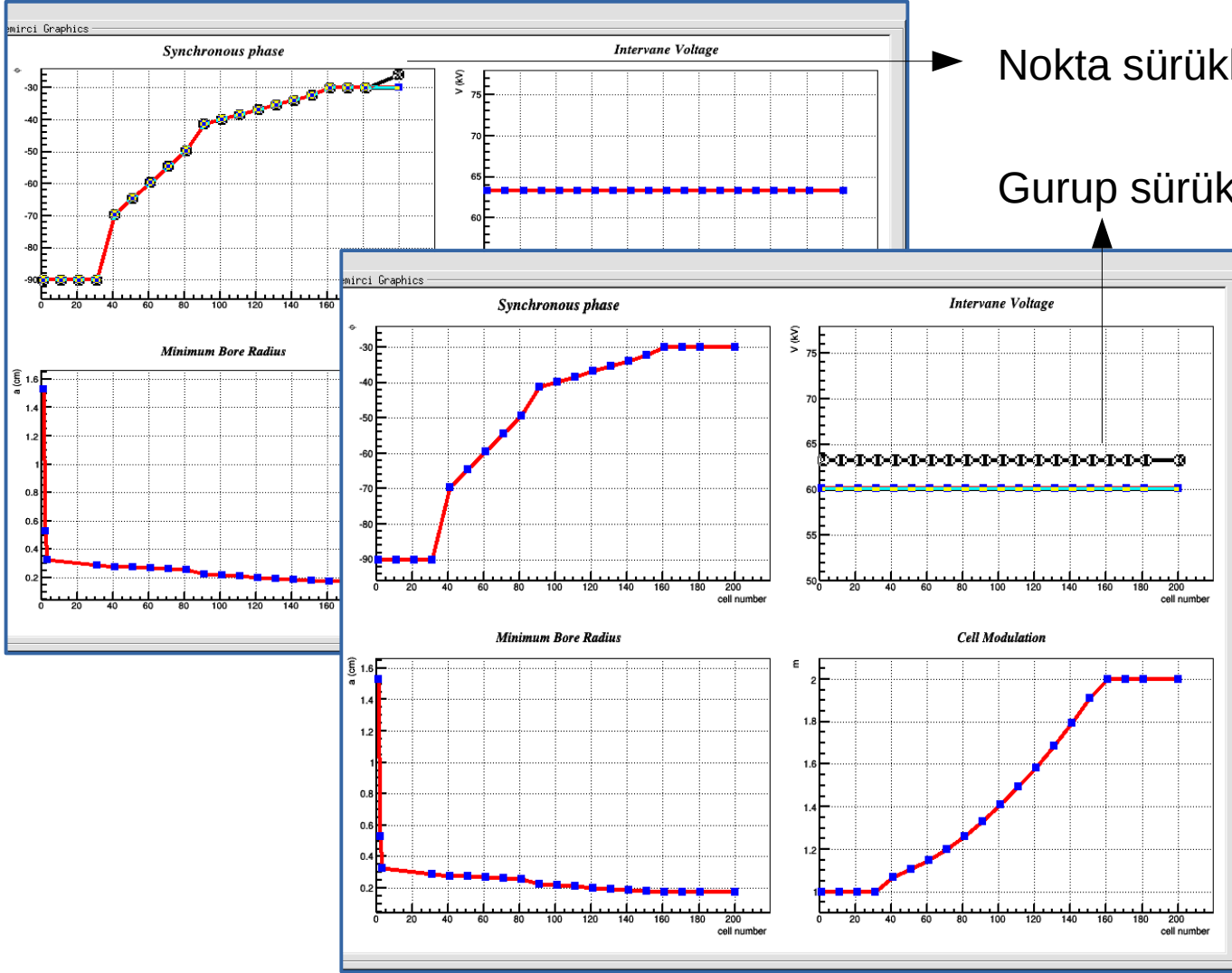
Genel Değişkenler

Komutlar

Çıktılar



Çizimlerle Tasarım



Nokta sürükleme

Gurup sürükleme

- Başlangıçta görülen tasarım fare ile değiştirilir

- Bütün bir eğri hareket ettirilebilir
- Noktalar tek tek oynatılabilir
- Temsil noktaları arasında doğrusal aradeğer hesabı yapar.

Genel Değişkenler

Tasarımdaki nokta sayısı

Toplam Odacık sayısı

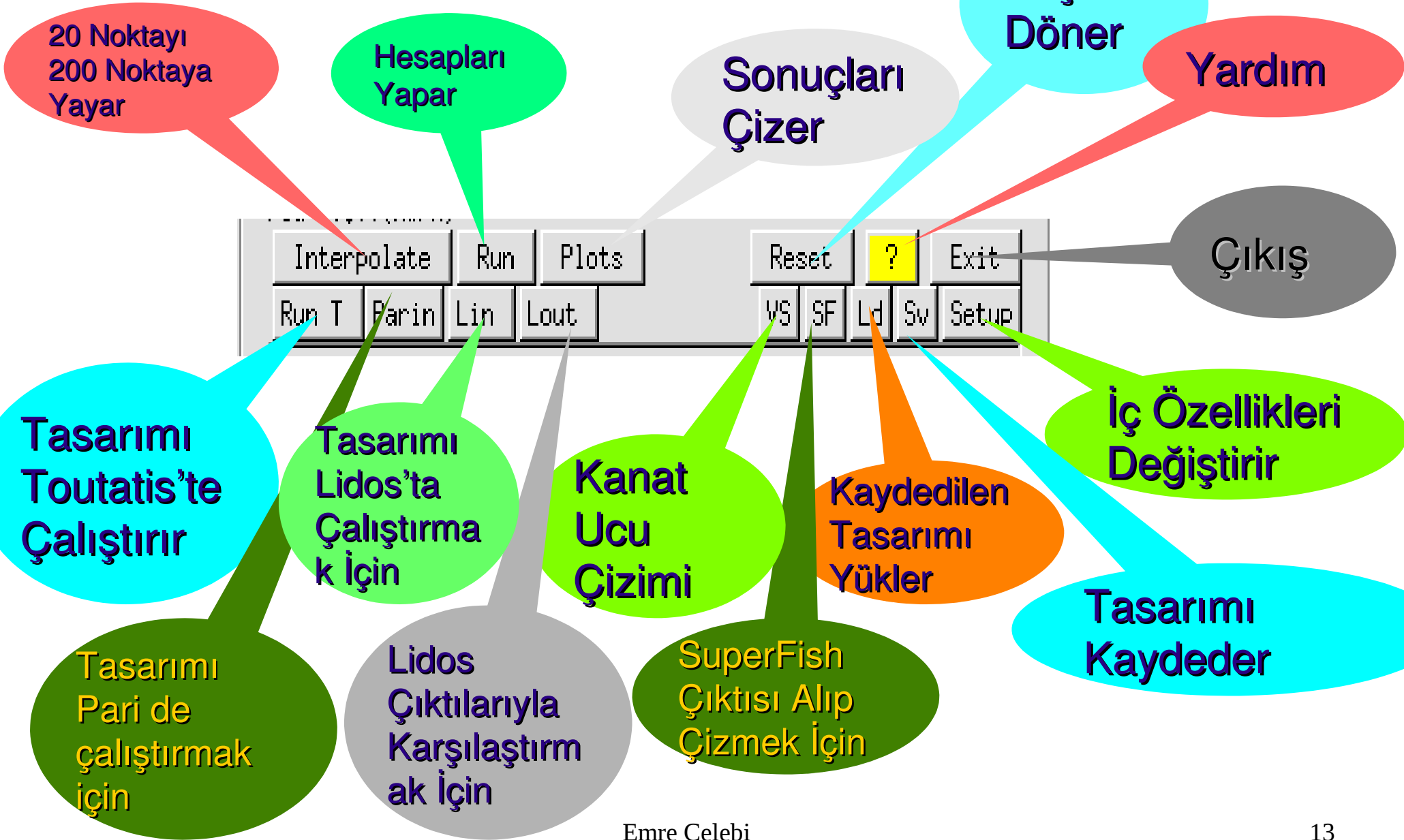
Giren Demetin Enerjisi

Çalışma Frekansı

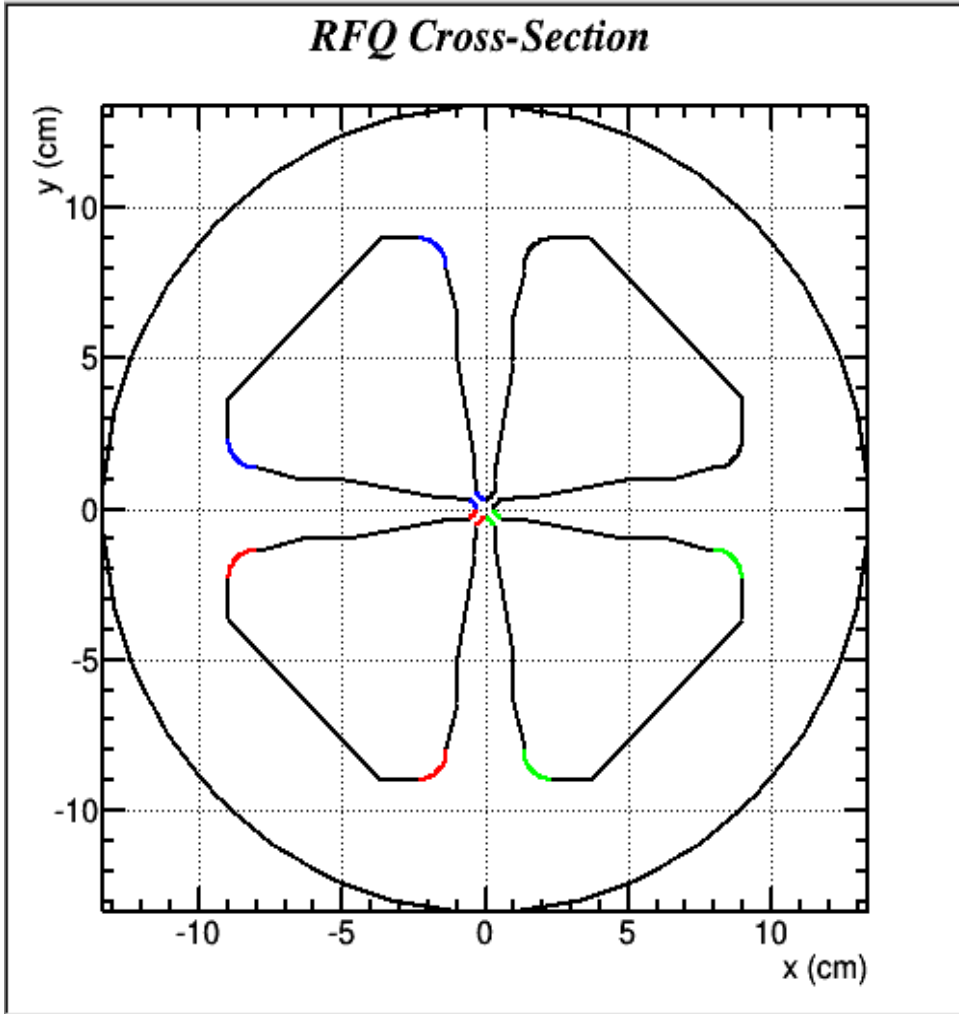
Hedeflenen Çıkış Enerjisi

GENERAL TEXTS	
No input cells	20
No RFQ cells	200
Vin (keV)	20
RF freq (MHz)	352.2
Target Energy (MeV)	999.9
Pcu=00.00(kW/m)	

Komutlar



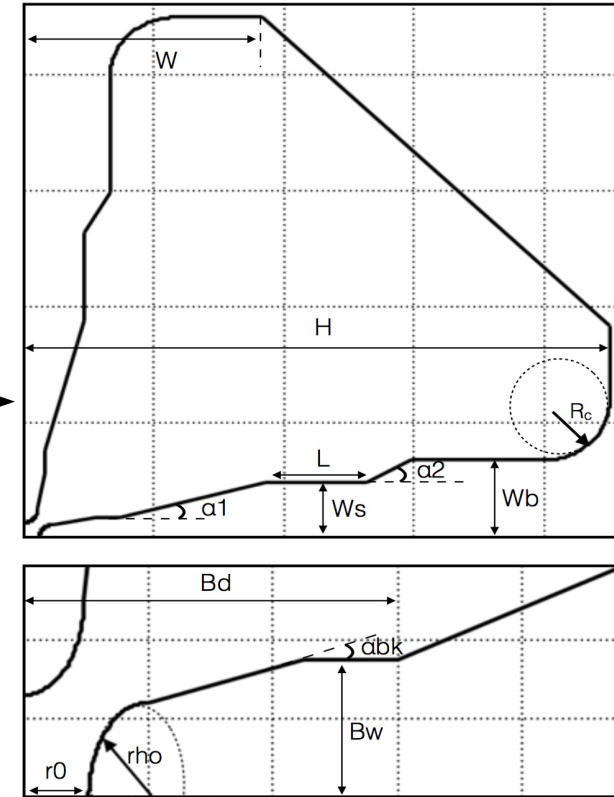
SuperFish etkileşimi ve Kovuk tasarımı



Bw 3,5
Bd 15
L 15,2
alfa_1 10
alfa_2 15
Rc 10
Ws 9,5
Wb 13,5
H 89,8
W 36,6
alfa_bk 10
Ncell 10
Draw ? Close

Kovuğun X-Y kesitini belirleyen değişkenler

Kullanıcı istediğinde değişkenlerin açıklamalarına ulaşabilir



SuperFish etkileşimi ve Kovuk tasarımı (devam)

- Kovuk tasarlandıktan sonra bu kovuğun benzetimini yapmak için SuperFish dosyası oluşturulur ve her çizimle yenilenir.
- Demirciden çıkan bu dosya başka değişiklik gerekmezsiniz SuperFish e verilip sonuçlar incelenebilir.
- Genelde bu bu dosyayı elle yazmak hem hataya açık hem de zaman alan süreç, bu şekilde parametreleri değiştirip sonuç görmek kolaylaşıyor.

İç Özellikler

Çizdirilecek sonuçlar buradan seçilir.

Pset 1	Pset 2
<input checked="" type="checkbox"/> Oda Uzunlugu (cm)	<input type="checkbox"/> A0, (kV/mm ² *100)
<input type="checkbox"/> Oda Konumu (m)	<input type="checkbox"/> Odaklama Verimi, X
<input type="checkbox"/> Beta (/10)	<input type="checkbox"/> Odaklama Gucu, B
<input checked="" type="checkbox"/> Demet Enerjisi (MeV)	<input type="checkbox"/> Dagitma Terimi, delta /(-10))
<input checked="" type="checkbox"/> Kiplenim	<input type="checkbox"/> Dagitma Etkeni, omega (/10)
<input type="checkbox"/> Kanat Gerilimi (kV /10)	<input type="checkbox"/> KanatUcu (en) Egrilik Yaricapi, rho (mm)
<input type="checkbox"/> Zaman (ns)	<input type="checkbox"/> Ortalama Eksenel Alan (MV/m)
<input type="checkbox"/> Eszamanli Evre	<input type="checkbox"/> Tepe Yuzey Alani (MV/m)/10
<input type="checkbox"/> Enaz Aciklik Yaricapi, a (mm)	<input type="checkbox"/> Tepe Yuzey Alani (*KP)
<input type="checkbox"/> Encok Aciklik Yaricapi, ma (mm)	<input type="checkbox"/> Ayirac Boyu (cm/(-10))
<input type="checkbox"/> Ortalama Aciklik Yaricapi (mm)	<input type="checkbox"/> Siga /Boy (pF/m)
<input type="checkbox"/> Hizlandirma verimi, A	<input type="checkbox"/> Evre ilerlemesi /Yineleme (o/T)
<input type="checkbox"/> A10, (kV *10)	<input type="checkbox"/> Evre ilerlemesi /Boy (o/m)

RFQ Internals	Beam Properties
MaxE [Kp] <input type="text" value="1.8"/>	<input type="radio"/> Uniform
Rho/r0 <input type="text" value="0.89"/>	<input type="radio"/> Gaussian
#Gaps <input type="text" value="0"/>	<input checked="" type="radio"/> WaterBag
Ymin <input type="text" value="-1"/>	#SimuParticles <input type="text" value="1000"/>
Ymax <input type="text" value="-1"/>	Eps_n [pi,mm,mrad] <input type="text" value="1"/>
Zmin <input type="text" value="-1"/>	X'max [mrad] <input type="text" value="85"/>
Zmax <input type="text" value="-1"/>	Xmax [mm] <input type="text" value="1.24"/>
<input type="radio"/> English	Charge [q] <input type="text" value="1"/>
<input checked="" type="radio"/> Turkce	mass [amu] <input type="text" value="1"/>

Toutatis Path: /Applications/Toutatis.app/Contents/MacOS

Design Name: RIFKI

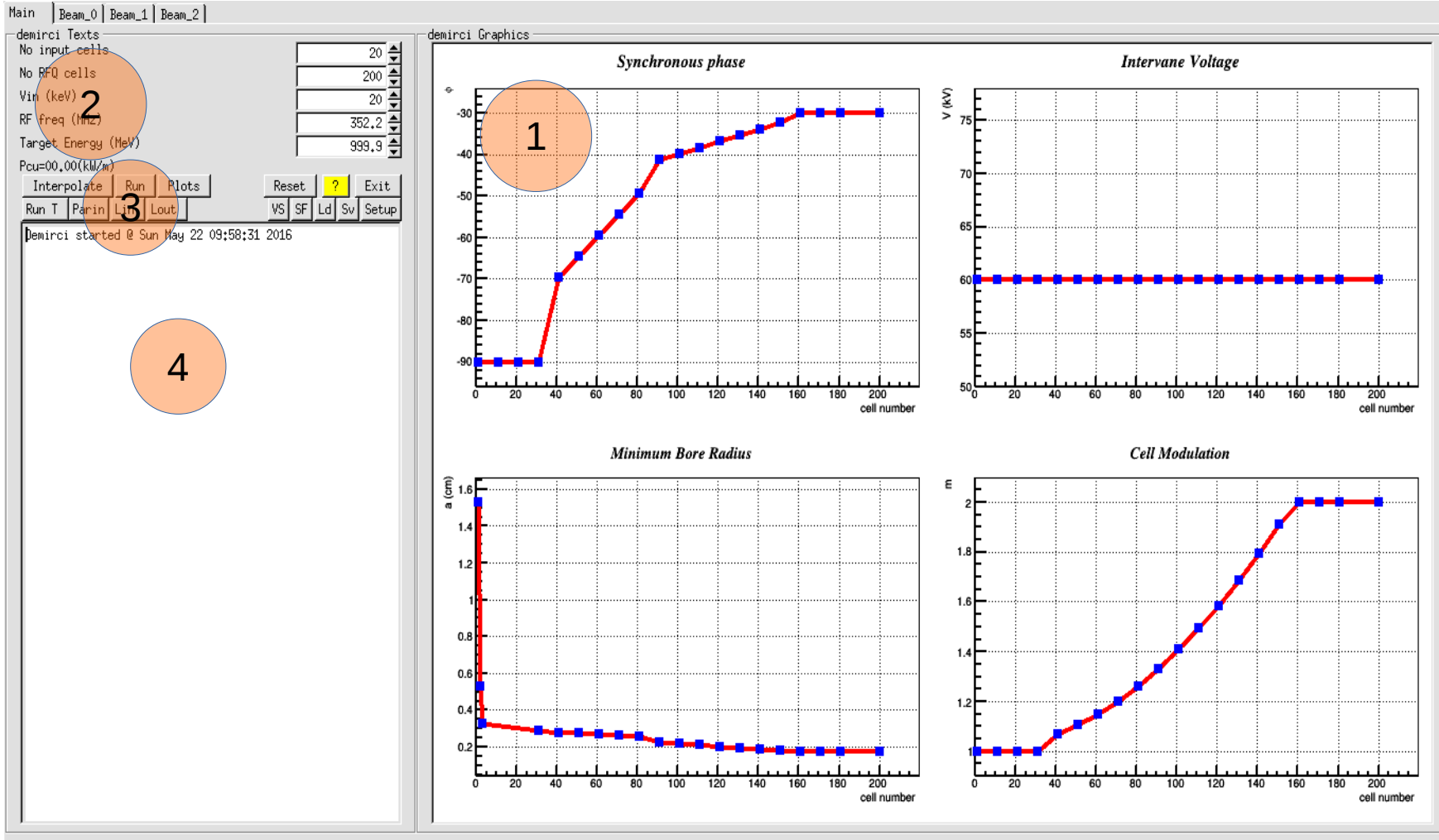
Bazı genel özellikler; KP limiti ,dil seçeneği vb.

Toutatis in bilgisayardaki konumu

Giriş demeti özellikleri

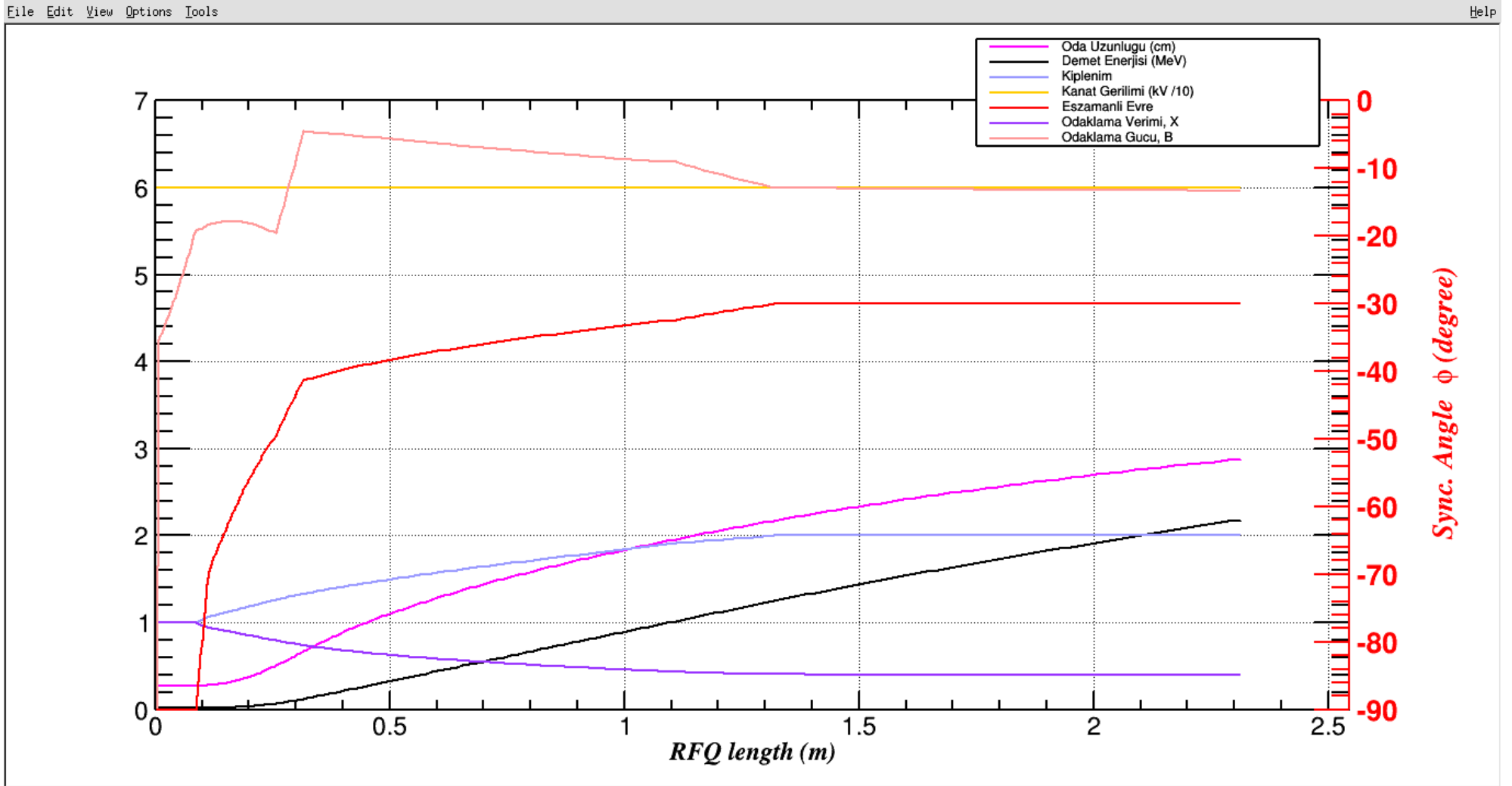
Tasarımın ismi

Örnek

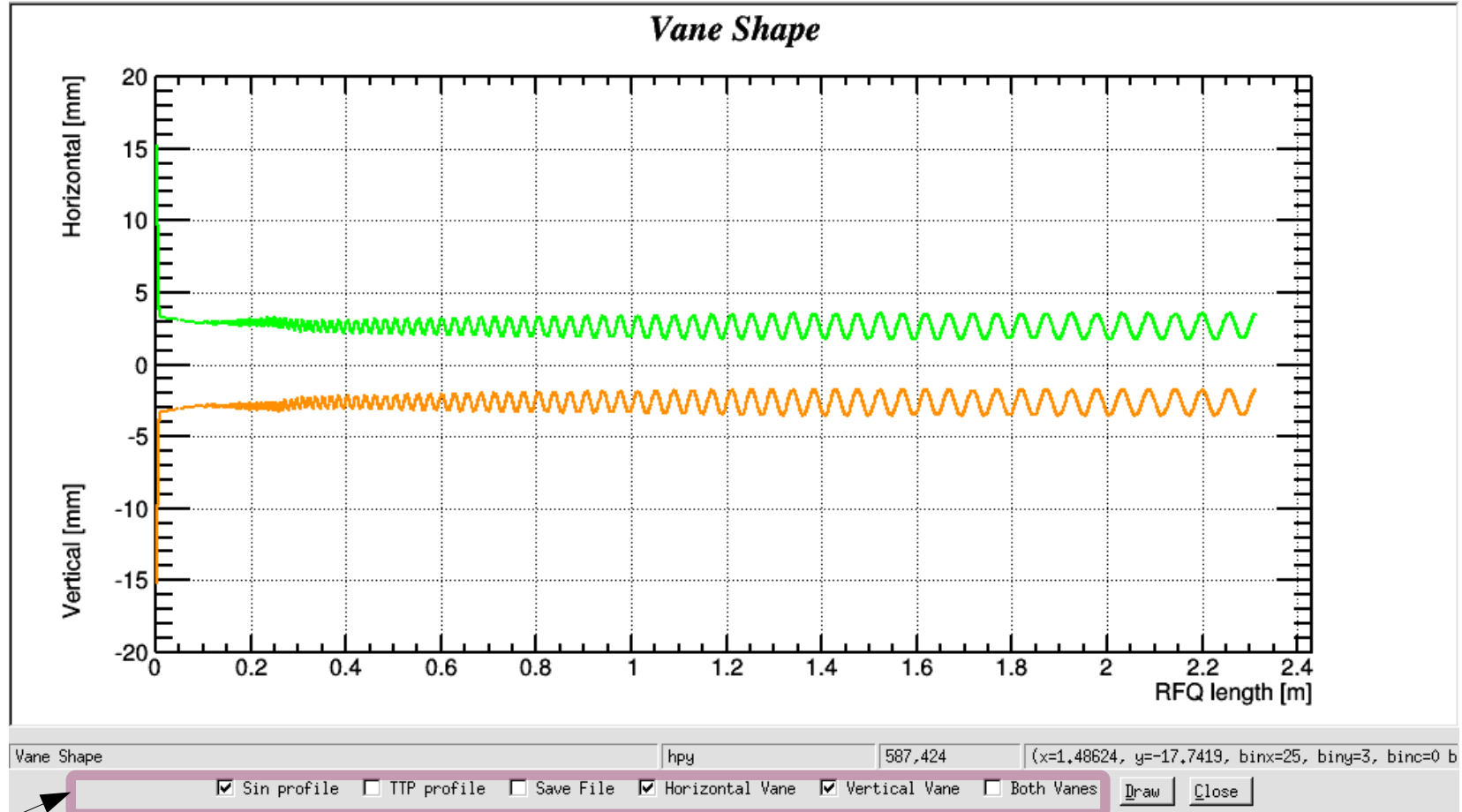


- 1 Nokların yerlerini değiştirerek tasarım parametrelerinin girilmesi/değiştirilmesi.
- 2 Giriş enerjisi gibi parametrelerin girilmesi.
- 3 Interpolate (nokta yerlerinden odacık parametrelerinin her odacık için bulunması) ve Run düğmesine basılması
- 4 Sonuçların okunması.

Çizimler



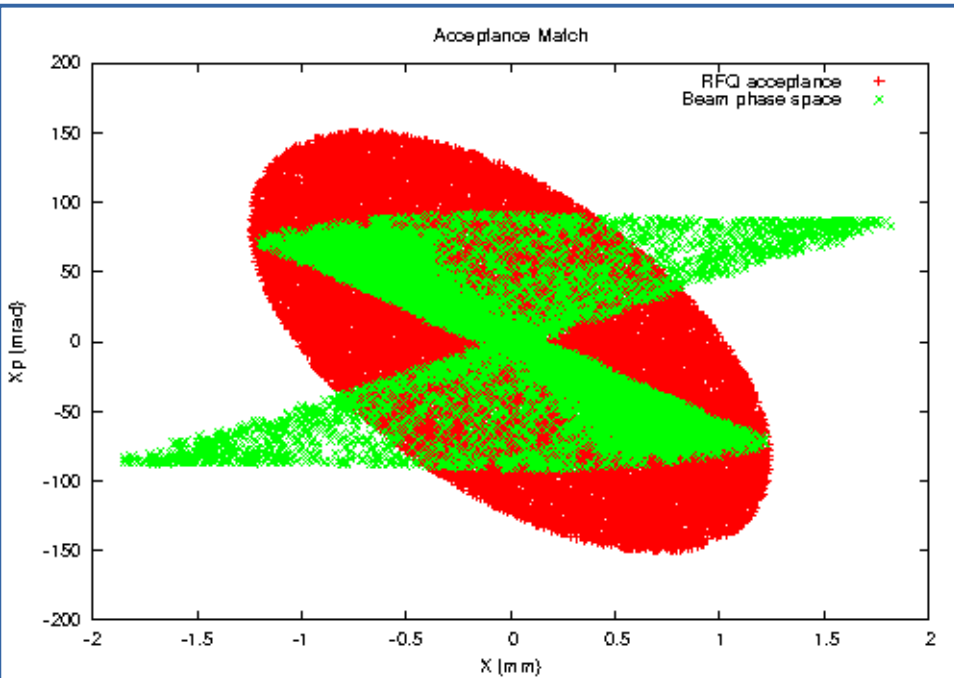
Kanat Uçlarının Z eksenine göre değişimi



Çizim
seçenekleri

Demet Eşleme

- Giren demet özelliklerini kullanarak kabul parametrelerini hesaplar.
- Demet kabul grafiğini oluşturur.



The mismatch factor is: 1.3081

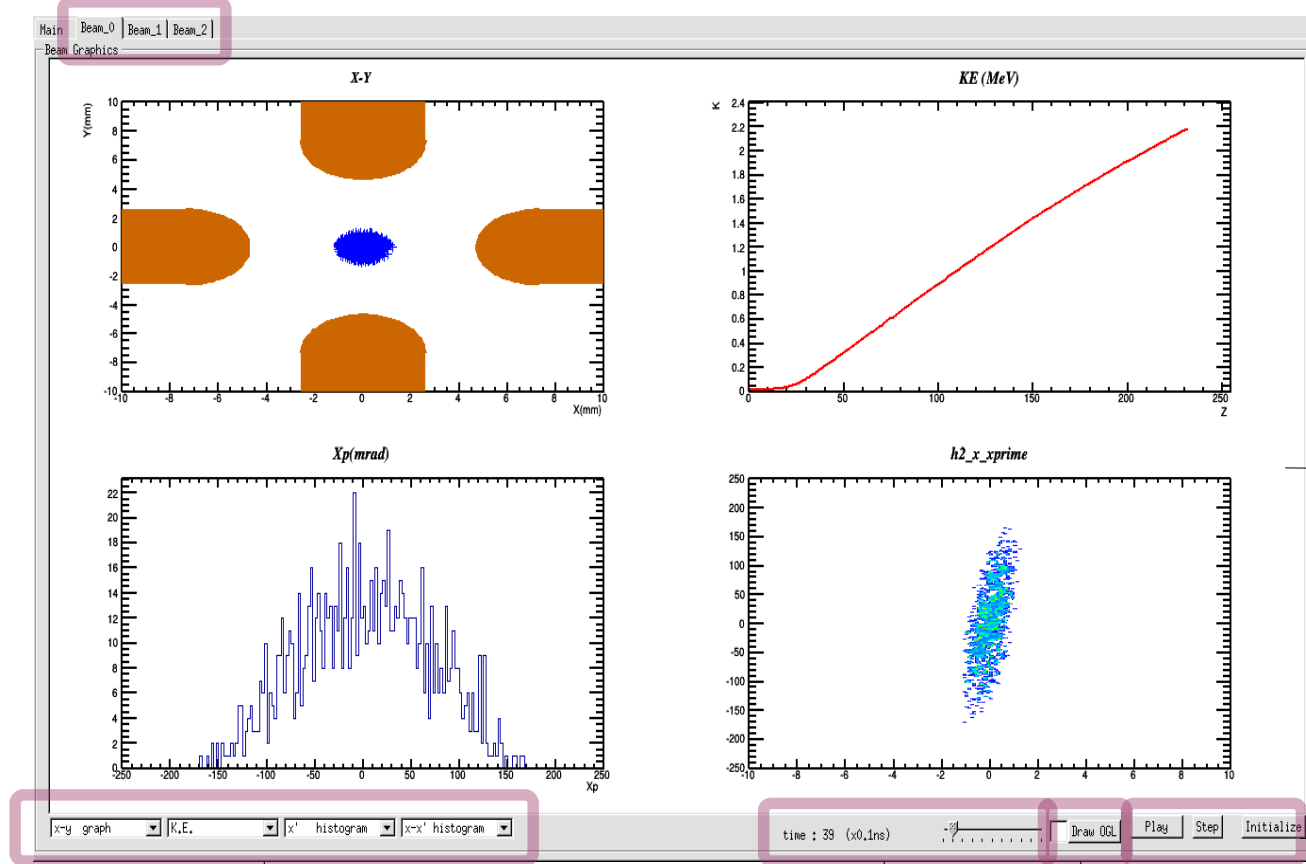
```
./share/dmr.in operates at 352.2 MHz, corresponding to lambda=85.1199 cm.  
max KP factor is 1.8 where Esurface @1KP: 18.4328 MV/m.  
RFQ entry energy is: 20 keV, corresponding to an initial beta=0.00652918  
Vmean=60.000000 kV Rs=4.896168 mOhm ZTT=1900.103314 MOhm/m  
UBL=5.985000E-04 J/cm/Quad UEl:0.128807E-04 J/cm/Quad  
Q0=10836.768139 Q:10393.221779 Cl [F/m]=0.000000  
RFQ exit energy is: 2.18732 MeV, corresponding to a final beta=0.06779 in 283.92959 ns.  
RFQ total length is: 2.31400 m. corresponding to 200 cells and 2.71852 lambda  
Ps(kW/m):48.88702 W/cm/Quad:122.21756 Pv(kW/m):3.18336 Ptotal(kW/m):52.07038 Pbeam(kW):2.18732
```

Demirci Demet Dinamiği

- Demirciye Demet dinamiği benzetimleri eklendi
- Giriş özellikleri verilen belirli sayıda parçacığın RFQ nun oluşturduğu elektrik alandaki hareketlerin gözlemlenip analitik hesaplarla karşılaştırılmaları yapılabilir.
- Amaç demetin nerede bozulduđunu görüp gerekirse o odacıklara müdahale etmek.
- Şimdilik parçacıklar birbirinle etkileşmeyen yüklü parçacıklar olarak modellendi.

Demirci Demet Dinamiği Penceresi

Pencere Geçişleri



Seçilen demet dinamiği grafiklerinin gösterimi

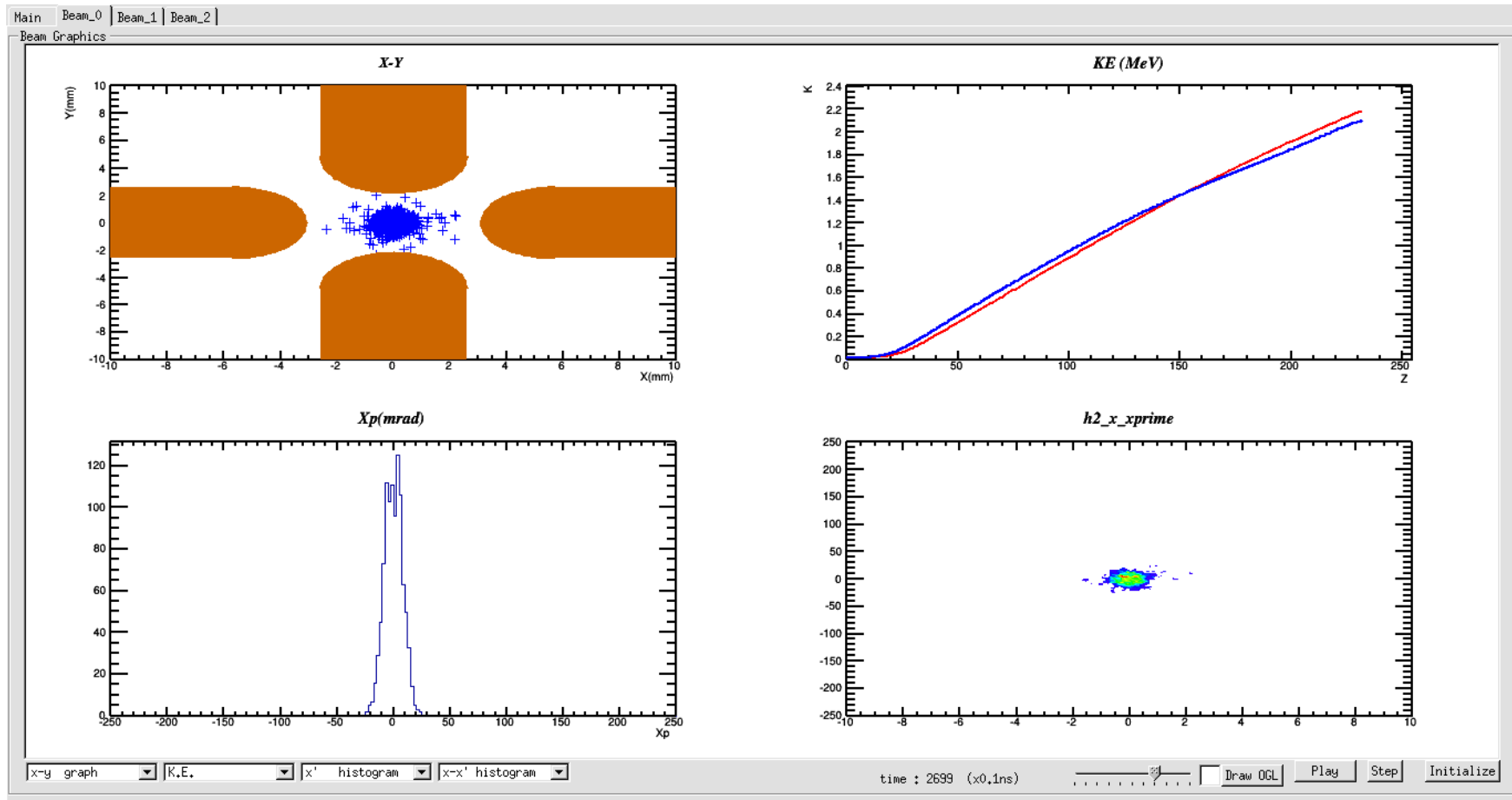
Komutlar

Gösterilecek demet dinamiği grafiklerinin seçimi

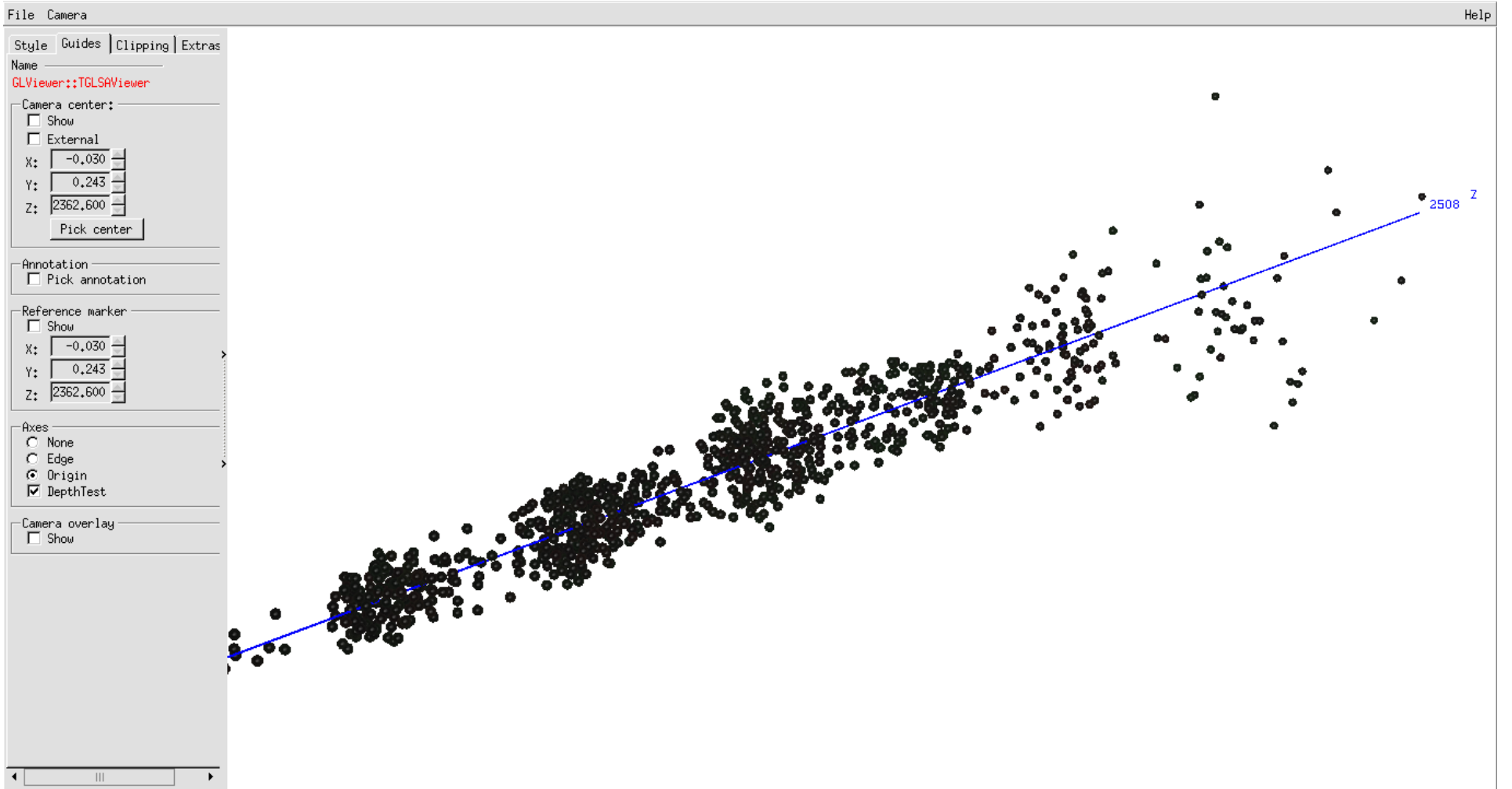
Zaman Göstergesi ve Hız ayarı

Demetin 3B gösterimi

Örnek Sonuç



3B Penceresi



3B penceresinde bohçalanmayı görebiliyoruz, parçacıkların uzay dağılımına farklı açılardan bakabiliyoruz.

2 terim ve 8 terim

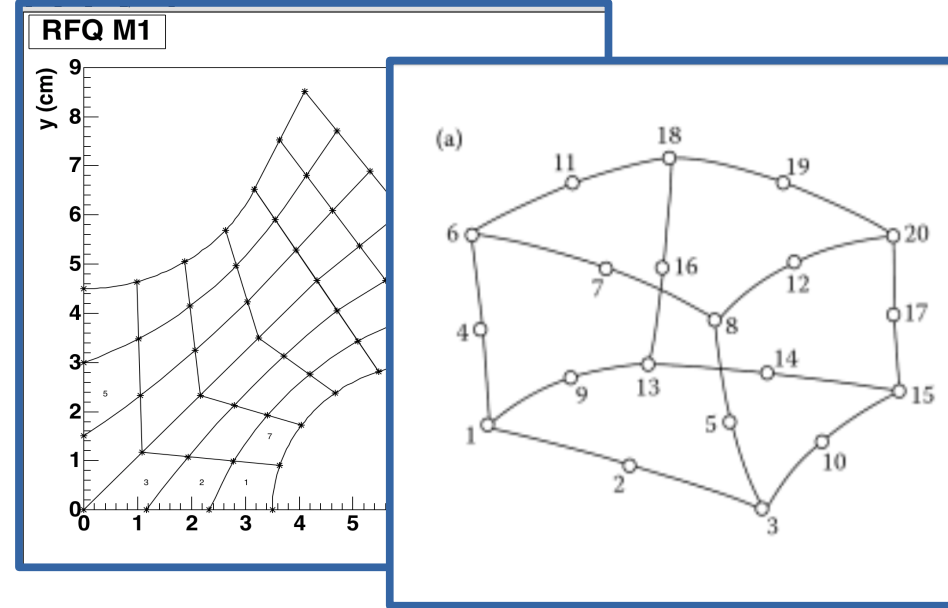
- RFQ kanat uçlarının arasındaki alan, yani demetin geçeceği yerdeki elektrik alanı bulmamız gerekli
- Bu alanın zaman kısmını her odacık için $\sin(\omega^*t + \varphi)$ şeklinde basitleştirirsek kalan kısım bir elektrostatik probleme dönüşür.
 - 2 terimden kasıt bu statik problemin çözümünün silindirik bessel açılımındaki en etkin ilk iki terim olan hızlandırma ve odaklama terimlerinin alınmasıyla alanın sadeleştirilmesidir
 - 8 terim ise alanı gerçeğe daha yakın tarif etmek için ilk 8 terimin seçilmesidir.

$$U(r, \theta, z) = \frac{V}{2} \left[A_{0(2p+1)} r^{2(2p+1)} \cos[2(2p+1)\theta] + A_{mn} I_{2n}(mkr) \cos(2n\theta) \cos(mkz) \right]$$

I. M. Kapchinski and V. A. Teplyaev, "Linear Ion Accelerator with Spatially Homogenous Strong Focusing", Prib. Tekh. Eksp., No 2, 19, 1970.

Demirci 8 Terim

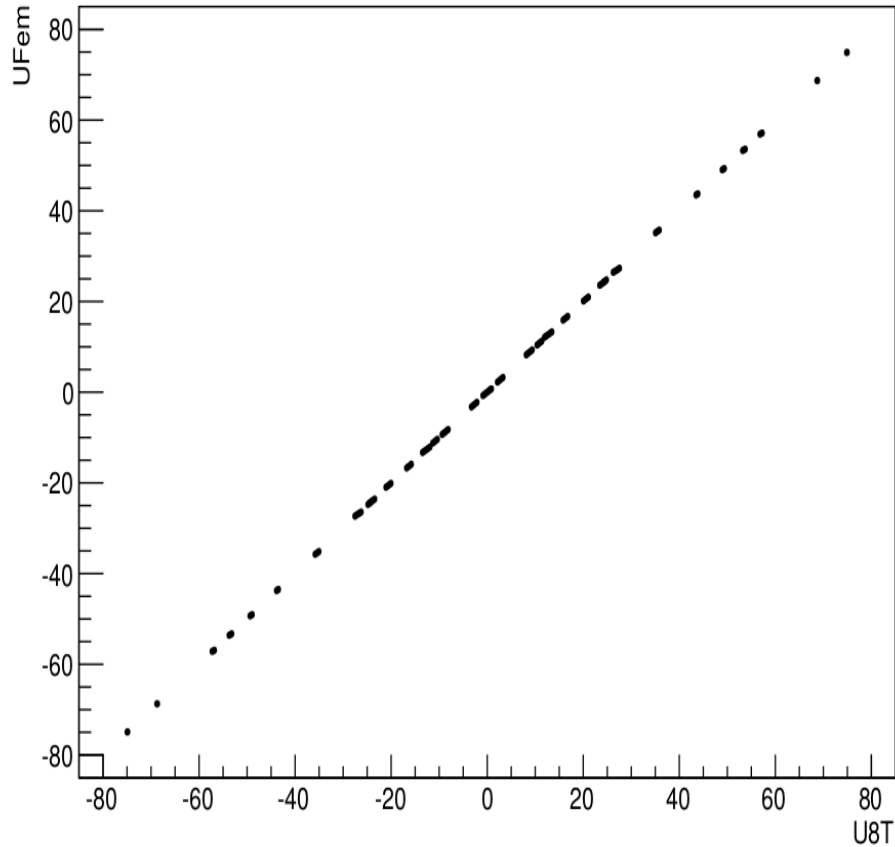
- Bu 8 katsayıyı hesaplamak için ,Statik hale indirgenmiş problemin çözümünü bulmak gerekli.
- Elektrostatik problemin çözümü için 3 Boyutta Sonlu Elemanlar Metodu uygulayan bir kod yazıldı.
- Sonlu elemanlar metoduyla bulunan alan değerleri kullanılarak fit yaparak bu katsayılar hesaplanıyor.
- Örnek karşılaştırmalı sonuçlarımız aşağıdaki gibidir.
 - Tabloda ilk satır CHR3D programının sonuçları (Sanal yük metodu kullanır)
 - RFQcoef yazan ikinci satır ise 3D Sonlu eleman hesabı yapıp sonuç elde eden program
 - Demirci satırı ise bizim sonuçlarımızdır.



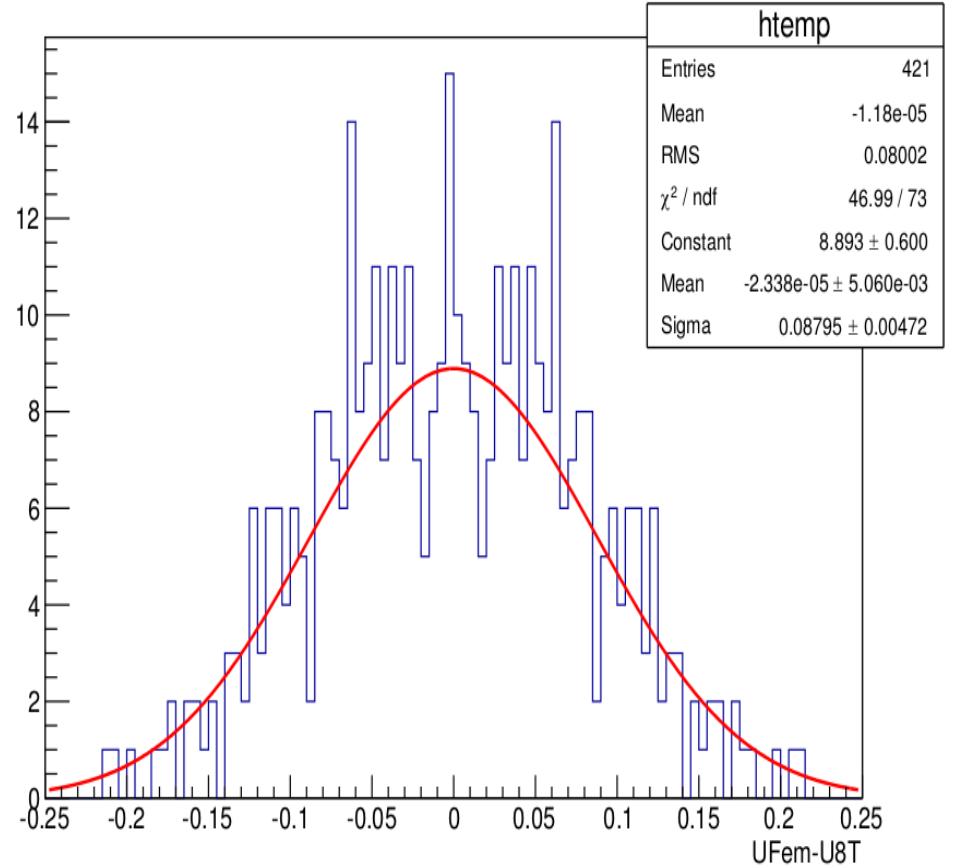
Cell	a	m	cl	C10	C00/a2	C11	C01/a6	C30	C20	C31	C21
				A10	A01	A12	A03	A30	A21	A32	A23
20	0.409	1.020	0.58	0.00606	5.73007	0.05304	4.94852	0.0	-0.00003	0.0	0.00072
<i>RFQcoef</i>				0.00601	5.74846	0.05031	4.41814	0.0	-0.00002	-0.00001	-0.00077
<i>demirci</i>				0.00553	5.72866	0.06878	4.95937	-0.00000	0.00002	-0.00001	0.00070
100	0.392	1.111	0.68	0.04307	5.74320	0.45675	4.88818	0.0	0.00018	0.0	0.00087
<i>RFQcoef</i>				0.04296	5.75630	0.48357	4.03974	-0.00001	0.00022	-0.00002	0.00628
<i>demirci</i>				0.03898	5.73126	0.63090	4.98608	-0.00000	0.00065	-0.00001	0.00250
140	0.381	1.171	0.92	0.09684	5.74616	1.40462	4.74544	0.00000	0.00076	0.00000	-0.04081
<i>RFQcoef</i>				0.09662	5.75831	1.35976	3.84250	0.00000	0.00096	-0.00015	-0.09994
<i>demirci</i>				0.08693	5.74303	2.59943	4.94224	0.00001	0.00267	0.00009	0.03508

20. Hücre için karşılaştırma

UFem:U8T { $x*x+y*y<0.152$ }



UFem-U8T { $x*x+y*y<0.152$ }



Teşekkürler

Demirci 114F106 numaralı proje ile TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Desteği için TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

Sıradaki hedeflerimiz :

- Uzay yükü hesaplarının eklenmesi
- Farklı RFQ tipleri için seçenekler eklenmesi
- Demircinin ticari hale getirilmesi
- Yayınım ölçümü eklenmesi

Yayınlar:

- *B. Yasatekin, G. Turemen, E. Celebi, G. Unel, O. Cakır, DEMIRCI: An RFQ Design Software, Proceedings of the International Computational Accelerator Physics Conference (ICAP'15), 12-16 October 2015, WEP10, p. 81
- *A. Alacakir, B. Yasatekin, G. Turemen and G. Unel, Design Studies with DEMIRCI for SPP RFQ, Proceedings of the Linear Accelerator Conference 2014 (LINAC'14), 31 Aug - 5 Sep 2014, TUPP139, p. 740.
- *B. Yasatekin, G. Turemen and G. Unel, A Graphical Approach to Radio Frequency Quadrupole Design, Computer Physics Communications, Volume 192, 108-113, 2015.
- **B. Yasatekin, G. Turemen, E. Celebi, G. Unel, O. Cakır, Beam Dynamics and Realistic Potential Calculations with Demirci, (Hazırlanmakta)