

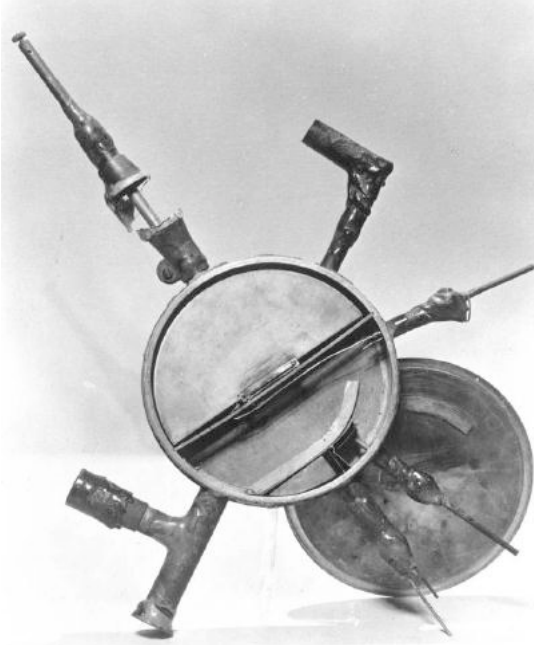
# Hızlandırıcı ve Parçacık Fiziğinin Diğer Uygulamaları



Gökhan Ünel / UCI

TÖÇ-6 / 1 Temmuz 2016

# Nereden Nereye



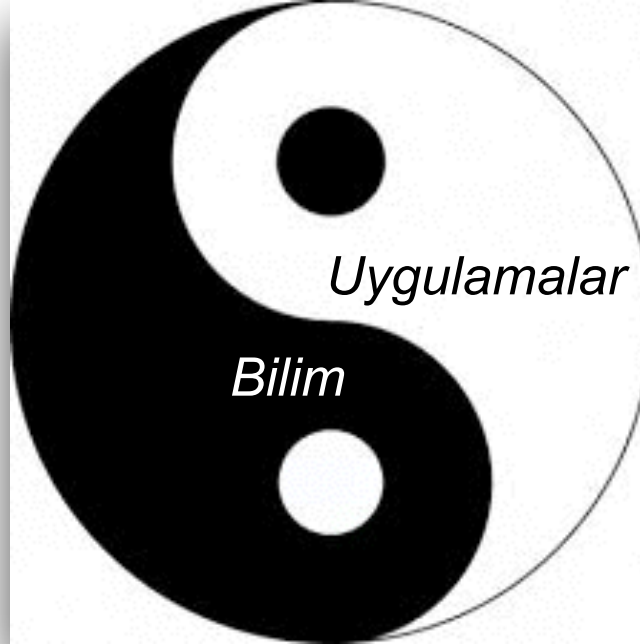
Ernest Lawrence'ın çalışın ilk döndürgeci, (1930). 11.4cm çapında olup, protonları 80 keV'e hızlandırdı.



2012 yılında LHC, 8.6 km çapıyla, protonları 4000 GeV'e hızlandırdı.

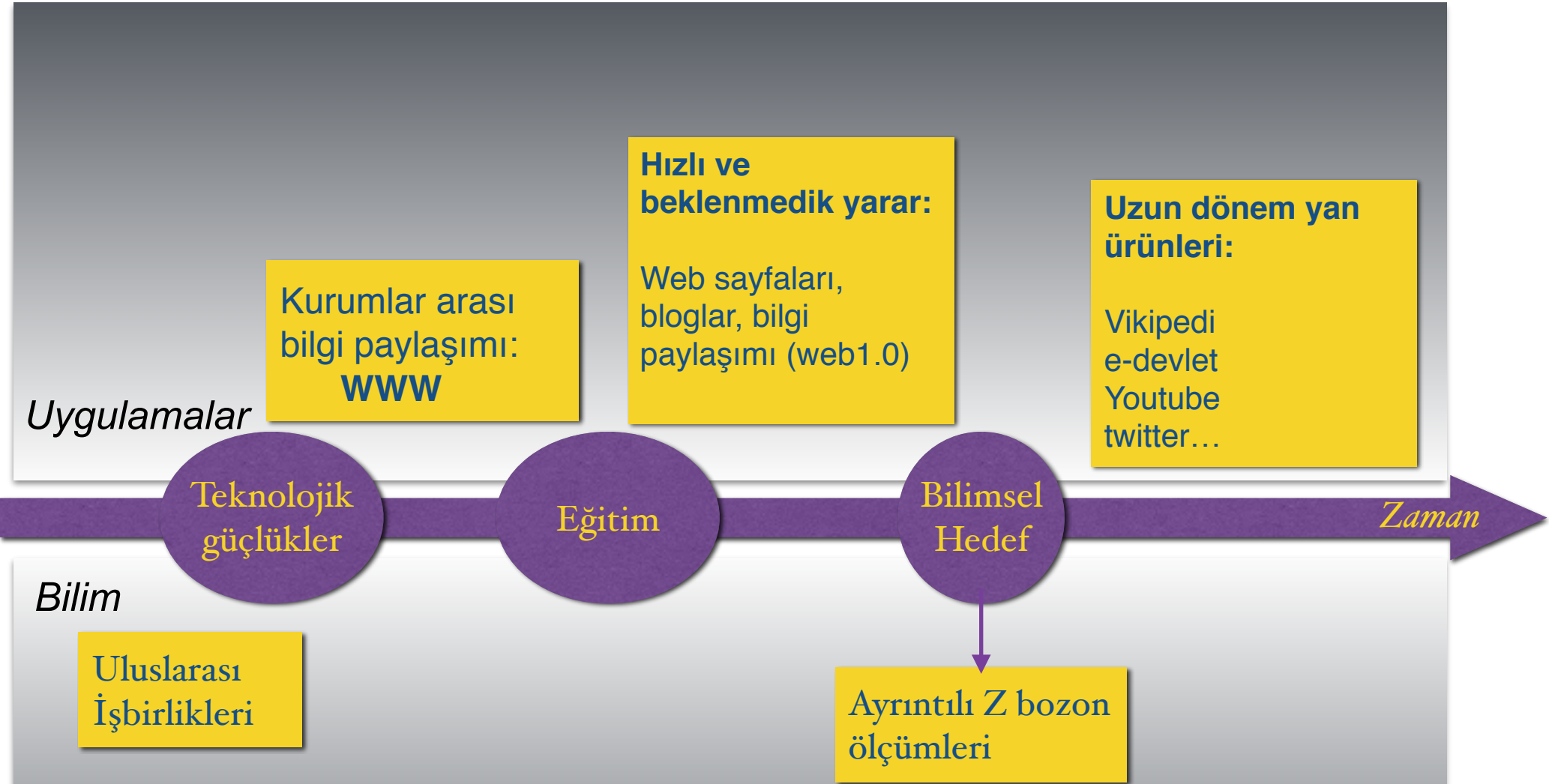
- Bir ürünü 5-6 bin kat büyötmek basit bir iş deęil:
  - ➔ Büyük bir takım, buluşlar, yenilikler vb gerekli
- Bu nedenle HPF'nin bir çok alana etkisi olmuştur.
  - ➔ Tıp, malzeme bilimi, bilişim, elektronik...

# Temel Bilimler ve Uygulamalar



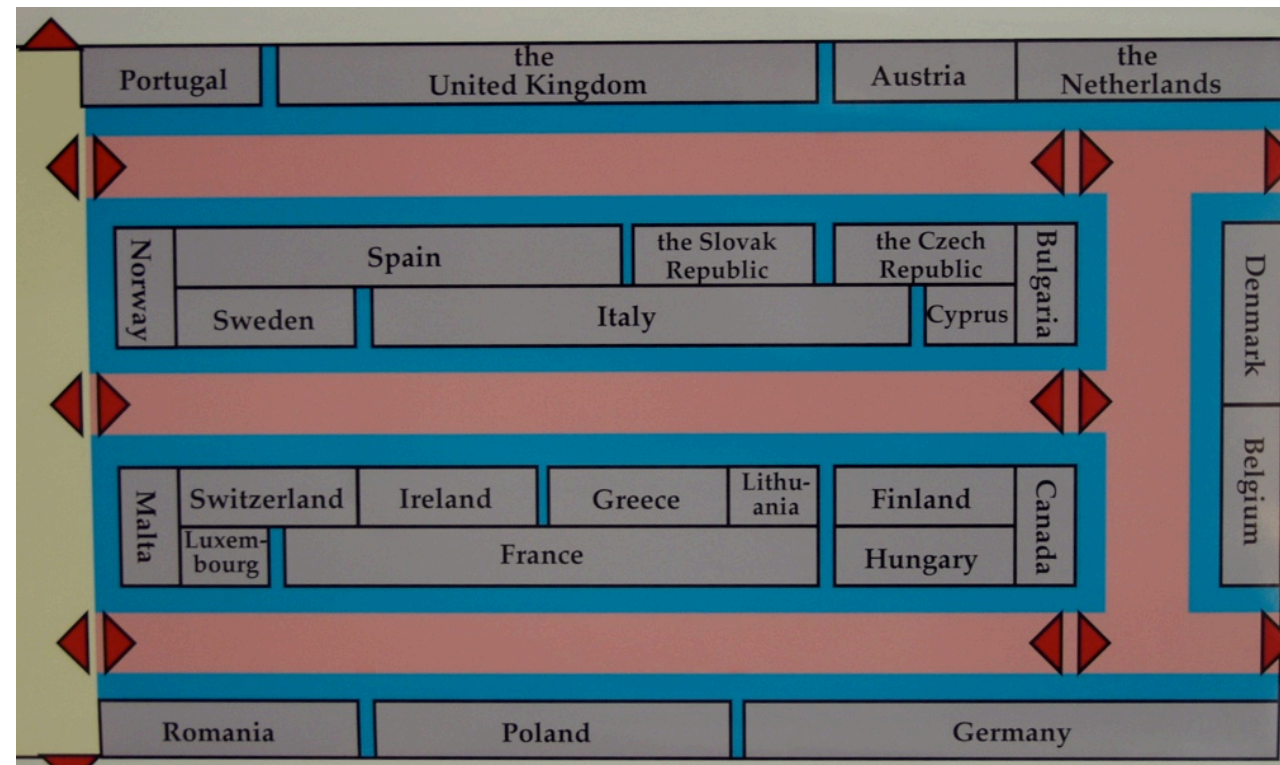
- Temel bilim araştırmaları ve uygulamalar (mühendislik, tıp,...) birbirini besler.  
➔ Biri olmadan ötekisi düşünülemez.

# CERN'den bir örnek



# Eğitim

- HPF eğitilmiş iş gücü gerektirir
  - ➔ Öğretmenler için (Lise + Üniversite)
    - ▶ Öğretim yöntemleri üzerine çalıştaylar
    - ▶ Ulusal Öğretmen Programları
  - ➔ Öğrenciler için
    - ▶ Teknik ve yaz öğrenciliği: 8-13 hafta dersler ve araştırma



# Bizden

## ● HPFBU

- ➔ Hızlandırıcı ve Parçacık Fiziğinde Bilgisayar Uygulamaları
- ➔ Türkçe, 4 defa yapıldı
- ➔ Türkiye ve Azerbaycan'dan katılım

<http://hpfbu.web.cern.ch>

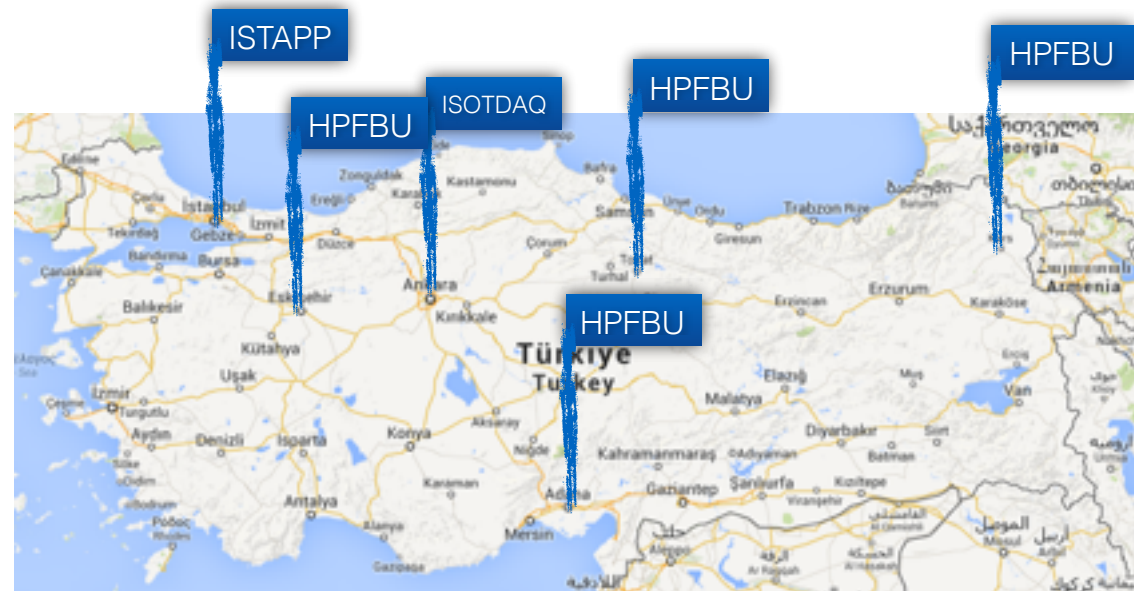
## ● ISTAPP

- ➔ Parçacık Fiziğinde Kuram ve Çözümleme
- ➔ İngilizce, 1 defa yapıldı
- ➔ Uluslararası

## ● ISOTDAQ

- ➔ Tetikleme ve Veri Toplama
- ➔ İngilizce, 7 defa yapıldı
- ➔ Uluslararası

<https://isotdaq.web.cern.ch>



# Proje idaresi

- Kalabalık HPF takımları yönetim araçları gerektirir
  - ➔ Indico : toplantılar, çalıştaylar vb..
  - ➔ EDH : Elektronik Belge Saklama
  - ➔ EDMS: Elektronik Belge Yönetimi Sistemi

Demande Achat Interne (DAI) 2430897 - Mozilla Firefox

Doğya Düzen Görünüm Geçmiş Yeri İmleri Yahoo! Araçlar Yardım

https://edh.cern.ch/Document/DAI/2430897

Demande Achat Interne (DAI) 2430897

Created by **Gokhan Nafiz UNEL (PH-UAT)** Tel: 71754 165085 on 20.03.2007

**General Information**

General Description \*: **4 port network cards for DAO PCs**  
 Technical Contact \*: **Gokhan Nafiz UNEL (PH-UAT)** Tel: 71754 165085  
 Supplier: **SILICOM CONNECTIVITY SOLUTIONS LTD, P.O. Box 2164, 44000 KFAR-SAVA (SILI24, MA01 IL**  
 Country of Distribution : **IL**  
 Currency \*: **USD (Dollar US)**  
 Divisional Request (CFU) No:  
 Delivery Costs included \*: **Yes**

Articles appearing in the [CERN catalogue](#), or similar articles must be requisitioned from the store.

**Order Lines**

Item	Quantity	Description	
1	12	<b>4port NIC, PCI-X version, CU</b> 4port Network Interface Card, PCI-X version, copper connectors Budget Codes: <b>T536210 (2007) ATLAS SSI TDAO Common Items</b> , Country of origin: <b>IL</b> , Delivery: <b>4-R-012</b> , Activity Codes already delivered: <b>No</b> Enter goods in inventory: <b>No</b>	
2	10	<b>4port NIC, PCI-express version, CU</b> 4port Network Interface Card, PCI-express version, Copper connectors Budget Codes: <b>T536210 (2007) ATLAS SSI TDAO Common Items</b> , Country of origin: <b>IL</b> , Delivery: <b>4-R-012</b> , Activity Codes: <b>481</b> , Goods already delivered: <b>No</b> Enter goods in inventory: <b>No</b>	\$360.00 \$3,600.00

**Additional Information**

Purchasing officer: **Default proposed by EDH**  
 Comments to Purchasing officer:  
 Comments to supplier: **We have purchased from this manufacturer same versions of these cards before. These additional items are requested as hot spares.**  
 Other Comments:

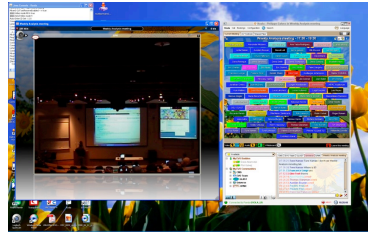
**Document Status**

Date/Time	Action
20.03.2007 08:37	Approved by creator UNEL
20.03.2007 08:38	With Frederick John WICKENS for signature requested by Gokhan Nafiz UNEL awaiting approval
20.03.2007 08:38	With Benedetto GORINI for signature requested by Gokhan Nafiz UNEL awaiting approval
20.03.2007 09:21	Approved by GORINI
20.03.2007 12:21	Frederick John WICKENS's comments: Using funds already in the a/c
20.03.2007 12:21	Approved by WICKENS
20.03.2007 12:21	With Markus NORDBERG for 9603.00 CHF signature on T536210 awaiting approval
21.03.2007 23:53	Approved by NORDBERG
22.03.2007 07:06	Automatic budget control: transaction accepted
22.03.2007 07:06	With Friedrich SZONCSO as Materials Specialist for activity code 481 awaiting approval
22.03.2007 07:42	Approved by SZONCSO
22.03.2007 07:42	Transferring to Purchasing service
22.03.2007 07:43	Document registered in qualiac.
22.03.2007 07:43	Purchasing officer in charge ME Dominique TROLLIET Dominique.Trolliet@cern.ch
27.03.2007 17:25	Requisition is being processed by Trolliet Dominique
28.03.2007 11:49	Order transferred to the accounting system Sdubost
28.03.2007 11:53	View order at: <a href="http://edh.cern.ch/Info/Order/CA/1477204">http://edh.cern.ch/Info/Order/CA/1477204</a>
03.05.2007 07:53	Detailed reception of goods
03.05.2007 15:52	Internal Transport: for any info, please call 16-3844
03.05.2007 15:52	Deliv. 1 - Internally delivered by DI 902869 on the 03/05/2007

# Bilişim

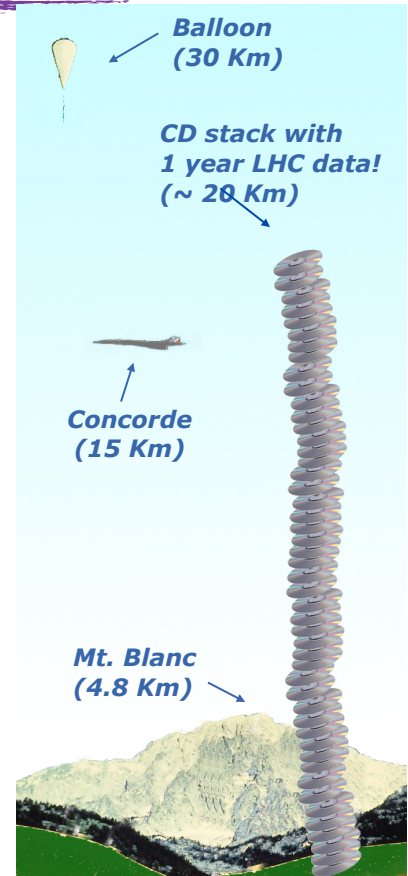
- HPF işbirlikleri geniştir:

- ➔ Haberleşme gereçleri
  - WWW, EVO



- Çok miktarda veri üretilir:

- ➔ veri aktarım ve işleme gereçleri
  - GRID
- ➔ yüksek verimde hesaplamalar



- Tasarlanan ve üretilen gereçler büyüktür:

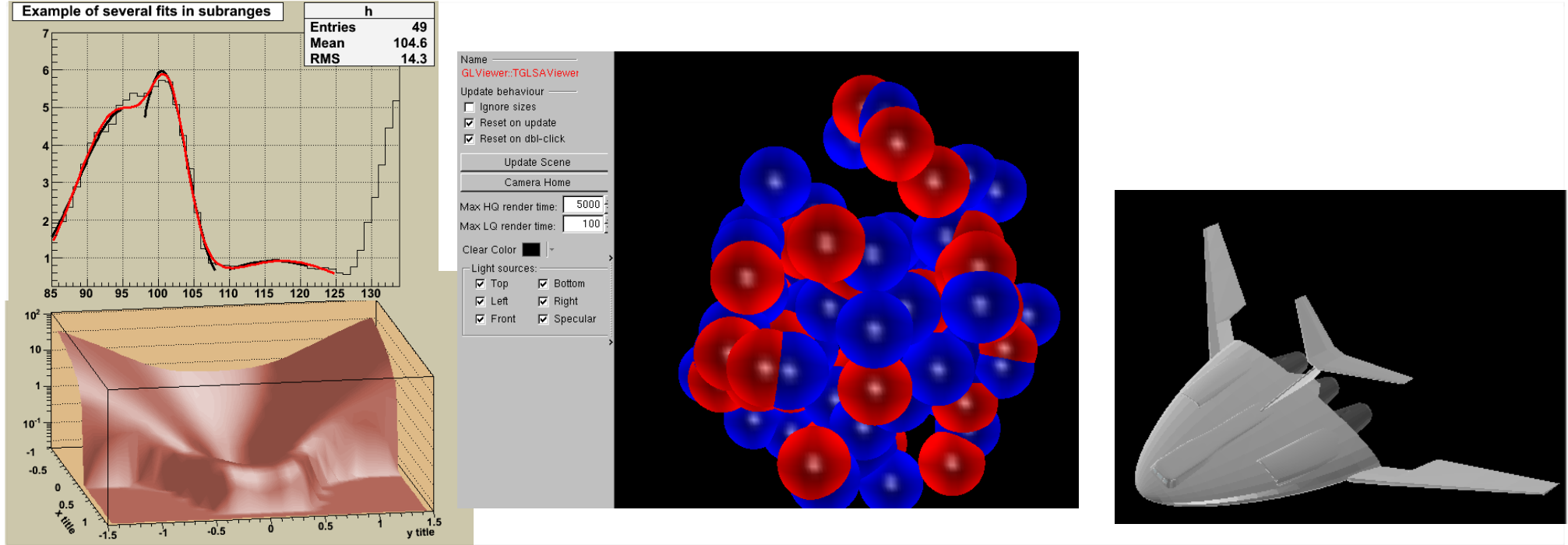
- ➔ benzetim ve çözümleme gereçleri
  - GEANT, ROOT, FLUKA...

- Havayolları çalışanlarının ve yolcuların aldıkları kozmik radyasyon miktarı FLUKA ile hesaplanır.





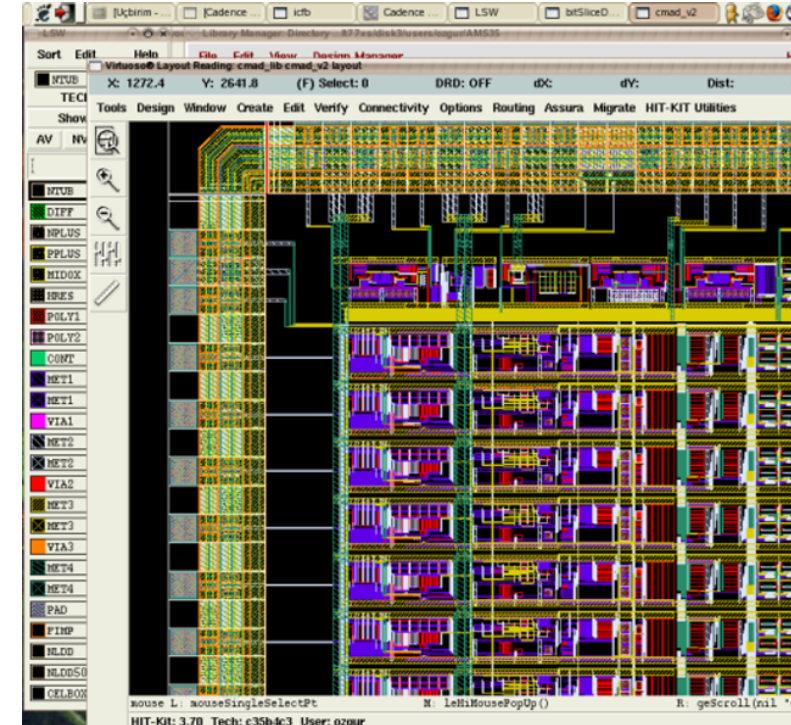
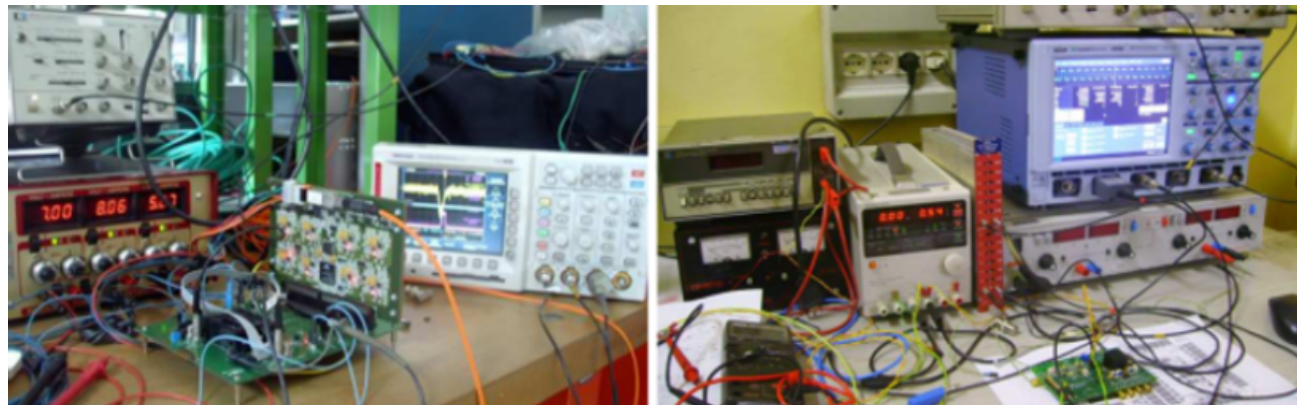
# Root



ROOT, CERN’de geliştirilmiş açık kaynaklı, her bilgisayar sisteminde kullanılabilen bir yazılımdır. Veri çözümlemesi, algıç benzetimi, olay üretimi, görselleştirme, eğri oturtmak gibi bir çok alanda kullanılır.

# Elektronik

- HPF deneyleri zor şartlarda yapılır.
  - ➔ Algıçların ve devrelerin radyasyon dayanıklılığı
    - malzeme bilimlerine katkı
    - savunma sanayine katkı
  - ➔ Silikon algııcı ArGe'si
    - IBM-CERN işbirliğinin endüstriye katkısı
- HPF süreçleri hızlı yanıt gerektirir
  - ➔ Mikro elektronik ve amaca özel devreler
  - ➔ Belli bir frekansa hızla kitlenen devreler



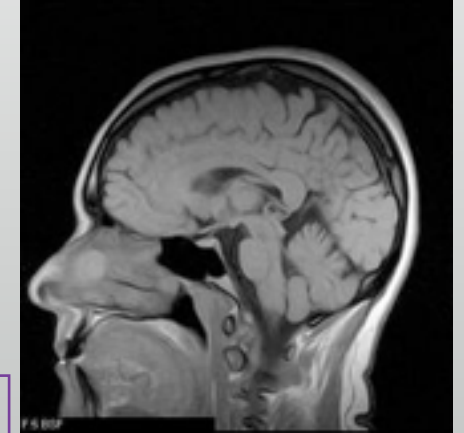
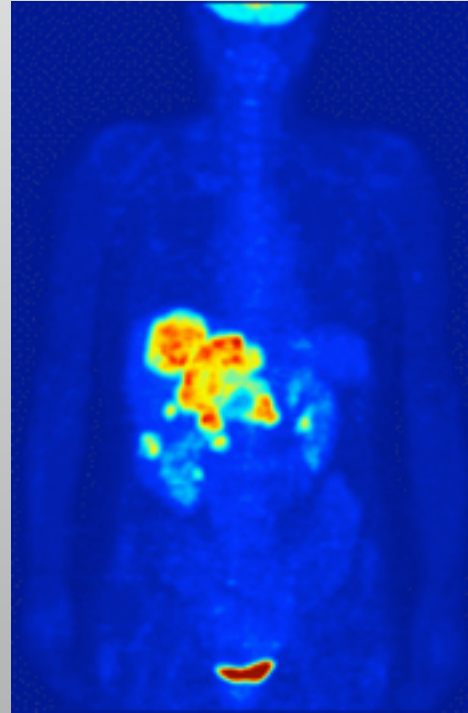
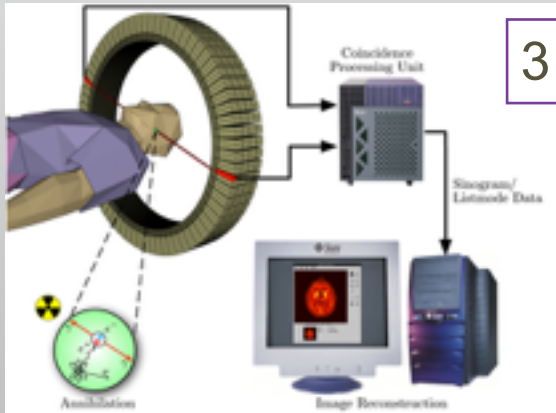
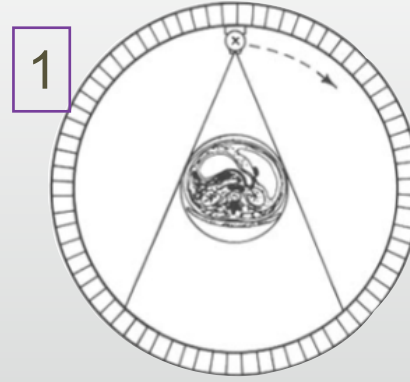


# Algıçların TIP uygulamaları

## ● Hızlı iz sürme ve algılama

➔ Tıp bunlardan tanı yapmak için yararlanır

- 1.BT
- 2.NMR
- 3.PET



## ● Yenilikler

➔ IPSA tübü...

**IPSA** (*Imaging Pixel Silicon Array*), bir ucunda fotonlardan elektron üretmeye yarayan fotokatod yüzey, diğer ucunda da elektronları ölçmeye yarayan silikon algıç olan 3cm uzunluğunda bir tüptür. Bu alet sayesinde bugünkünden çok daha iyi kalitede görüntü elde etmek için çok daha az foton gerekecek, bu da insanlar için çok daha az radyasyon almak anlamına gelecektir.

# Hızlandırıcılar

## (21. yüzyılın “isviçre çakısı”)

- Sanayi Katkıları:

- soğuk bilimi, mikro-elektronik, yüksek manyetik alanlar, malzeme bilimi, süperiletkenlik, vakum bilimi, ...

- Sanayi Uygulamaları:

- Kaynak yapmak
- Yüzey işlemek
- Yapıştırırmalı üretim
- Baca gazı temizleme
- Taşbaskı
- Metal tozundan üretim

- İyileştirme & çapraz bağlama

- Tıp Uygulamaları:

- Hadron Tedavisi
- Işıyanem üretimi
- Arındırma

- Biyo Uygulamalar

- Gıda arındırma
- Gen haritalama

US NSF araştırması, endüstriyel patentlerde kaynak gösterilen çalışmaların %73'ünün “açık bilim” olduğunu, yani en iyi üniversite de devlet araştırma laboratuvarlarından çıkmış temel bilim makaleleri olduğunu gösterdi.

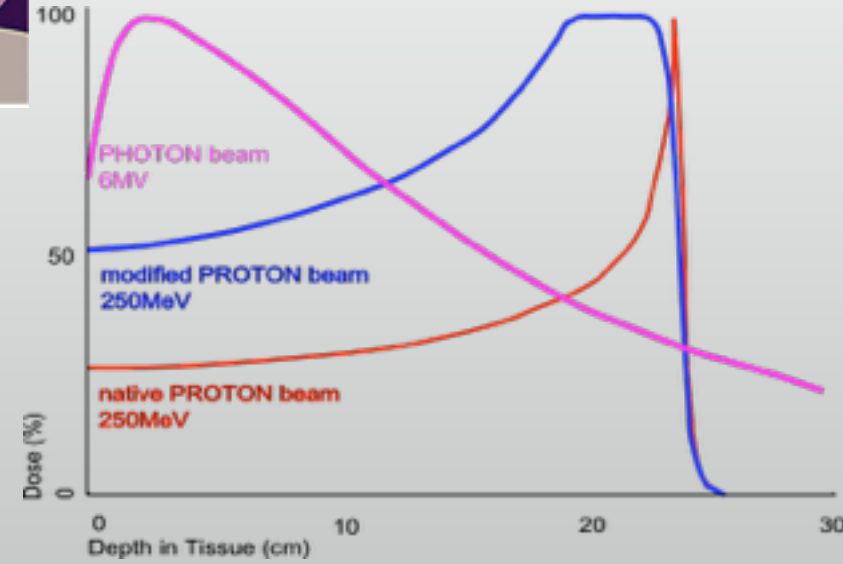
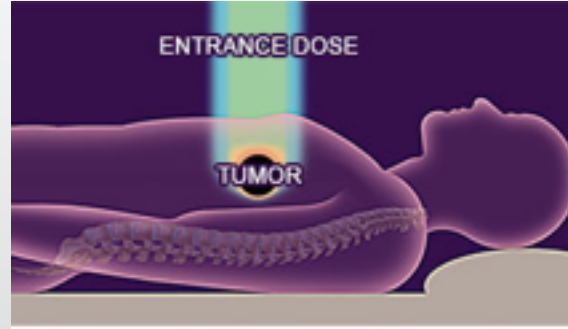
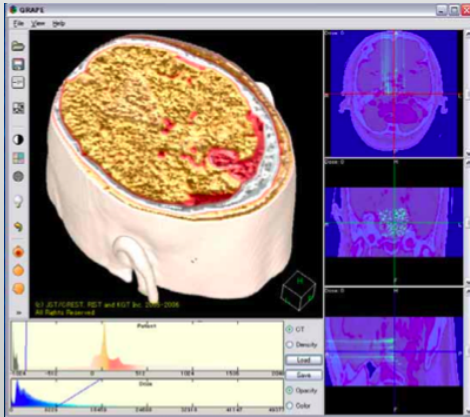


# Hızlandırıcıların TIP uygulamaları

## ● Tedavi

### ➔ Hadron tedavisi

- ▶ **proton** veya C
- ▶ GEANT ile doz ayarı



## ● Sterilizasyon

### ➔ e- veya $\gamma$ ile

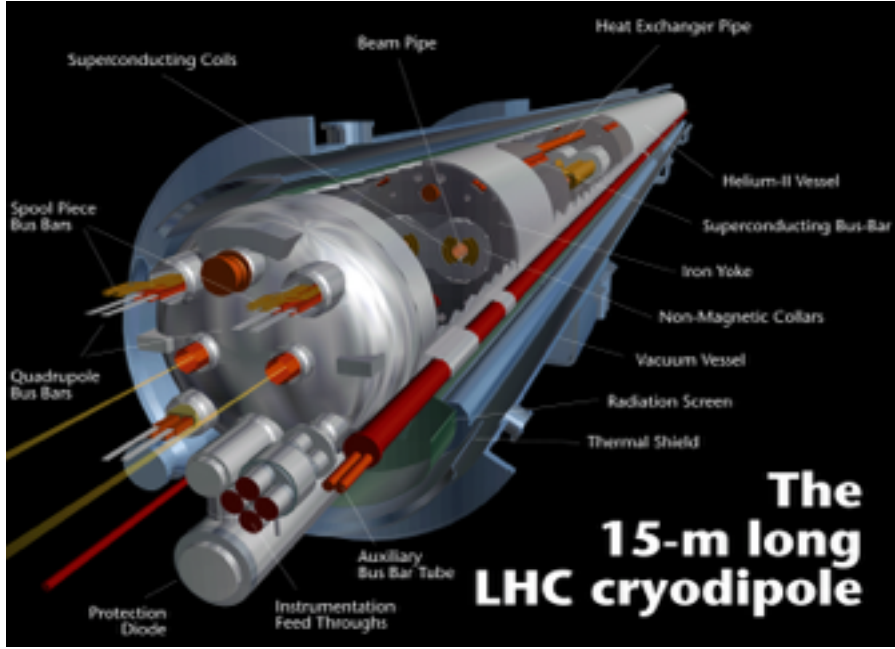
## ● Hızlandırıcı üretimi endüstriyel hale geldi

### ➔ İzotop üretimi (TAEK)

- ▶ **proton**



# BHÇ ve güneş panelleri



- BHÇ oda sıcaklığındadır.
- Ancak içindeki süperiletken teller  $-271^{\circ}\text{C}$ 'ye sıvı helyum ile soğutulur.
- yaklaşık 40cm de  $300^{\circ}$  ısı farkı, geliştirilen vakum teknolojisi ile mümkündür.

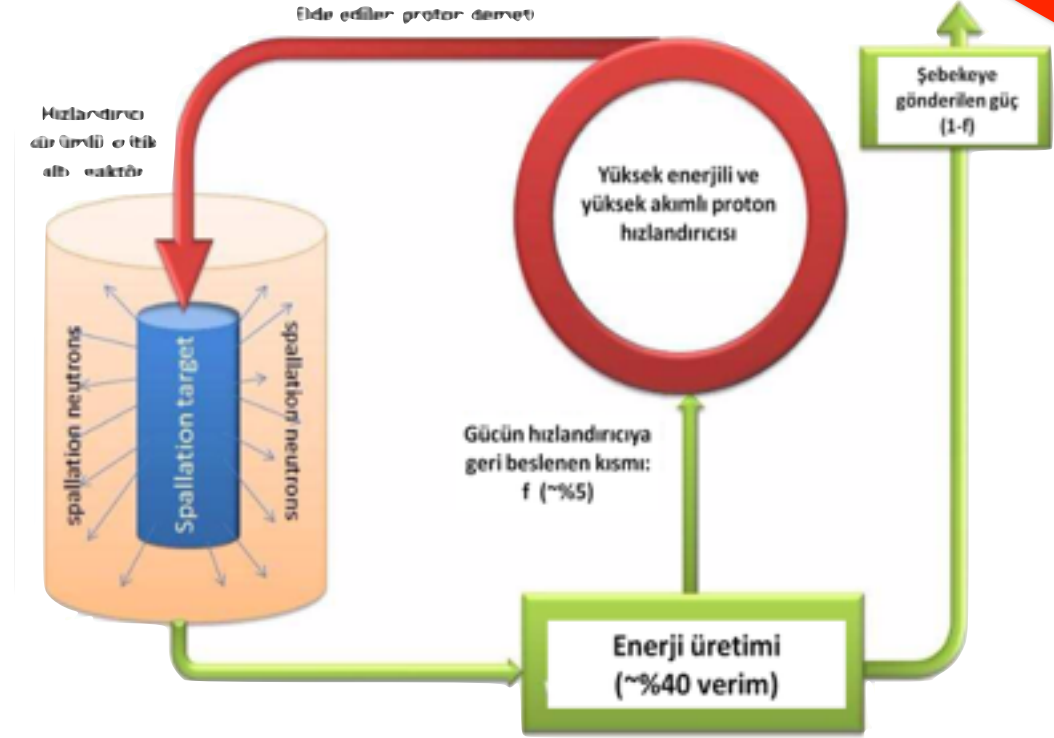
*"Paneller karla kaplı olduğu halde içlerinde  $80^{\circ}\text{C}$  sıcaklığa ulaştık."*

*9 Mart 2011'de SRB enerji, Cenevre Uluslararası havaalanına, İsviçre'nin en büyük güneş enerjisi sistemlerinde birini oluşturacak güneş panellerini teslim etti. Sonuç olarak, 100'lerce yüksek- sıcaklık güneş enerji paneli havaalanı ana binasının çatısında 1200 metre karelik bir alanı kaplayacak. Binanın kış ayları boyunca sıcak, yaz ayları boyunca ise serin tutulmasını sağlayacak. İleri derecede yüksek boşluk içeren paneller, olağanüstü izolasyon sağlayarak, ısı kaybını geniş çapta azaltmakta ve verimliliği artırmaktadır.*



# Hızlandırıcı Sürümlü Yapılar

- **Güç santrallerinde** genellikle türbünler döndürülerek elektrik üretilir:
  - **Hidroelektrik:** türbünleri akan su döndürür.
  - **Rüzgar türbünleri:** adı üstünde.
  - **Termoelektrik:** fosil yakıtların yakılmasıyla ortaya çıkan ısı ile elde edilen buhar basıncı “buhar makinası”nı çalıştırır.
  - **Nükleer:** Atomun parçalanması sonucu ortaya çıkan ısı ile elde edilen buhar basıncı “buhar makinası”nı çalıştırır.
- **Nükleer Reaktörlerde** yakıt (uranyum) içine yerleştirilen nötron kaynağından (plutonyum-berilyum) gelen nötronlarla parçalanınca (fisyon) enerji ortaya çıkıyor. Bu parçalanma ürünlerinden çıkan nötronlar tekrar parçalanma yapıyor (zincirleme tepkime).



## HSY(ADS) ile nötron kaynağı?

- Yüksek akımlı ve yüksek enerjili hızlandırıcılarda hızlandırılan parçacıklar ağır elementlere (kurşun gibi) çarptırılarak parçalanma (spalasyon) yoluyla nötron üretebilirler.
- Bu nötron kaynaklarıyla:
  - Geleneksel nükleer santrallerin uzun ömürlü radyoaktif atıkları kısa ömürlü ürünlere çevrilebilir (transmutation – **çöp fırını**).
  - Uranyum yerine Toryum kullanılarak kritik altı çalışan nükleer santraller çalıştırılabilir.



20 gram Uranyum

•



400 kg Kömür

veya



410 lt Petrol

veya



350 m<sup>3</sup> Doğal Gaz



# Hızlandırıcı ve Türkiye

## ● Türk Hızlandırıcı Merkezi (11 üniversite işbirliği)

### ➔ IR Free Electron Laser (TARLA)

- ▶ 200 KeV DC e- hızlandırıcı yapıldı.

### ➔ 4 hızlandırıcı için 2015'de TDR bitmeli

- ▶ Xray FEL
- ▶ 1GeV proton hızlandırıcısı
- ▶ Eşzamanlayıcı Işınım Halkası
- ▶ Charm-tau fabrikası (4GeV)

## ● TAEK - SANAEM

### ➔ Proton Hızlandırıcı Tesisi

- ▶ Ticari Döndürgeç (30MeV) alındı
- ▶ Deneme üretimi devam ediyor

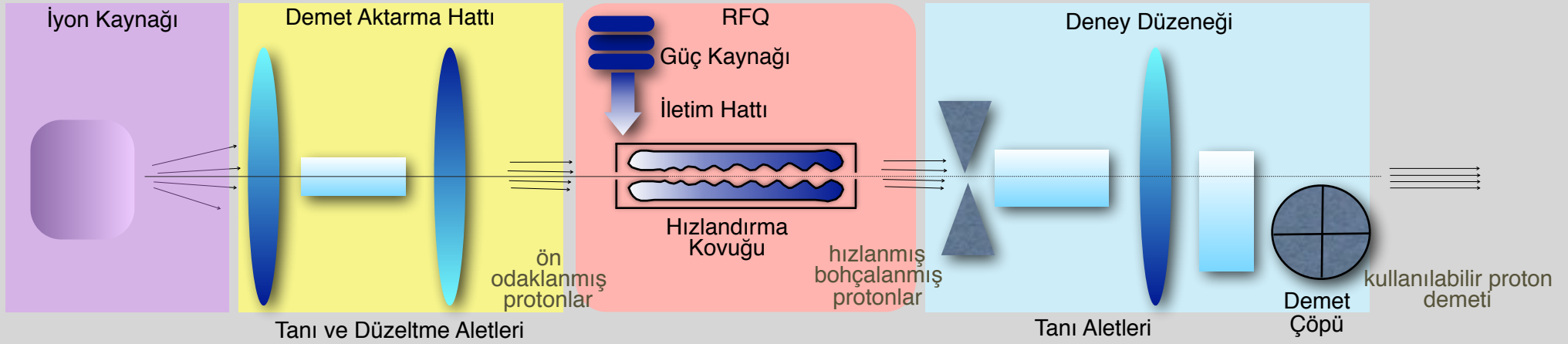
### ➔ Promete Projesi

### ➔ Elektron Hızlandırıcısı

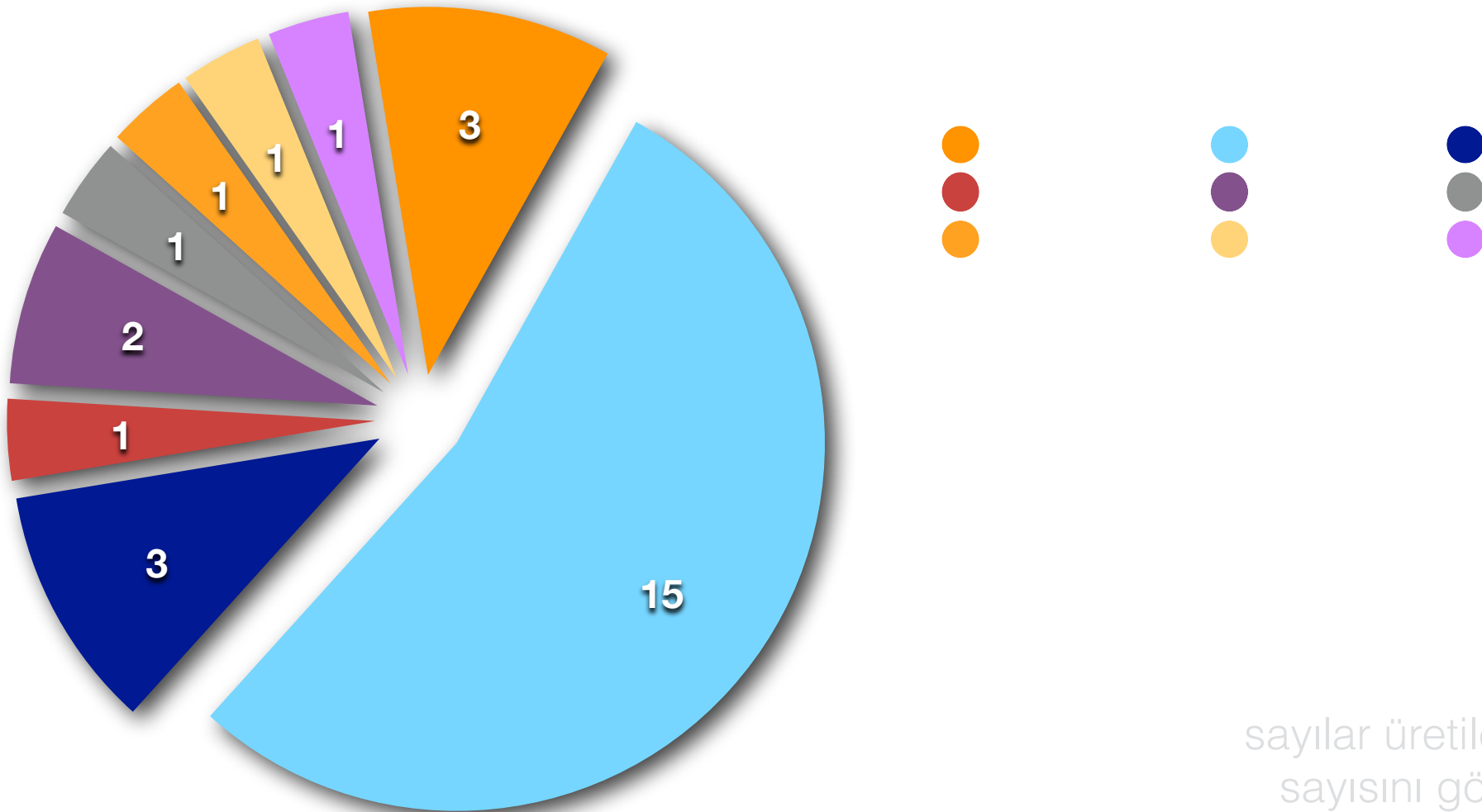
## ● TOBB - Endüstriyel Hızlandırıcı Laboratuvarı

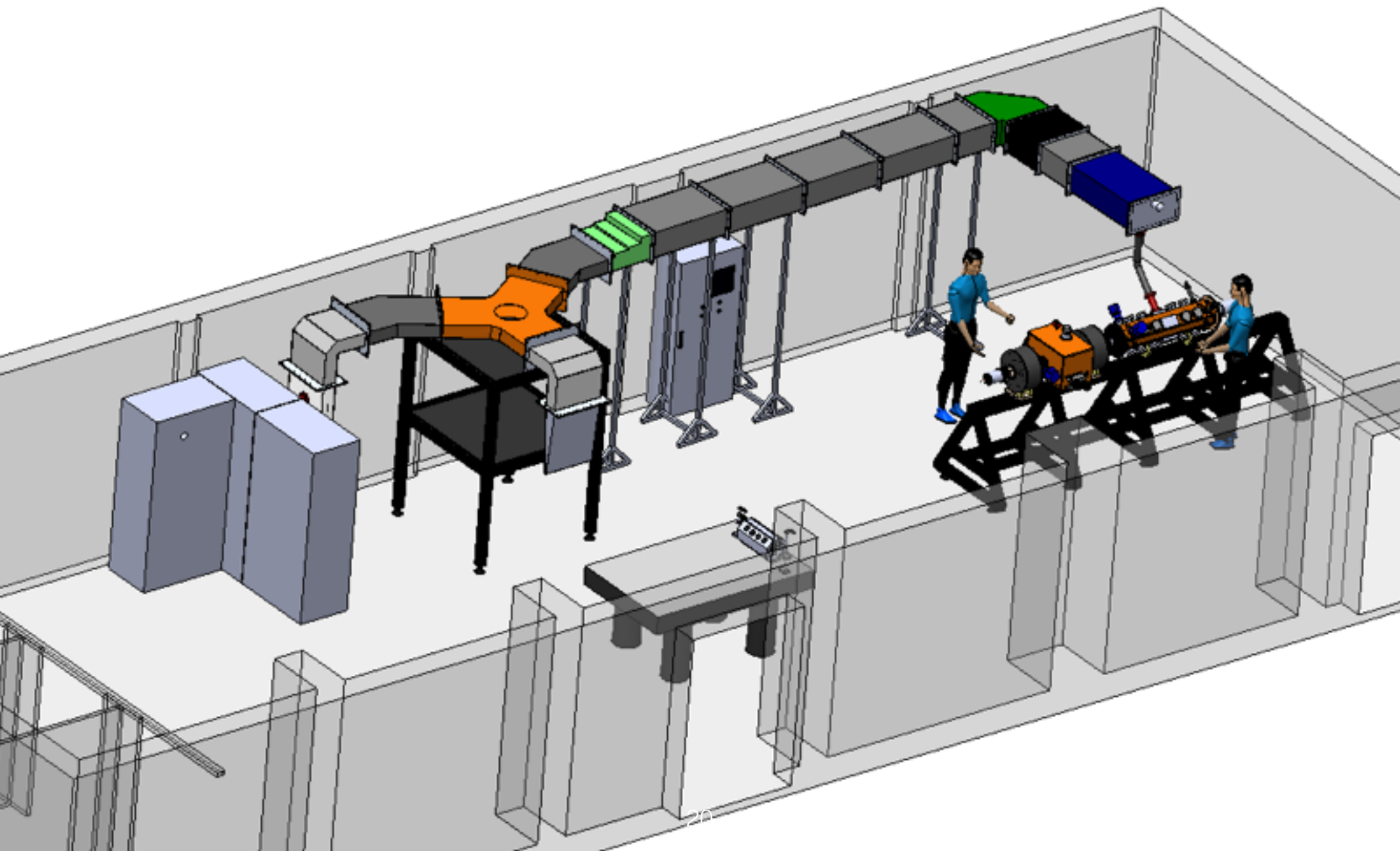
TAEK kayıtlarına göre Türkiye'de yüklü parçacık demetlerinin hızlandırılması teknolojisine dayalı 224 düzenek (LINAC – Linear Accelerator / Doğrusal Hızlandırıcı) bulunmaktadır. Bu hızlandırıcıların satın alınmasının yaklaşık maliyeti (bakım masrafları hariç) toplam 350 milyon USD'dir.



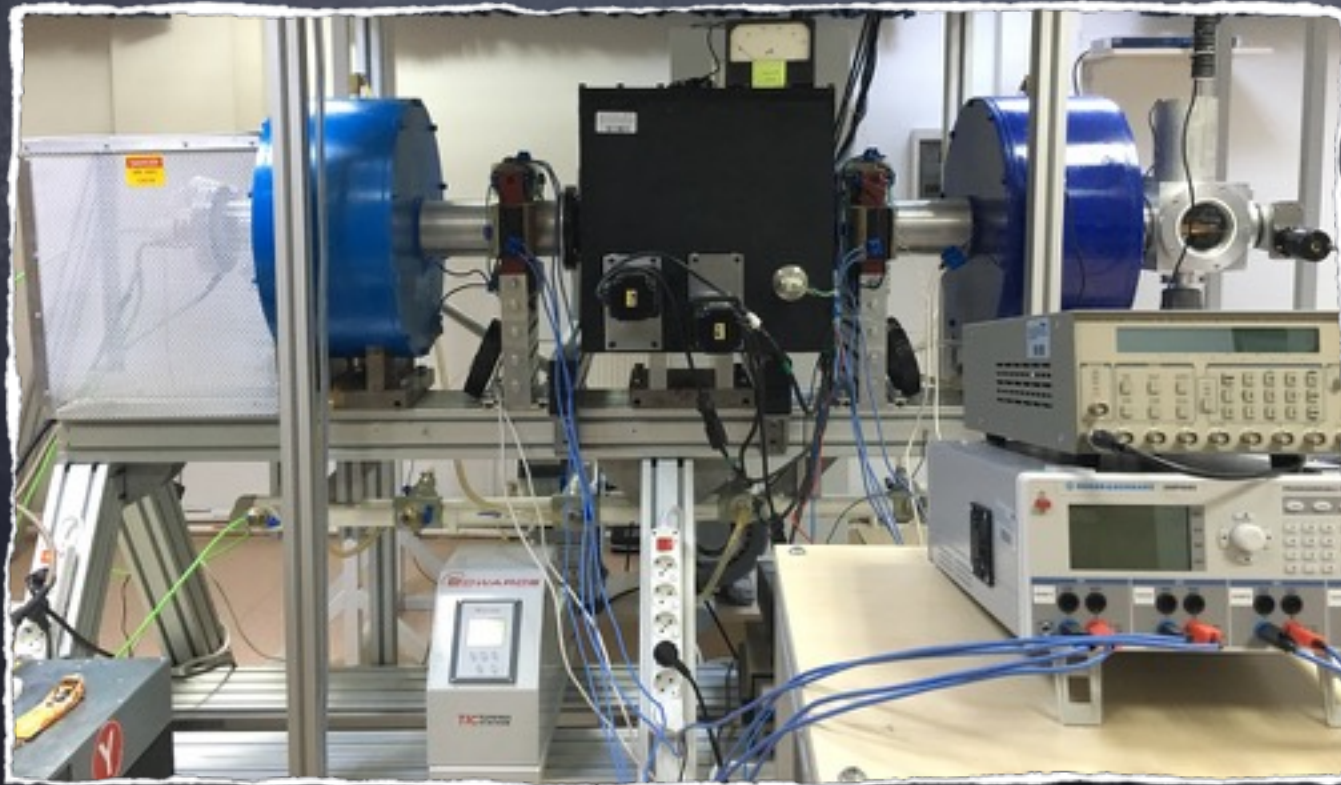
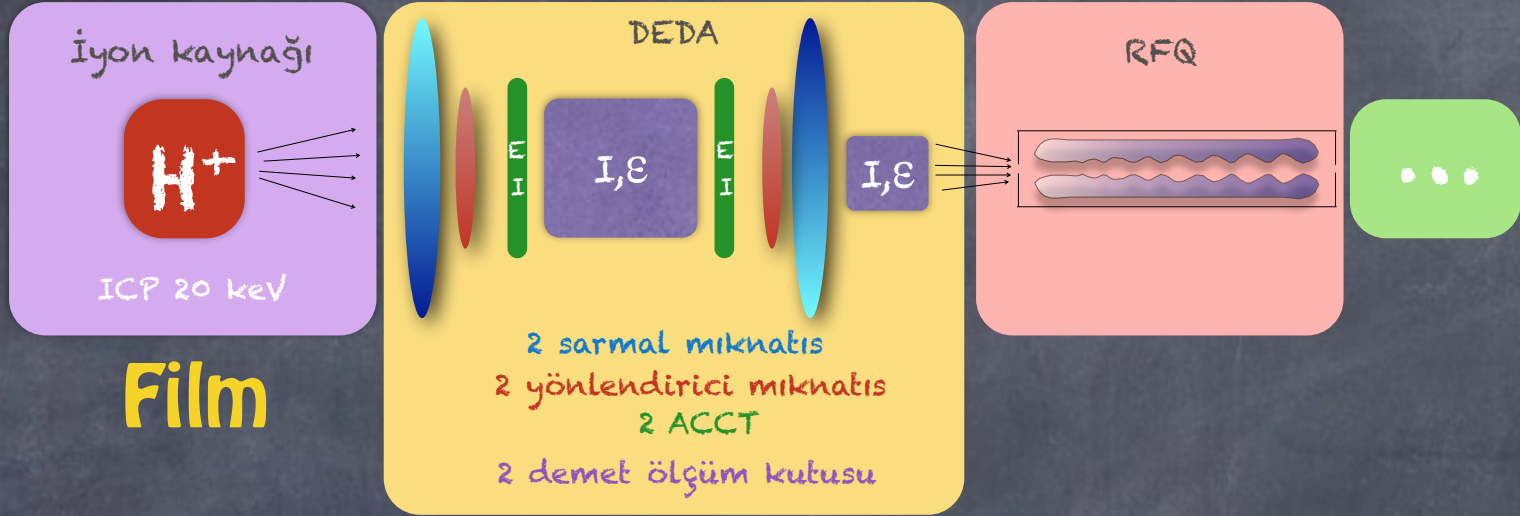


# RFQ üretim bilgisi dünyada sınırlı sayıda ülkede var. (+UK)

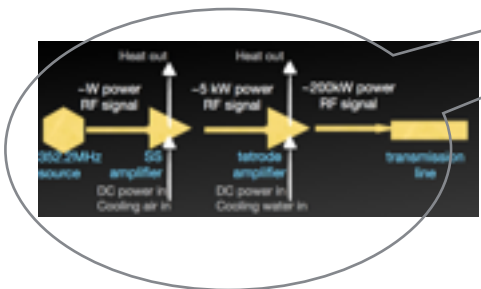
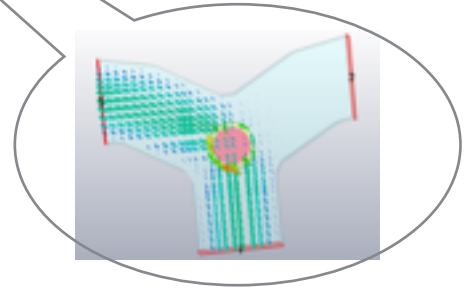
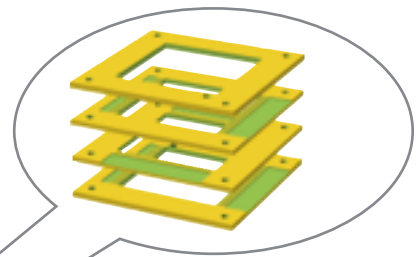
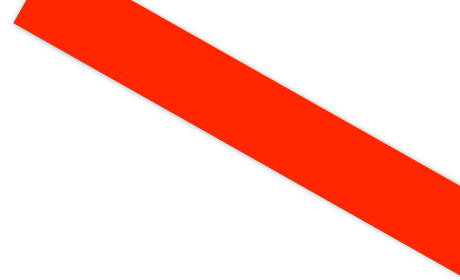




# RFQ Öncesi Bileşenler



Aralık 2015

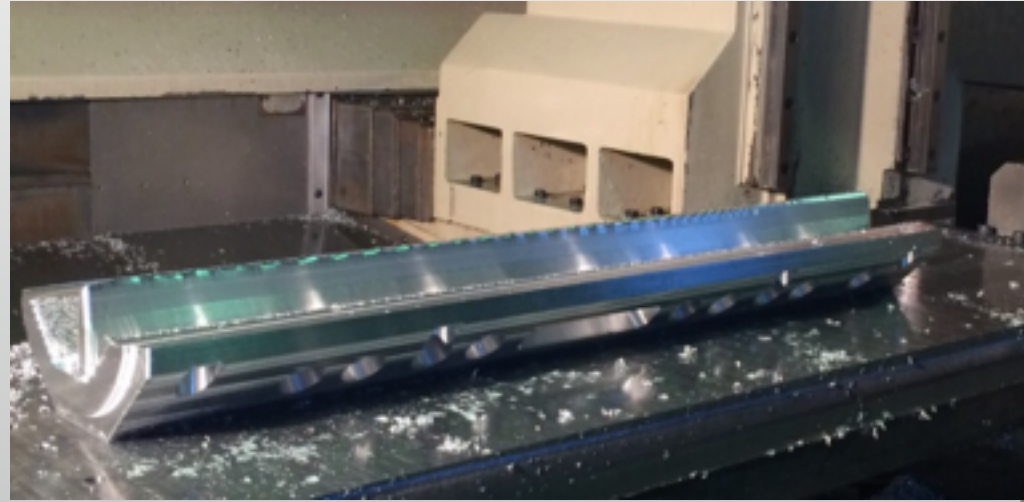
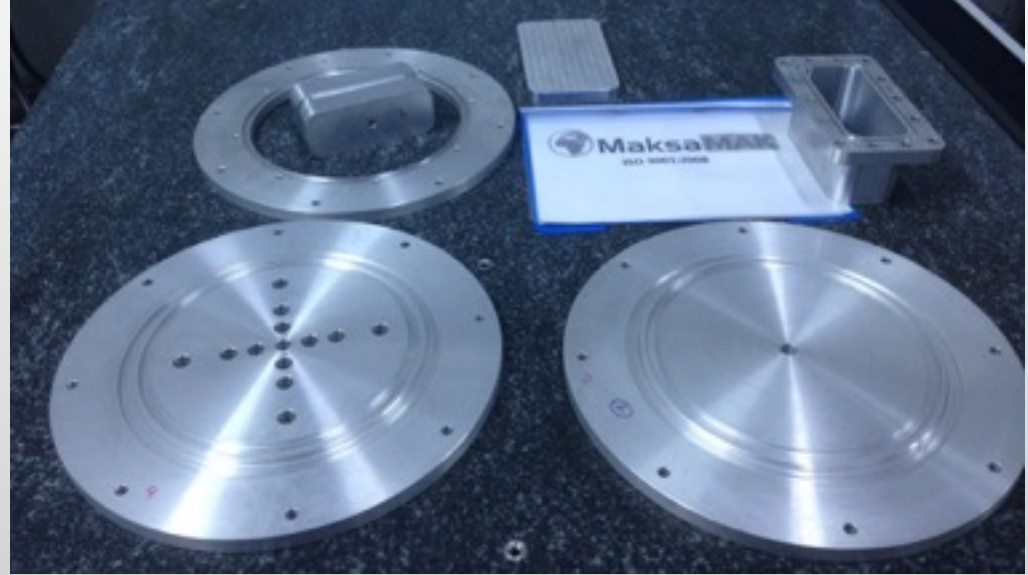




# Türk Endüstrisi ve Hızlandırıcılar

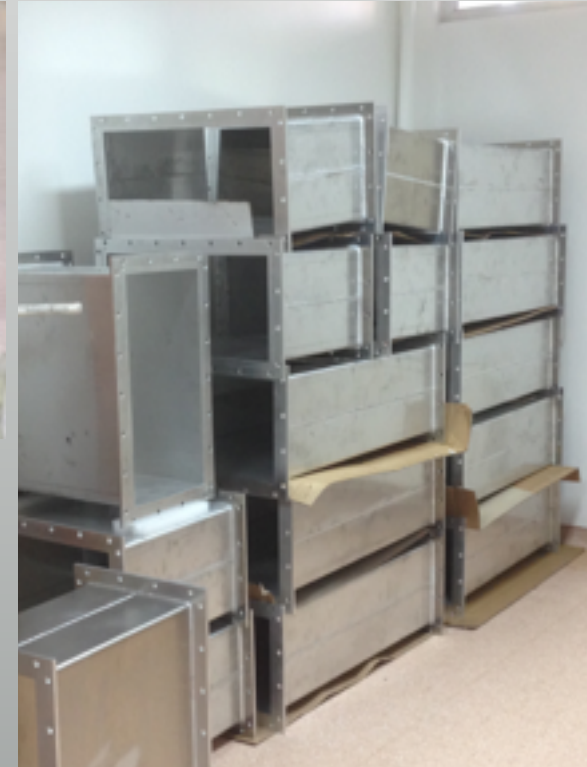
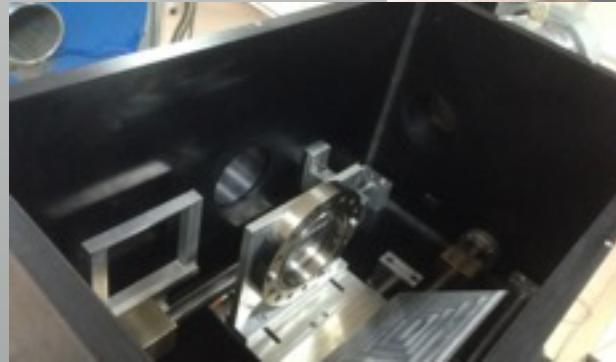
## • Maksamak - Ankara

- SPP hızlandırıcı kovuk

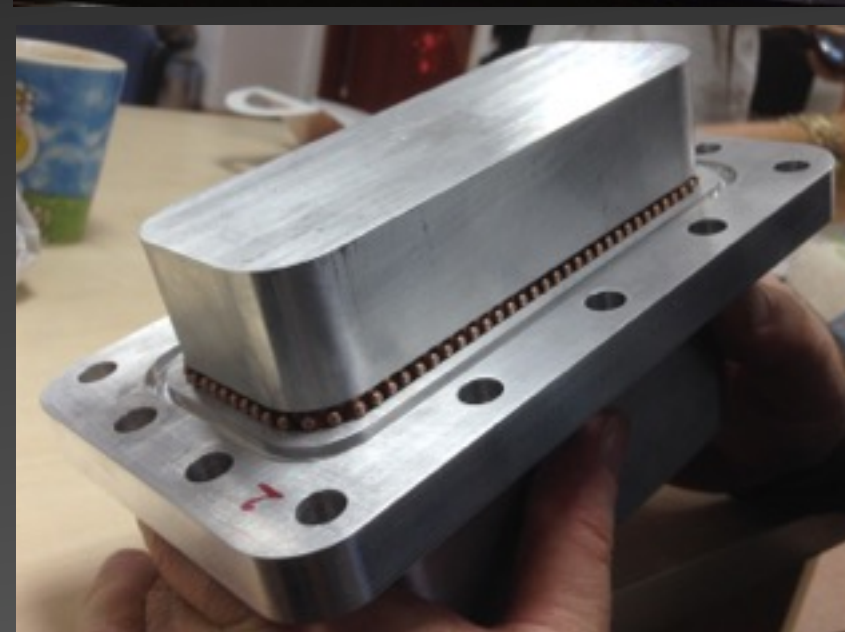
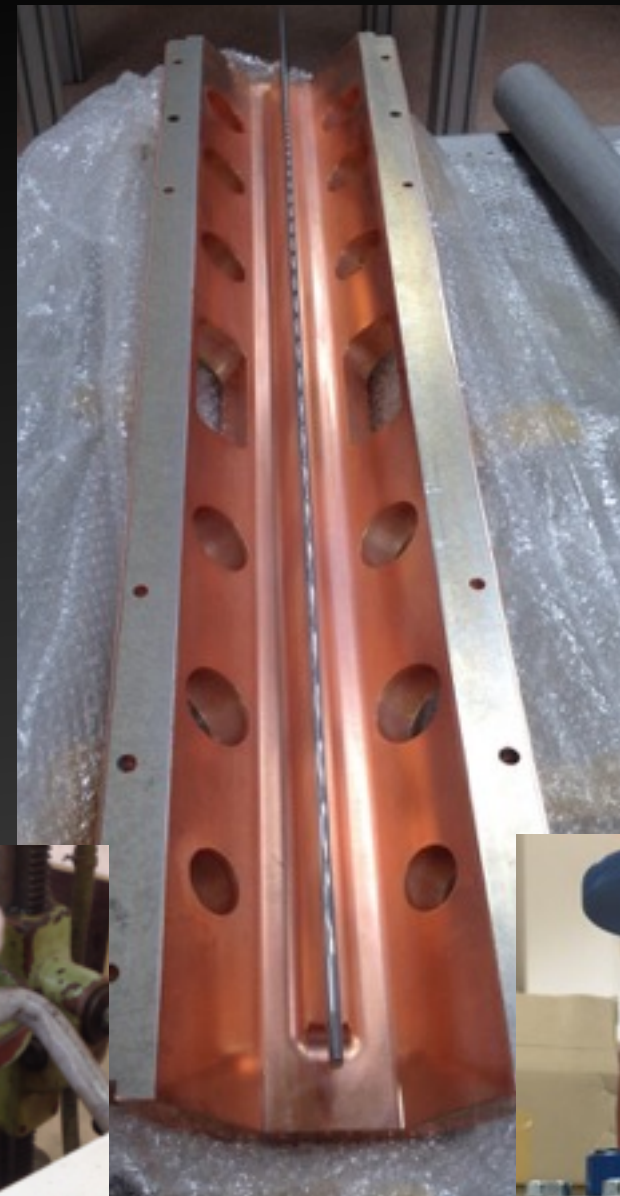


## • Kalitek- Ankara

- SPP RF iletim yolu
- SPP ölçüm kutusu







# Türk Endüstrisi ve Hızlandırıcılar

## • Sönmez Trafo - İstanbul

- SESAME Miknatısları



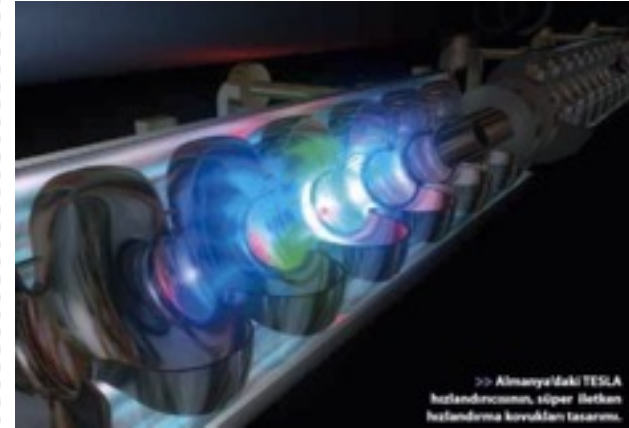
## • EPROM Elektronik - Ankara

- SPP RF güç kaynağı
- Klystron besleme ve kontrol



# 21. yüzyılın anahtarı HIZLANDIRICILAR

Yüklü parçacık demeti, mükemmel bir araçtır. Tıptan endüstriye, savunma sanayisinden temel araştırmalara kadar her alanda kullanılır. 1920'lerin Türkiyesi için traktör veya lokomotif ne kadar önemliyse 2020'lerin Türkiye'si için de hızlandırıcılar aynı önemde olacak.



## ELEKTRON HIZLANDIRICISININ KULLANIM ALANLARINA YÖNELİK BAZI ÖRNEKLER

**ELEKTRON DEMETİYLE DOĞRUDAN ÜRETİM:** Demet enerjisinin aktarılmasıyla perçinlenen metaller bir araya getirilerek üç boyutlu, hemen kullanılabilir parçalar yapılır. Havacılık endüstrisinde mümkün olan en az miktarda malzeme kullanmak gerektiği için bu birleştirmeli üretim yolu tercih edilir.

**ELEKTRON DEMETİYLE ERİTME:** Ham madde olarak kullanılan metal tozlarını elektron demetiyle eritip birleştirerek çok sağlam, boşluksuz parçalar üretilir.

**ELEKTRON FIRINI:** Vakumda vanadyum, titanyum gibi yüksek saflık gerektiren metallerin eritilmesinde ve bunlardan malzeme üretiminde elektron demetleri kullanılır.

**ELEKTRON DEMETİYLE KAYNAK:** Birleřtirilecek iki metale uygulanan elektron demetinin enerjisi birleşme yüzeyini eritir ve kaynak sağlanır. ABD'de 1950'lerden beri kullanılıyor.

**ELEKTRON DEMETİYLE ŐEKİLLEME:** Baskıda kullanılan silindirlerin yüzeylerini eritip kraterler oluşturarak Őekiller (tekstür) elde etme yöntemi. Basım, tekstil ve metal endüstrilerinde kullanılır.

**ELEKTRON DEMETİYLE İŞLEME:** Metal bir blok elektron demetiyle eritilerek istenilen Őekle sokulur.

## ELEKTRON HIZLANDIRICISININ KULLANIM ALANLARINA YÖNELİK BAZI ÖRNEKLER

**ELEKTRON DEMETİYLE TAŞ BASKI (LİTOGRAFI):** Yarı-iletken malzemeyi eritip oyarak tümleşik devrelerin çiziminde ve üretiminde kullanılır.

**ELEKTRON DEMETİYLE TEDAVİ:** Cilt kanseri gibi yüzeye yakın tümörlerin veya ameliyat sırasında görülen kanserli hücrelerin yakılıp yok edilmesinde kullanılır.

**ELEKTRON DEMETİYLE İYİLEŞTİRME:** ED ile işlenen mürekkep daha hızlı kurur ve yapışır. Morötesi ışık ve ısıyla iyileştirme yönteminden daha ucuz ve etkindir.

**ELEKTRON DEMETİYLE BACA GAZLARININ TEMİZLENMESİ:** Kömürle çalışan fabrikaların dumanlarındaki azot ve sülfür oksidi işleyip yüzde 90 iyileştirme sağlayarak hava kirliliğini önemli derecede azaltır. Gereken harcama fabrikanın elektrik sarfının yüzde 1'i kadardır. Polonya'da yapılan bir pilot fabrikada ED ile baca gazlarındaki sülfürdioksidin yüzde 95'inin ve nitrojendioksidin yüzde 90'ının yok edildiği gözlenmiştir. Bu gazlar asit yağmurlarına ve dumanlı sise neden olur.

## **ELEKTRON HIZLANDIRICISININ KULLANIM ALANLARINA YÖNELİK BAZI ÖRNEKLER**

**ELEKTRON DEMETİYLE SIVILARIN TEMİZLENMESİ:** Şehir atık sularının mikroplardan arındırılmasını veya fabrika atıklarının içindeki haloalkanların yok edilmesini sağlar. Normalde kullanılan klor ve benzeri kimyasallar borulara korozyon yapar.

**ELEKTRON DEMETİYLE POLİMERLERİN ÇAPRAZ BAĞLANMASI:** Bağlanan polimerler daha sağlam ve erimez olur. Kablolardaki yalıtım malzemesi daha geç ısınır (yanar) hale gelir. Ulaşım (otomotiv, gemi, uçak vb.) endüstrisinde kullanılır. Bu şekilde üretilen ince ve esnek paketlenme malzemeleri (streç film) sayesinde et tavuk gibi ürünlerin raf ömrü artar.

**ELEKTRON DEMETİYLE STERİLİZASYON:** Besinlerin ışınlanarak içlerindeki bakteri, virüs gibi zararlıların yok edilmesi.

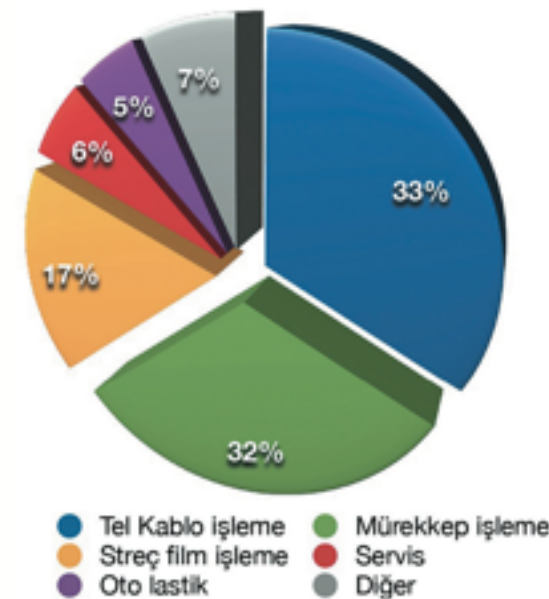
# Elektron Demetlerinin Endüstri Uygulamaları

	DÜŞÜK ENERJİ	ORTA ENERJİ	YÜKSEK ENERJİ
ENERJİ ARALIĞI	70keV - 300keV	300keV - 5MeV	5MeV - 10MeV
ÖZELLİKLERİ	Geniş demet $\leq 3m$ , taramasız	Geniş demet $\leq 3m$ , taramalı	Linac veya SRF
KULLANIM ALANLARI	Mürekkep iyileştirme	Tıbbi sterilizasyon	Tıbbi gereçlerin yoğun sterilizasyonu
	Yüzey sterilizasyonu	Plastik ve lastiğin çapraz bağlanması	Kalın plastiklerin çapraz bağlanması
	Polimerlerin çapraz bağlanması	Isıda küçülen streç film yapılması	
	Sıvı ve gazların temizlenmesi	Tel ve kablo yalıtımı bağlanması	

ED'den X ışınları da elde edilir.

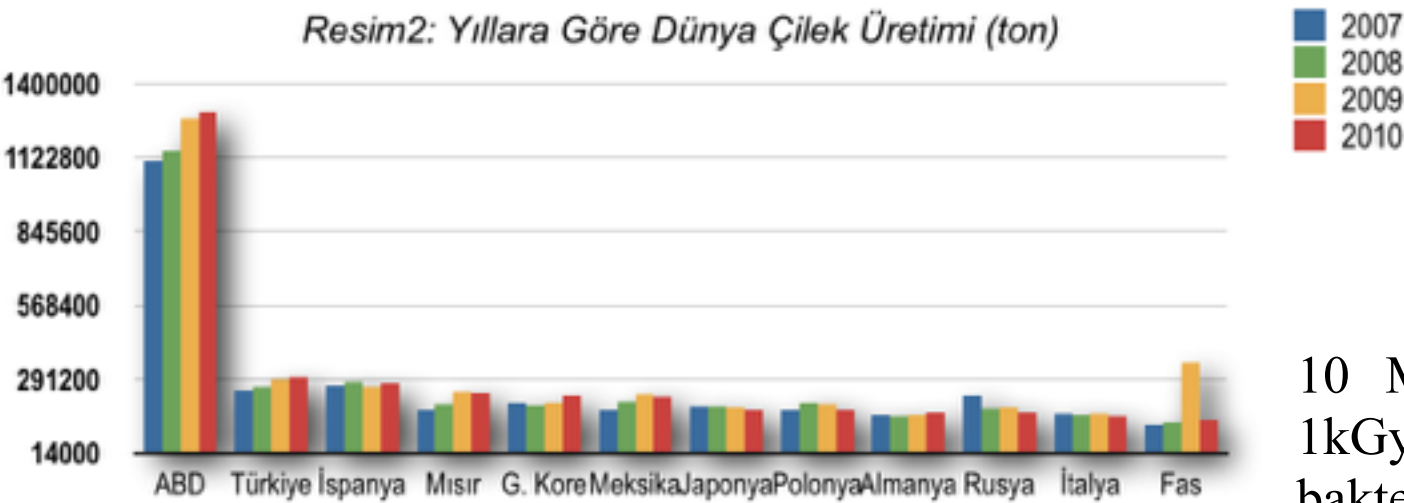


50 milyar dolarlık endüstriyel elektron demeti pazar payı (IAEA 2011)

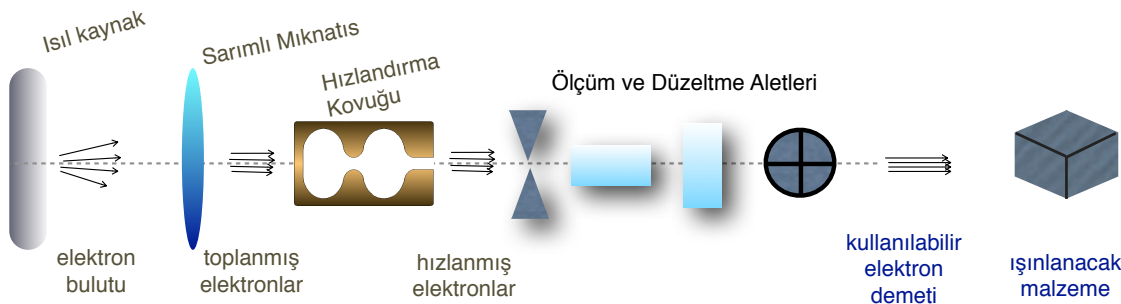


# Arındırma ve ED

Resim2: Yıllara Göre Dünya Çilek Üretimi (ton)



10 MeV ve ışınlama miktarı olan 1kGy'in başta E. Coli olmak üzere bakterilerin %99.999'unu etkisiz hale getirdiği gösterilmiştir.



İşinlanmamış (sol) ve işinlanmış (sağ) çileklerin 2 hafta boyunca 4 derece ısıda bekletildikten sonraki durumları



# Baca Gazı Temizliği 1

ED zehirli gaz moleküllerini parçalar

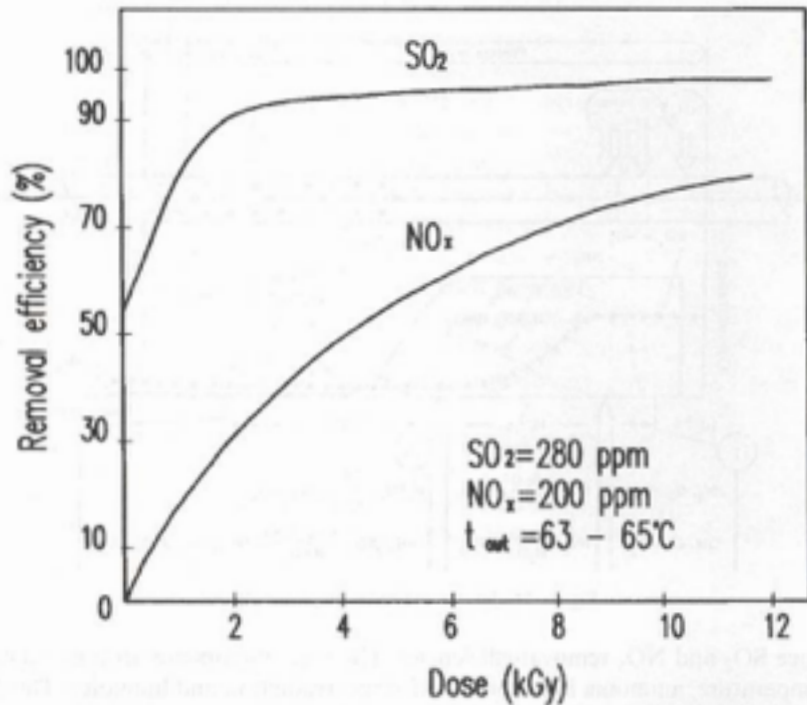
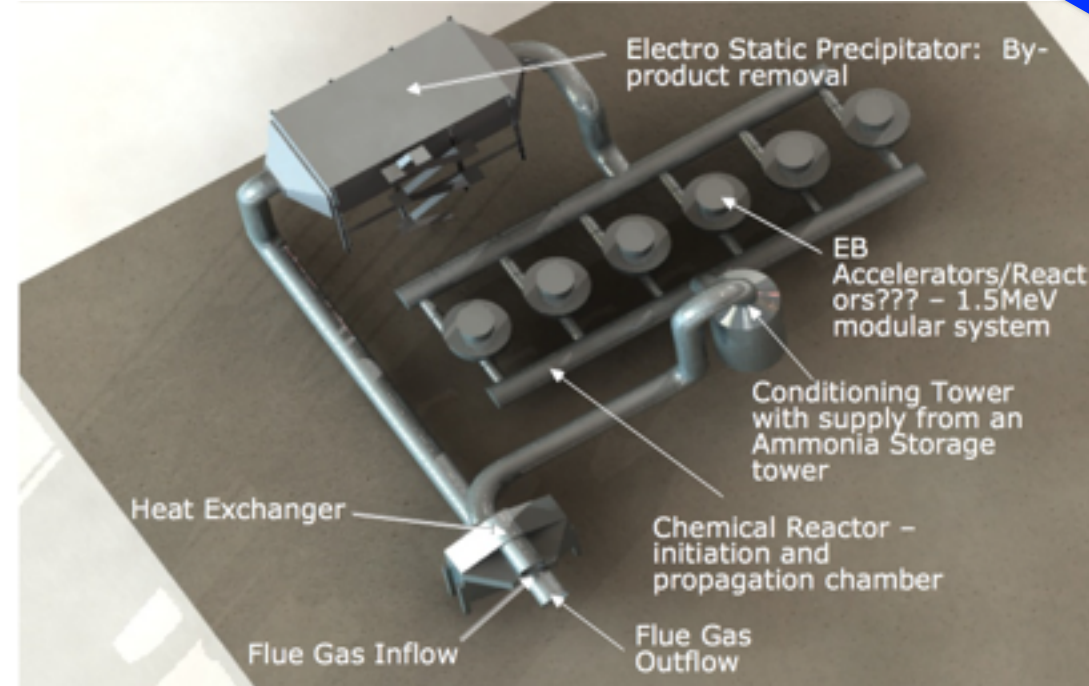


Fig. 5. Dose dependence of SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> removal efficiencies. (INCT, J. Licki, Warsaw, Poland)



## Baca Gazı Temizliği için gerekenler:

- **0.7 - 1.5 MeV** elektron enerjisi
- MW demet gücü - bir çok kW birimi
- % 85 - 95 verimli çalışma
- yılda 8 bin saat bilgisayarlı otomatik işletme
- yüksek güvenilirlik işletim

# Bir Disiplinler Arası Çalışma

- Arşimed: 287 B.C. & 212 B.C. (Sicilya)
  - ➔ Çalışmalarını papirüse yunanca olarak yazar.
- Kitaplaşması – 1,000 A.D. (Istanbul)
  - ➔ El yazmasının bir kopyası çizim ve hesaplamalar da dahil olarak kitap haline getirilir.
- Palimpsest – 1,200 A.D. (Istanbul)
  - ➔ Bir keşiş kitabın parşömenini tekrar kullanıp dua kitabı yapar.
- Fark edilir – 1906 A.D. (Istanbul)
  - ➔ Danimarkalı dil bilimci Johan Ludvig Heiberg kitabı İstanbul'da bulur. Bazı sayfaların resmini çekip yayınlar.
- Kaybolur – 1907 A.D. (Istanbul)
- Bulunur – 1930 A.D. (Istanbul)
  - ➔ Fransız bir aile, bir sahaftan satın alır.
- Satılır – 1998 A.D. (Paris)
- Yenilenmekte – Bugün

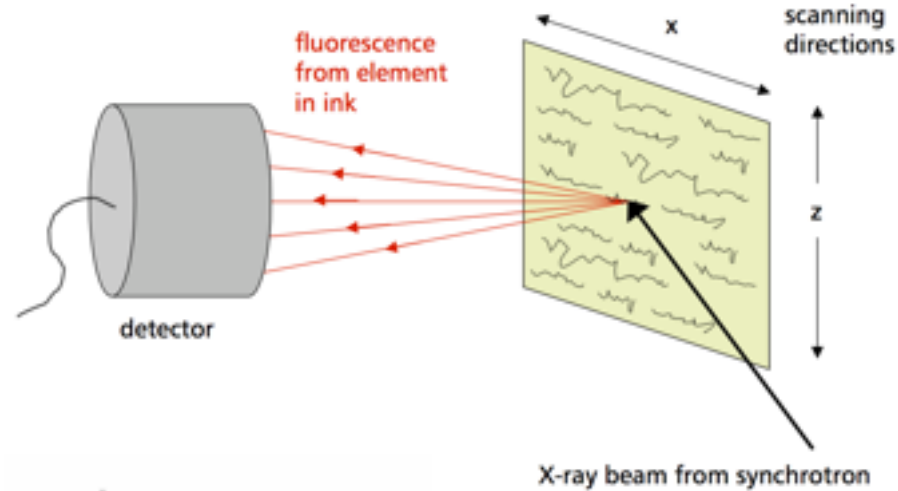
abcdefg  
abcdefg  
abcdefg  
abcdefg

xyzcdefghi  
xyzcdefghi  
xyzcdefghi  
xyzcdefghi

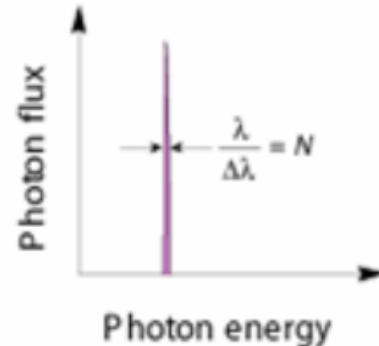
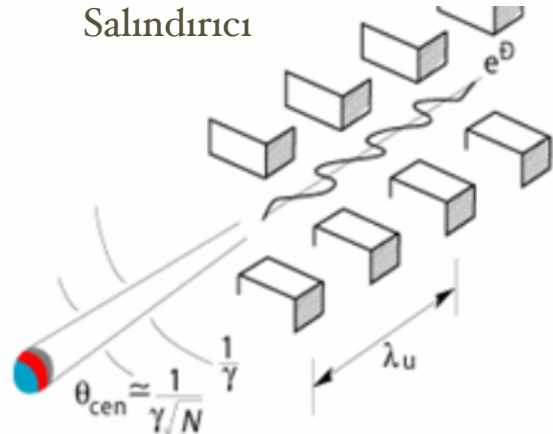


# Okunabilmesi

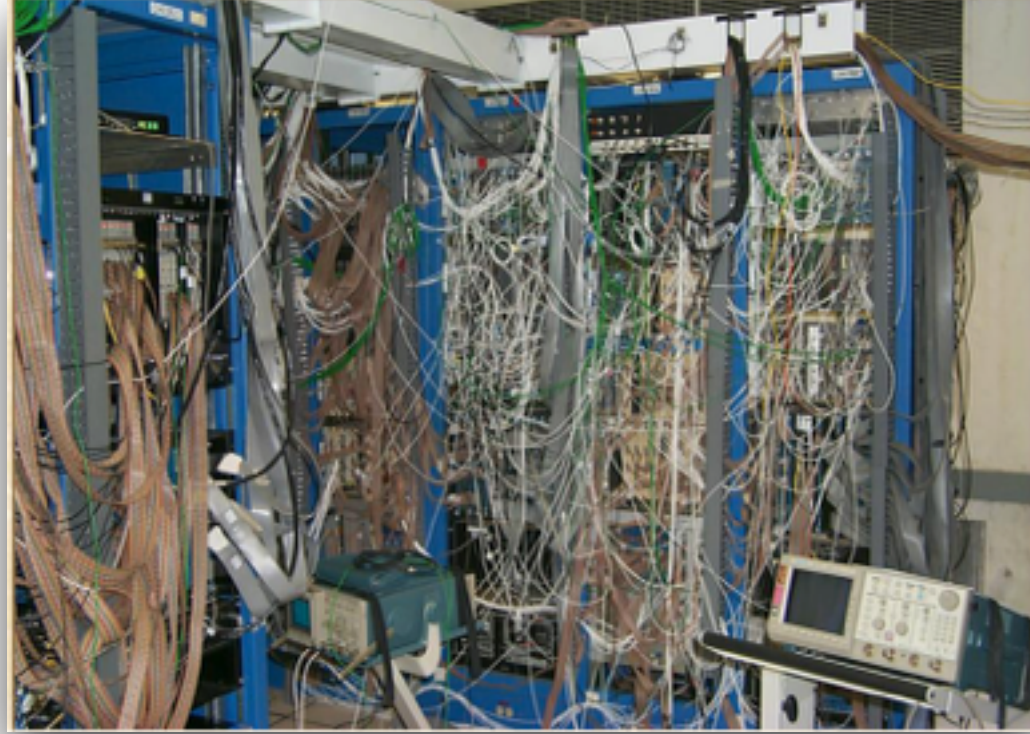
- Tarihçiler, dil bilimciler ve HPF çalışanları arasında ortak çalışma.
  - ➔ 1000 Yılında kullanılan mürekkepte demir var.
  - ➔ Demir atomları uyarılıp incelenebilir.
  - ➔ Enerji aralığı dar bir foton demeti gerekli (SLAC)



Salıncı



# Teşekkürler



En önemli 3 etkinlik: Öğretmek, öğrenmek, üretmek

- ▶ hiç birini yapmadığınız gün: **kötü** geçmiştir.
- ▶ bunlardan birini yaptığınız gün: **normal** geçmiştir.
- ▶ bunlardan ikisini yaptığınız gün: **iyi** geçmiştir.
- ▶ bunlardan üçünü de yaptığınız gün: **harika** geçmiştir.

# Karşılaştırma (Milyar US\$)

İsim	Üretim	Yaşam (yıl)	Yıllık
Ay Yolculuğu	100	4	25
LHC	8	20	0.4
Uçak gemisi	4.5	25	0.18
ATLAS	0.44	20	0.022
Nasa Uzay giyimi	0.315	10	0.0315
TurkSAT 1A*	0.02	?	

\*havada patladı

# MR - ayrıntı

Parçacık fiziği araştırmaları sayesinde atom çekirdeğinin yapısı anlaşılınca, öncekilere göre vücuda daha az zararlı ve daha ayrıntılı tanı yöntemleri geliştirildi. Bu yöntemlerden en çok bilineni ve günlük dile “emar” diye geçen, ‘nükleer manyetik rezonans’, vücudun iç yapısının ayrıntılarıyla görülmesini sağlar. Nükleer sözünün halkta uyandırdığı rahatsızlıktan kaçmak için kısaca MR denilen bu yöntem, insan vücudunda büyük bir oranda su olmasına, ve suyun da hidrojen atomu içermesine dayanır. En basit atom olan hidrojen atomunun çekirdeği yüksek bir manyetik alan sayesinde uyarıldığında, çekirdeğin bulunabileceği enerji seviyesi ikiye ayrılır. Bu ayrılma kuantum fiziğinin doğrudan bir öngürüsü ve uygulamasıdır. Hidrojen çekirdeklerine uygun frenkansta, yani rezonans frekansında elektromanyetik dalga verilirse, çekirdekler bir üst enerji seviyesine geçer. Manyetik alanın kapatılmasından kısa bir süre sonra ise, çekirdekler daha düşük seviyeli ilk hallerine geri düşerken, daha önce aldıkları ek enerjiyi bir foton olarak dışarı verir. Yine parçacık fiziğinin gereksinimleri doğrultusunda geliştirilen algıçlar, dışarı çıkan fotonların, geliş yönlerini ve zamanlarını ölçer. Toplanan bilgiler daha sonra bilgisayar yardımı ile 3 boyutlu bir resme dönüştürülür. Ölçümlerdeki zaman bilgisi özellikle önemlidir: algıçlar fotonları ilk aşamada yüzeydeki dokudan, daha sonra derindeki dokudan algılar. Aradaki bu fark derinlik bilgisine erişilmesini sağlar. Bu sayede ilgili bölgenin görüntüsü kesitler halinde alınır. Zaten tomografi sözündeki tomo kesit, grafi ise resim anlamındadır.