Кратък Преглед на Комплекса Ускорители в ЦЕРН и Тяхното Управление

Зорница Захариева

CERN, Accelerators Sector
Beams Department, Controls Group

CERN Bulgarian Teachers Program

26 юли 2011

Globe of Science & Innovation at CERN

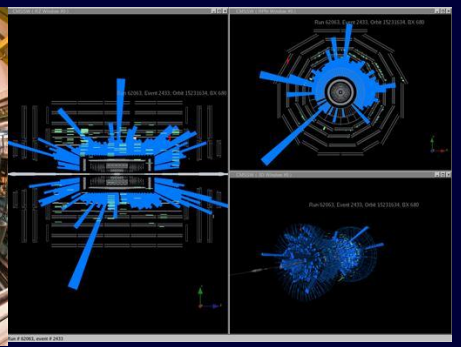
Представяне на лектора

- Образование
  - Магистърска степен Индустриално инженерство – Технически Университет София
  - Магистърска степен Информационни и Комуникационни Технологии – Софийски Университет Св.Климент Охридски

- Професионален опит
  - AMCI - Advanced Micro Controls Inc. 2000 – 2002
  - CERN
    - 2002 – 2003 Engineering Support & Technologies Division, Information Services Group
    - 2003 – 2009 Accelerators & Beams Department, Controls Group
    - 2009 – present Accelerators Sector, Beams Department, Controls Group

Съдържание

- Част 1 – Комплексът от ускорители в ЦЕРН
- Част 2 – Преглед на управлението на ускорителите



Предизвикателството на микроскопичното

- Ускорители на елементарни частици - пътешествие в микро-света

- Откриването на съб-атомни частици е работа за гиганти

Ускорители на елементарни частици

- Придават скорост и увеличават енергията на сноп от частици с помощта на електро полета, които ускоряват частиците и същевременно ги фокусират и насочват с помощта на магнитни полета

- Кръгови ускорители

- Линейни ускорители

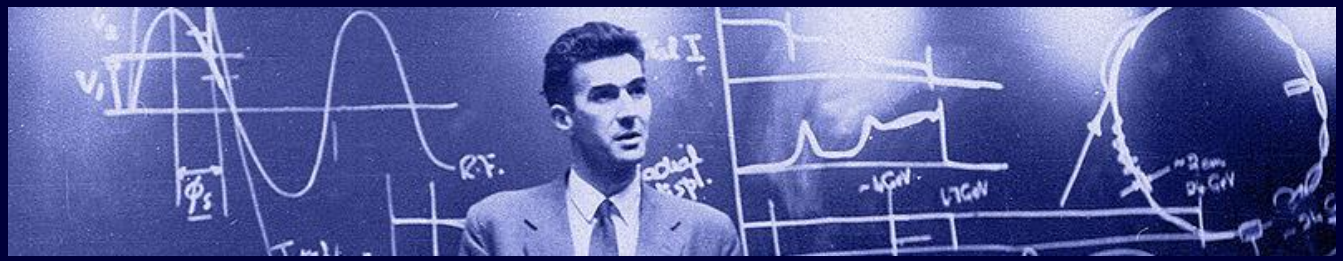
Комплексът от ускорители – в началото ...

- 1954 – зелените поляни край Женева

Комплексът от ускорители – важни събития

- 1957 – първият ускорител е пуснат в експлоатация
  - 600 MeV Synchrocyclotron (SC)
  - спрян след 33 години служба през 1990

- 1959 – Proton Synchrotron (PS) е пуснат в експлоатация



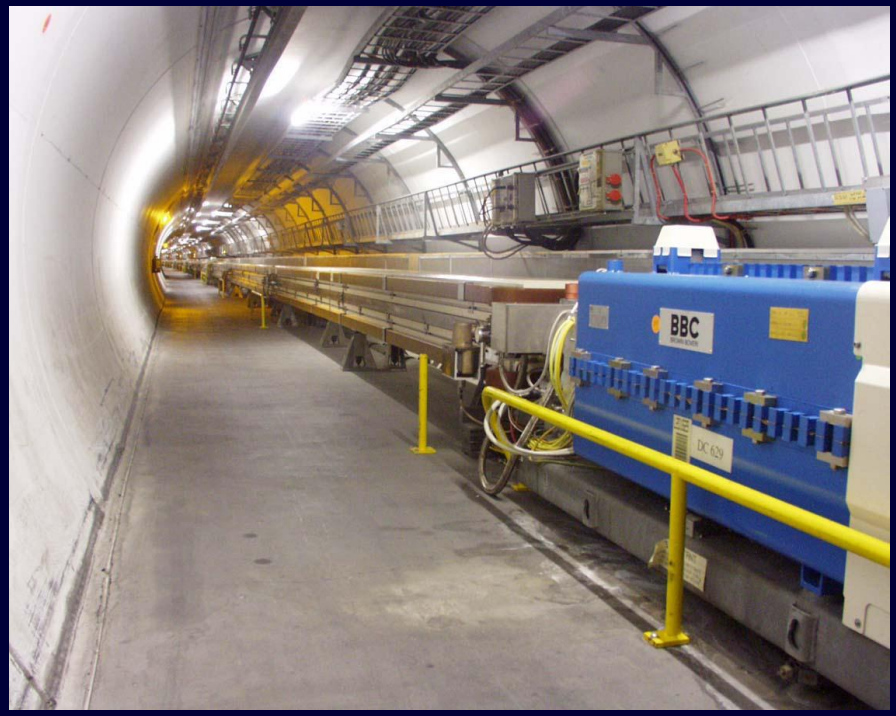
Комплексът от ускорители – важни събития

- 1976 – Super Proton Synchrotron (SPS) е пуснат в експлоатация

- 1984 – Nobel prize winners
  Carlo Rubia & Simon van der Meer
  (W & Z bosons)

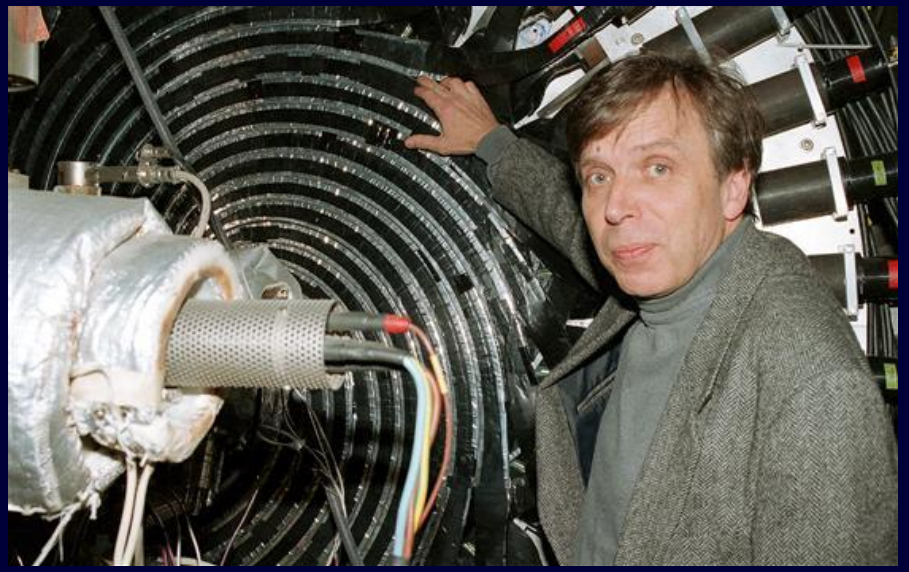
Комплексът от ускорители – важни събития

- 1989 – Large Electron-Positron (LEP) е пуснат в експлоатация



Комплексът от ускорители – важни събития

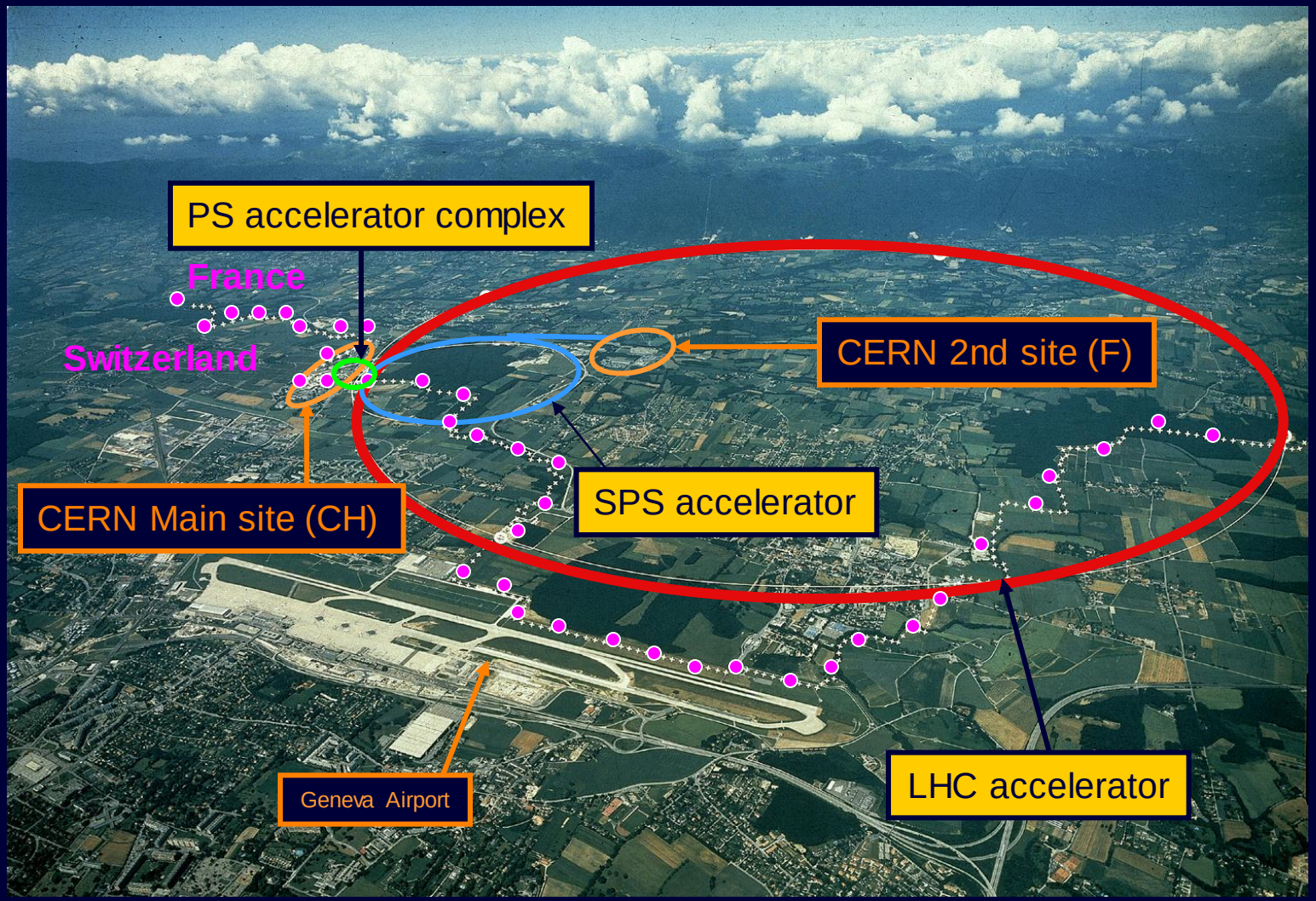
- Low Energy Antiproton Ring (LEAR)
- 1995 – anti-hydrogen (Walter Oelert)

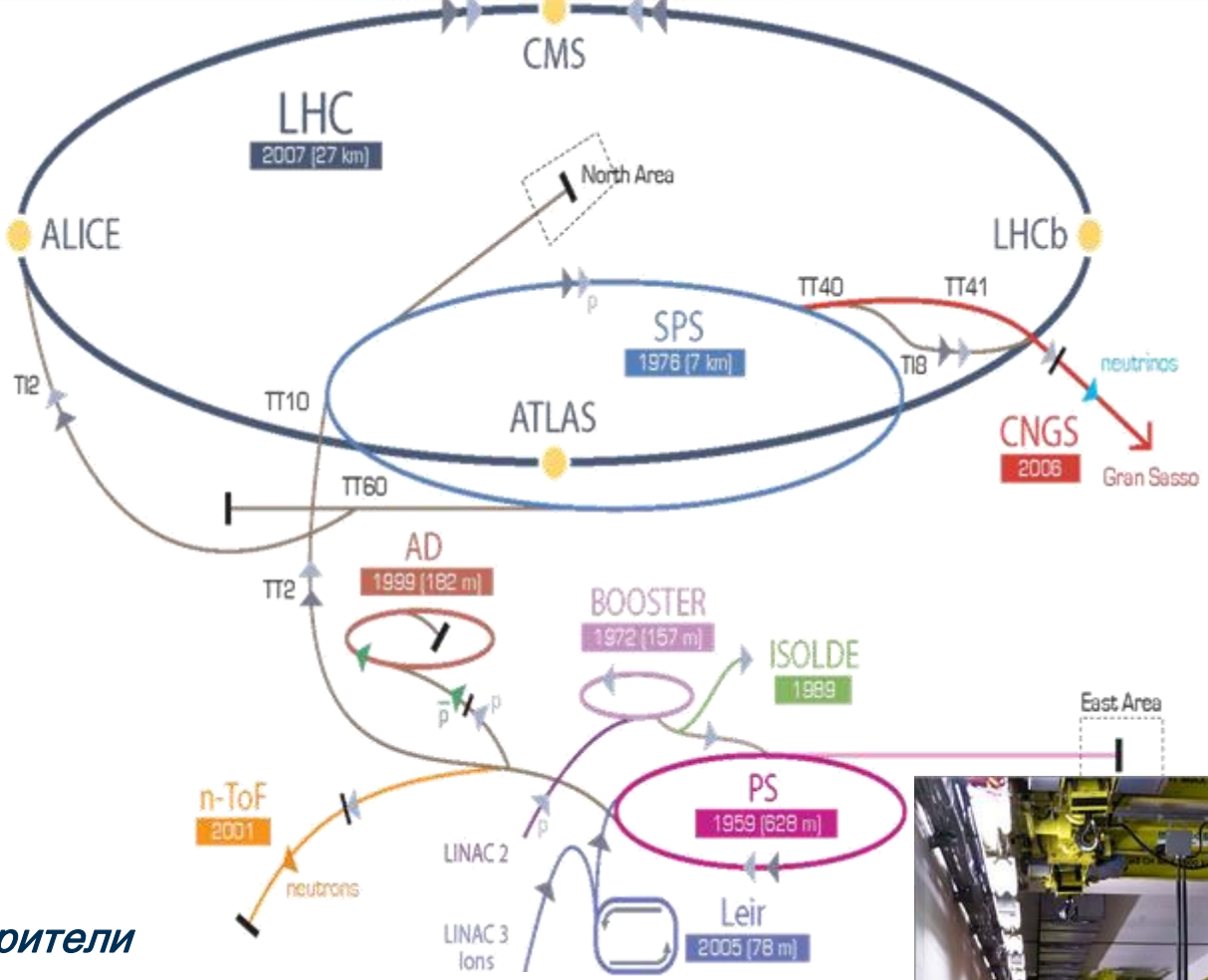


ЦЕРН – в днешно време

- Най-големият комплекс от ускорители в света

ЦЕРН – Комплекс от ускорители





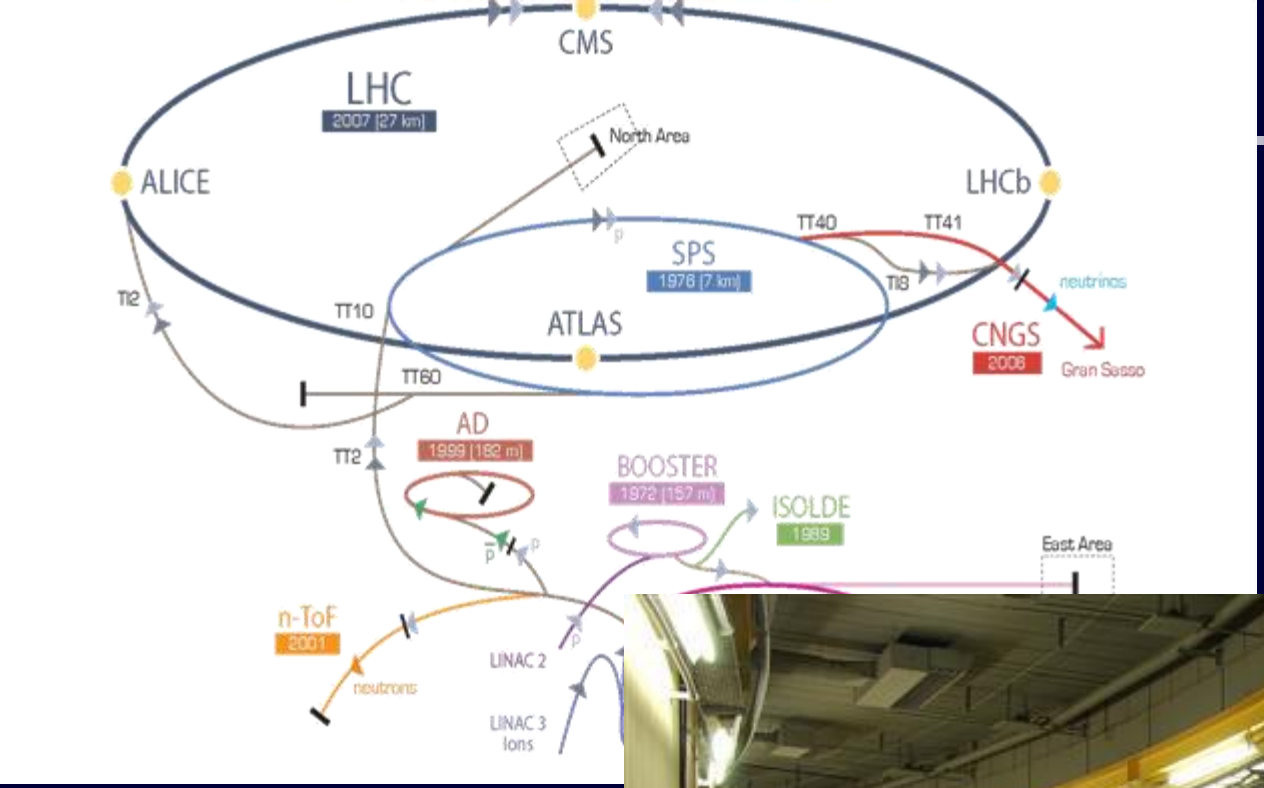
➲ LINAC 2

Ускорители

LHC – Голям Адронен Колайдер
SPS – Супер Протонен Синхротрон
PS – Протонен Синхротрон
AD – Антипротонен деселератор
CTF3 – Тестов Стенд за Експеримента CLIC
CNGS – Неутринен сноп от ЦЕРН за Гран Сасо
ISOLDE – Установка за изучаване на Ядрени Изотопи
LEIR – Пръстен за Йони с Ниски Енергии
LINAC 2 – Линеен Ускорител 2
N-TOF – Неутрона Установка

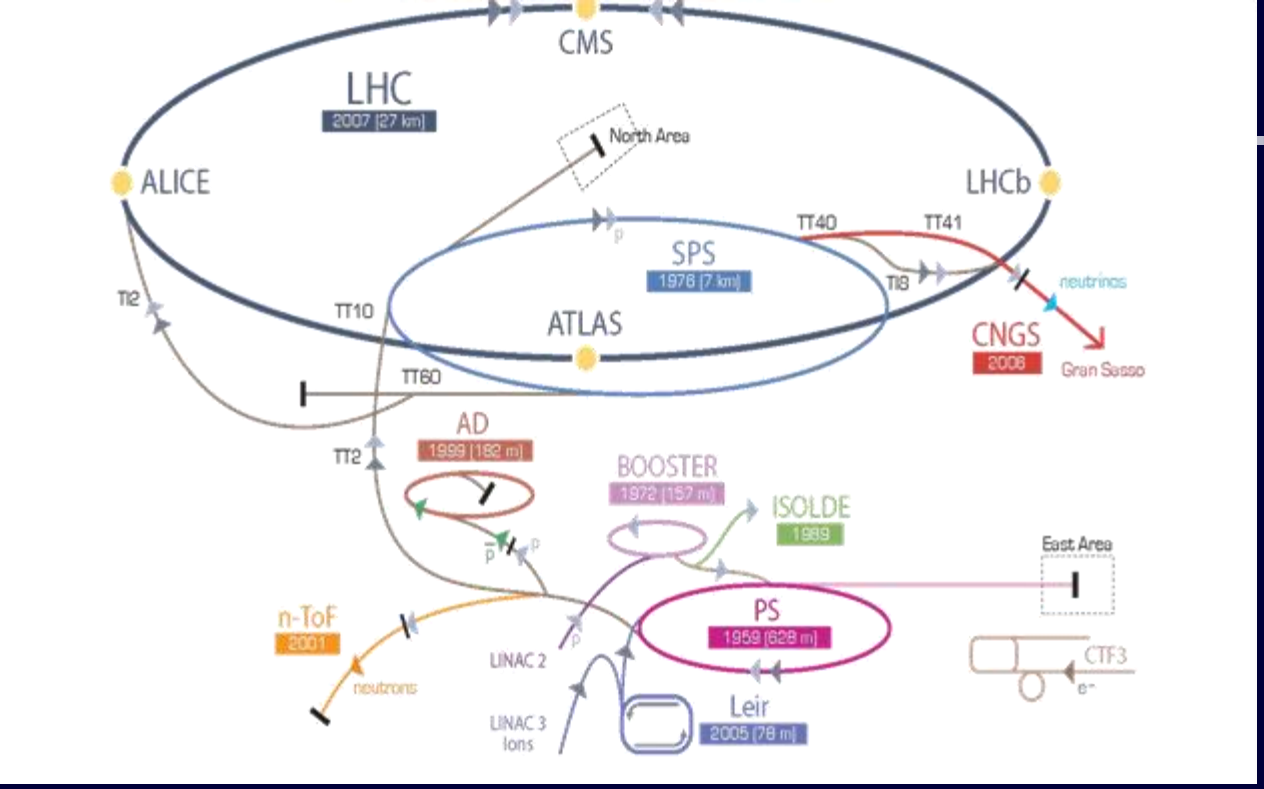
Снопове:

- Протони
- Йони
- Неутрони
- Антипротони
- Неутрина
- Електрони

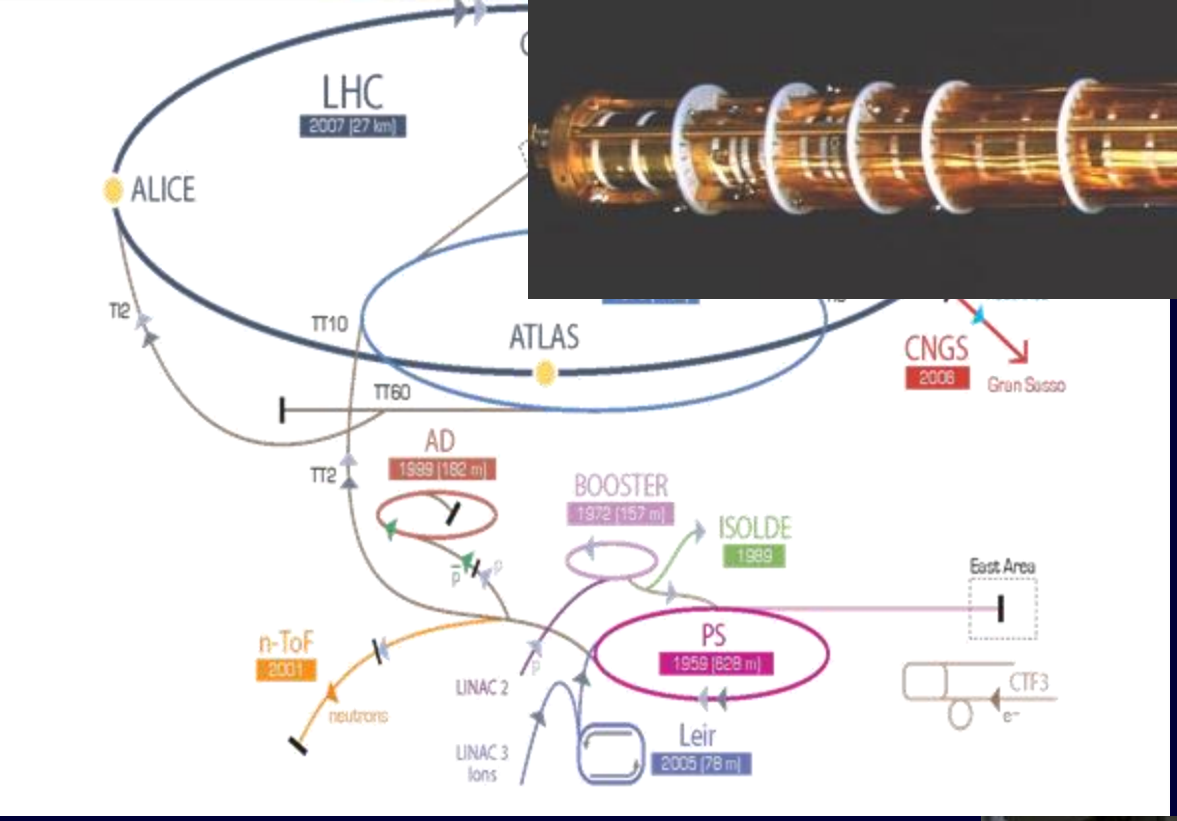

CMS
LHC
2007 [27 km]
North Area
ALICE
LHCb
TT40
TT41
SPS
1976 [7 km]
TI8
neutrinos
TI2
TT10
ATLAS
CNGS
2006
Gran Sasso
TT60
AD
1999 [182 m]
TT2
BOOSTER
1972 [157 m]
ISOLDE
1989
East Area
n-ToF
2001
neutrons
LINAC 2
LINAC 3
Ions

- Booster

BR.B

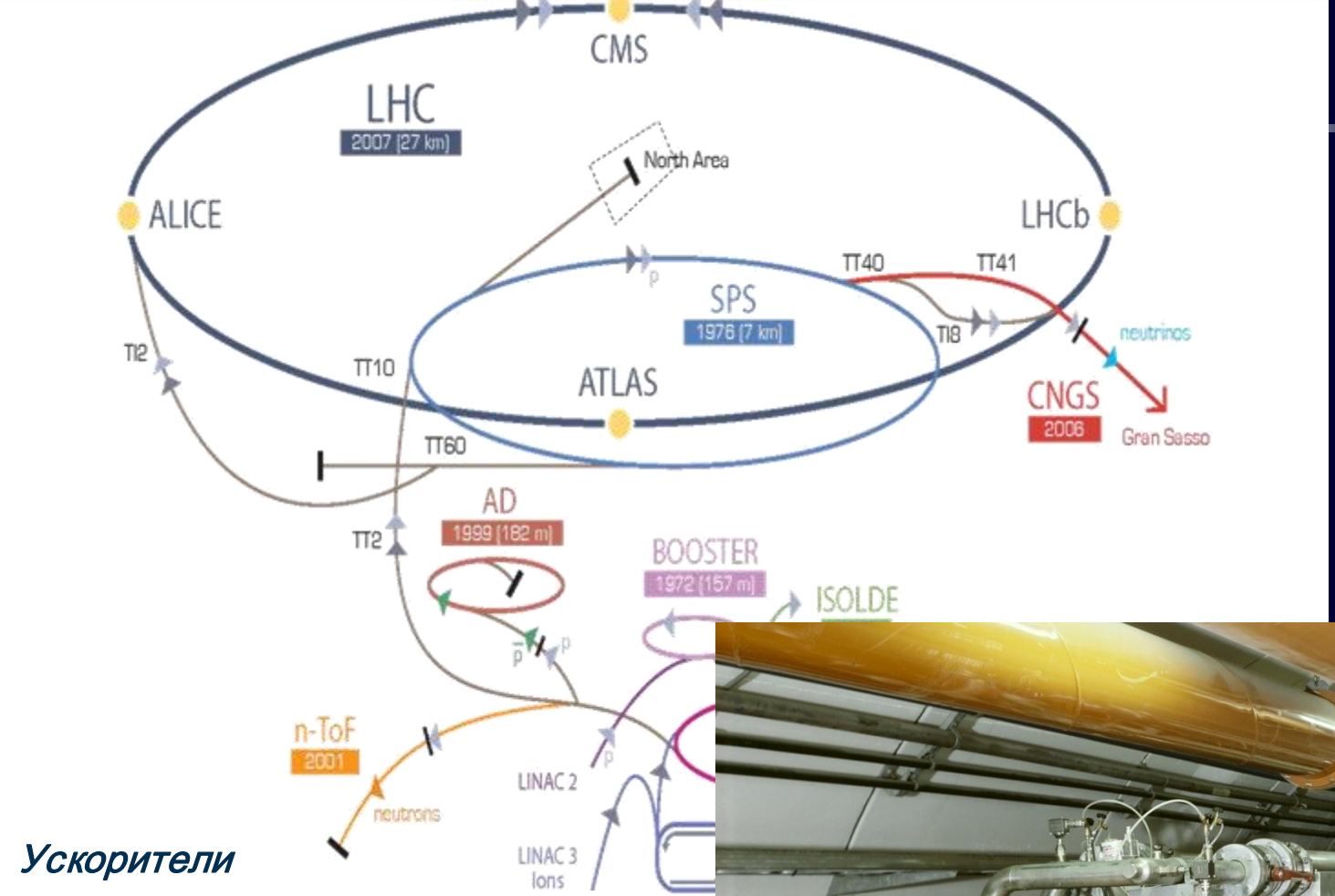


- Proton Synchrotron (PS)



- Antiproton Decelerator (AD)

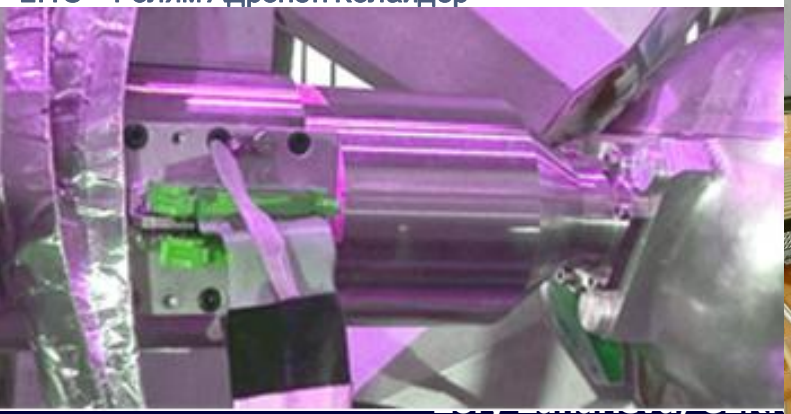
ers

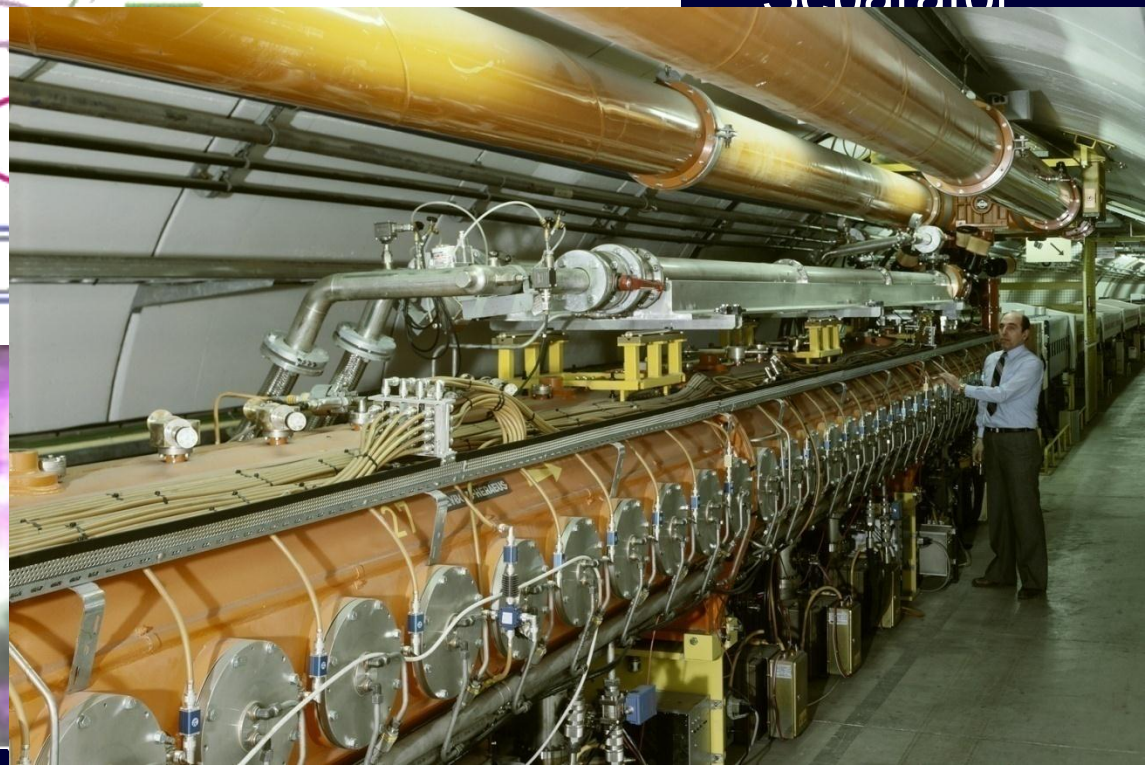


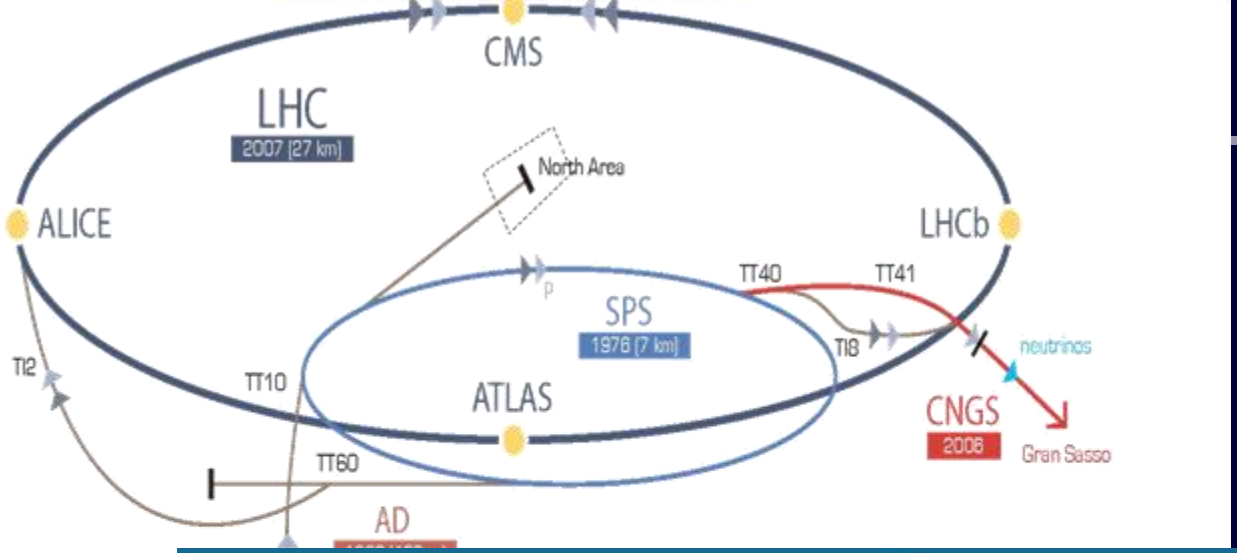
- Super Proton Synchrotron (SPS)
- On-Line Isotope Mass Separator

Ускорители

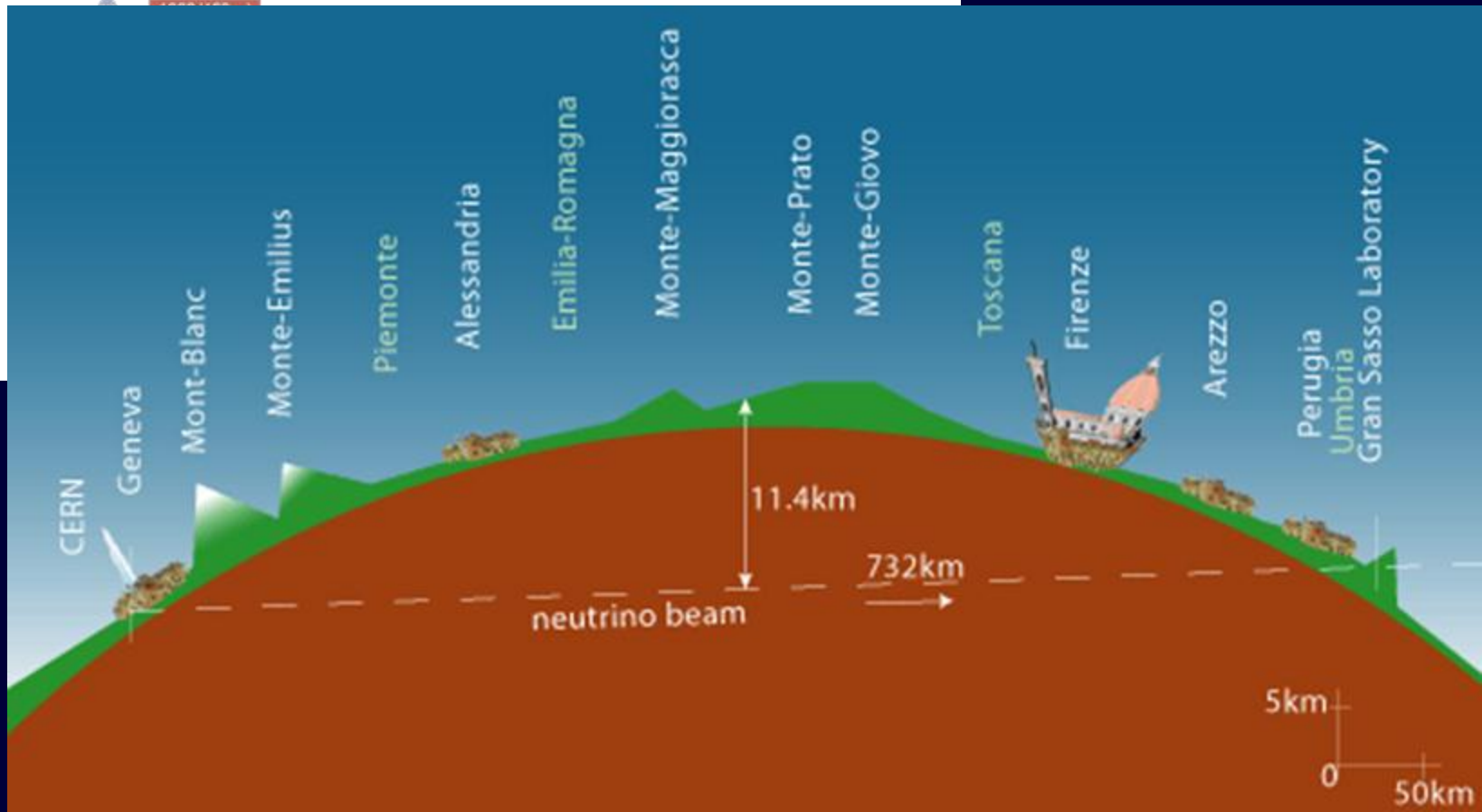
LHC – Голям Адронен Колайдер

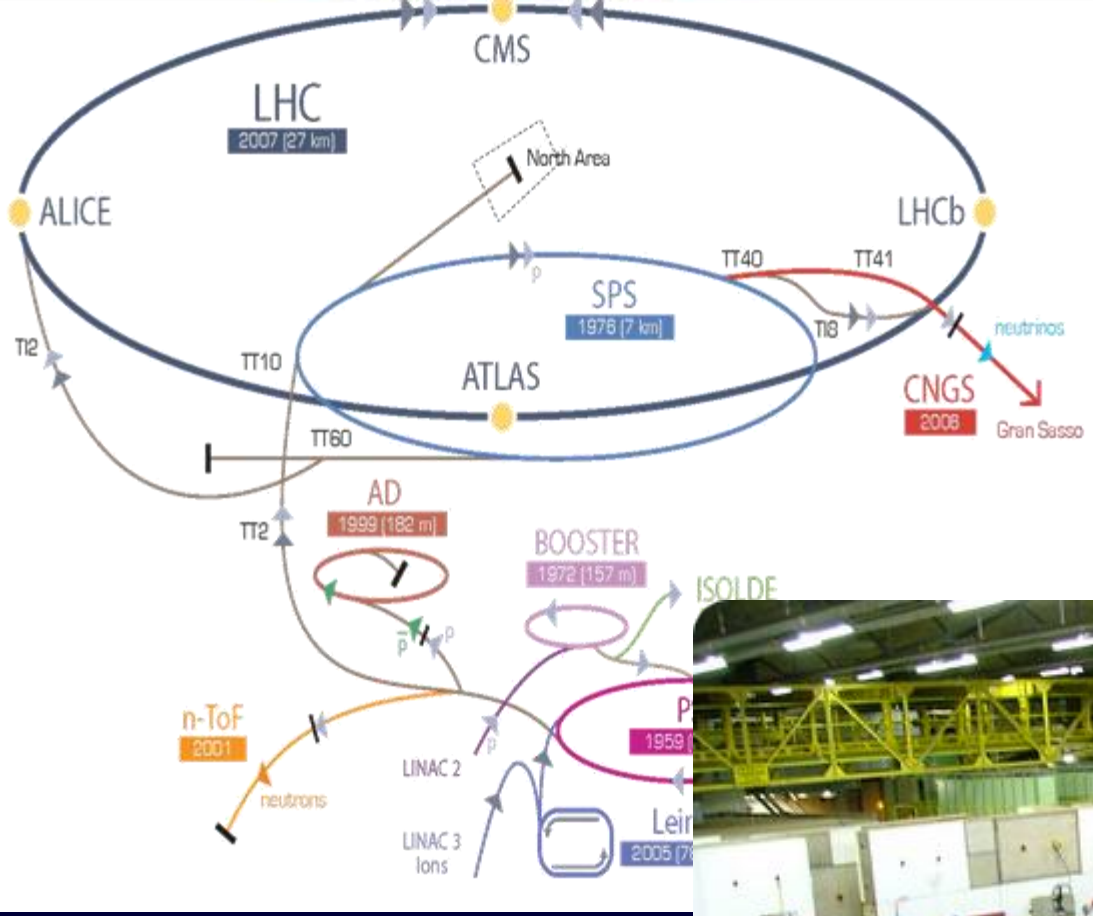




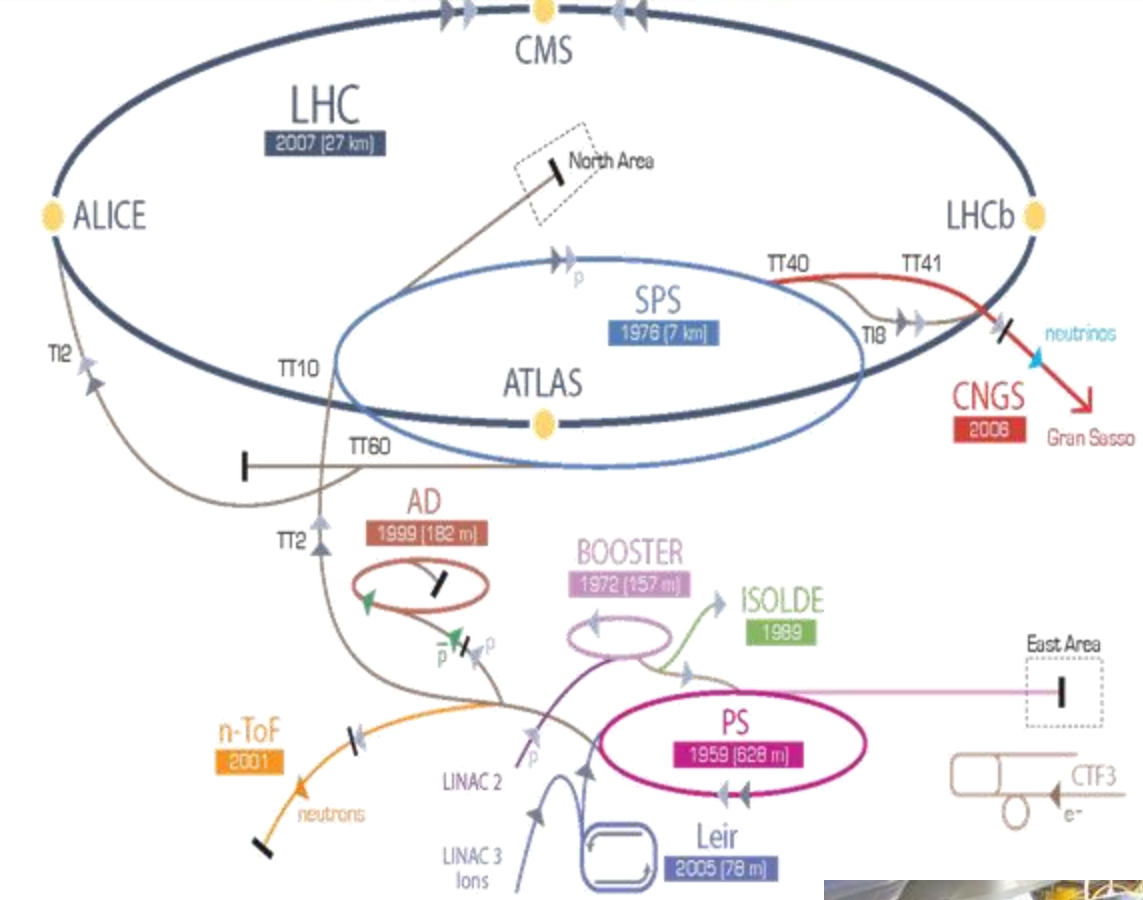


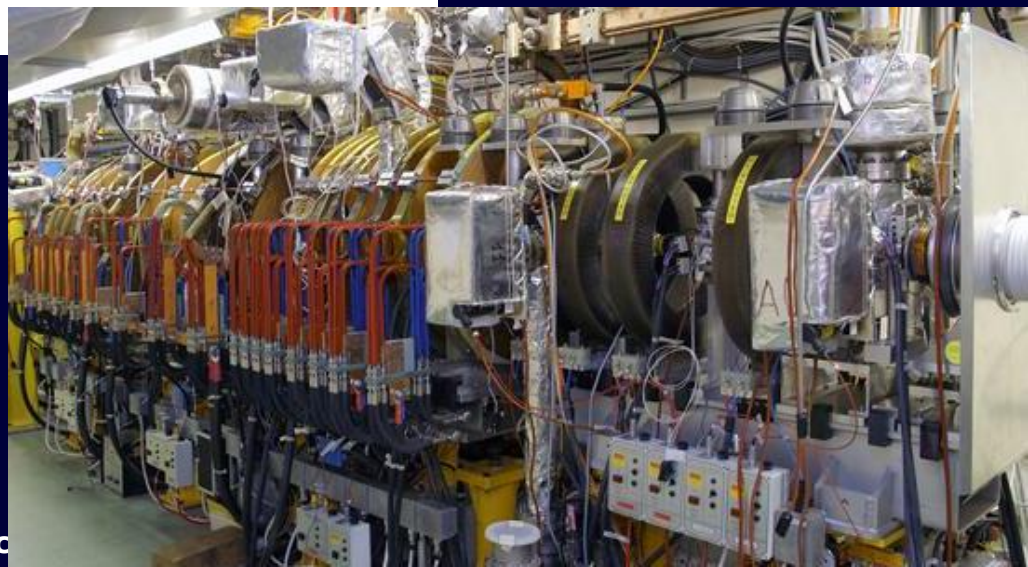
- CERN Neutrino to Gran Sasso (CNGS)





- Low Energy Ion Ring (LEIR)

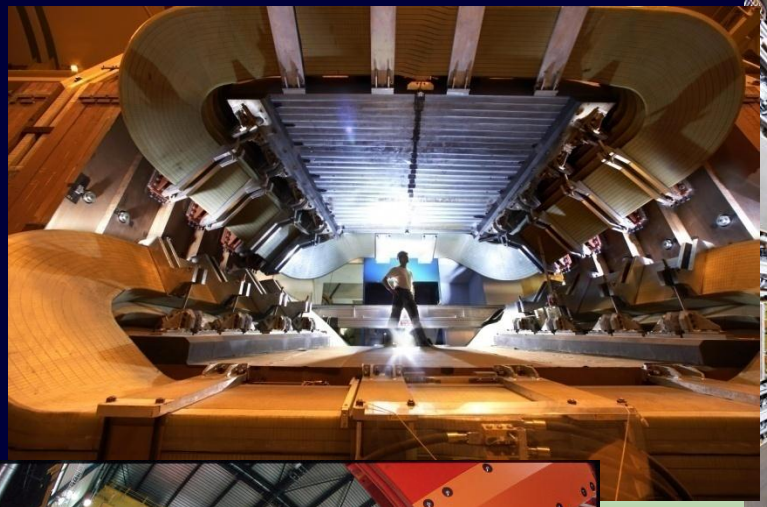


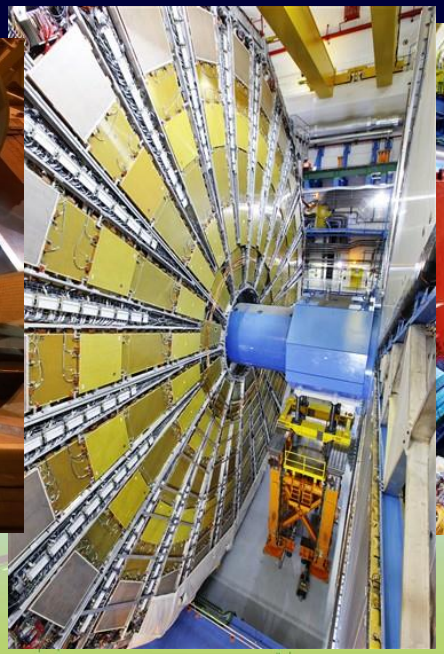


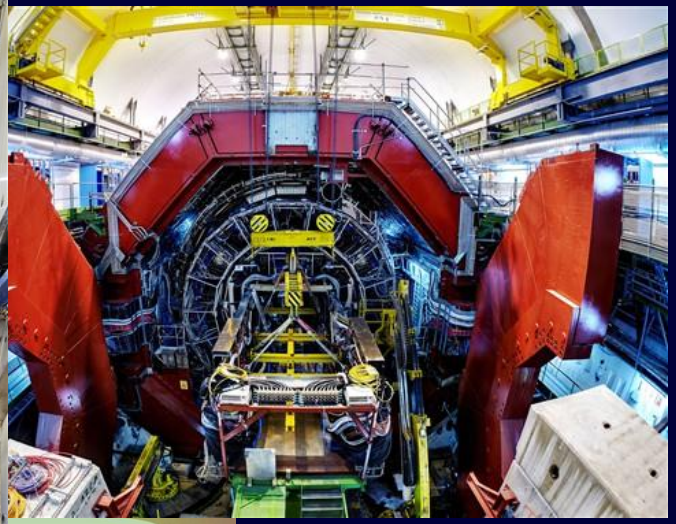
- CLIC Test Facility (CTF3)

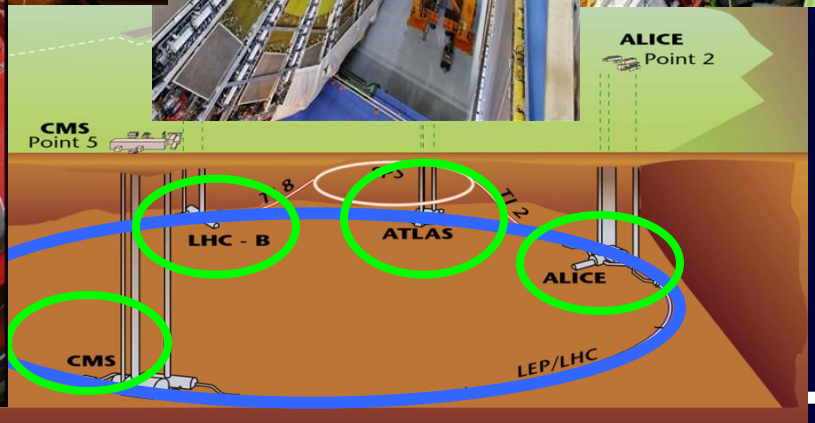
Големият Адронен Колайдер - Large Hadron Collider

- Най-мощния инструмент някога създаван за изследване на елементарни частици
- Най-големият ускорител в света - 27km дълъг, 100m под земята
- 4 подземни каверни съдържащи огромни детектори



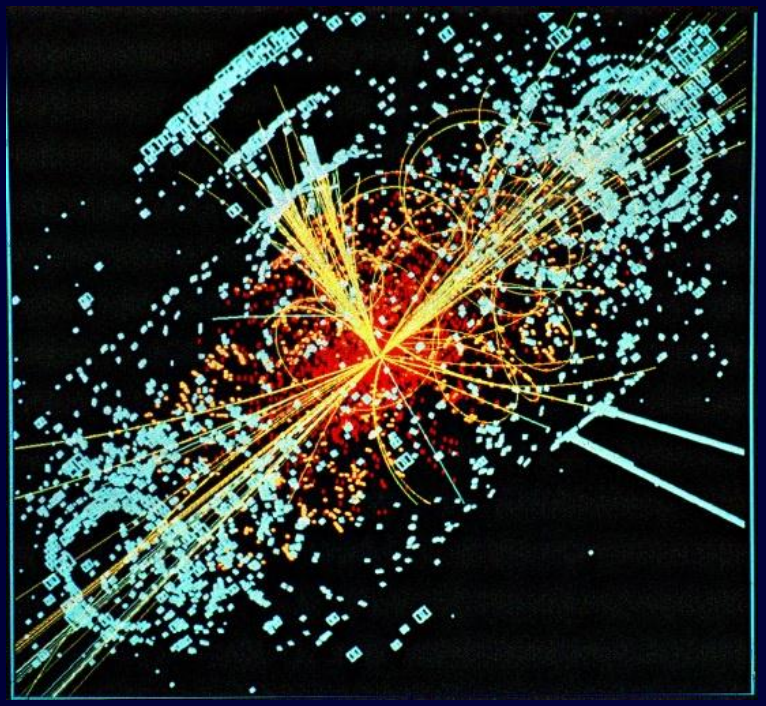


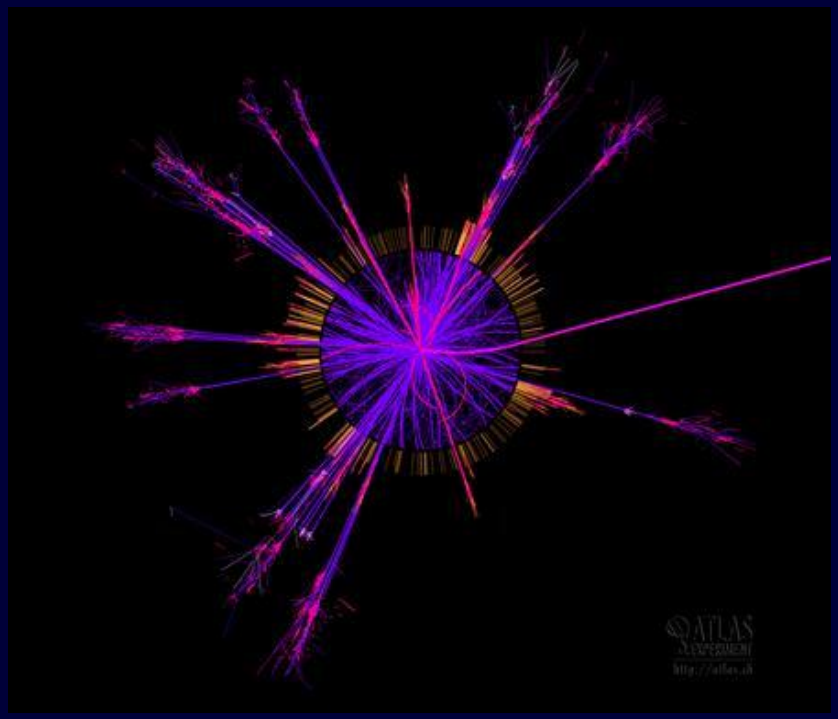




Големият Адронен Колайдер (LHC)

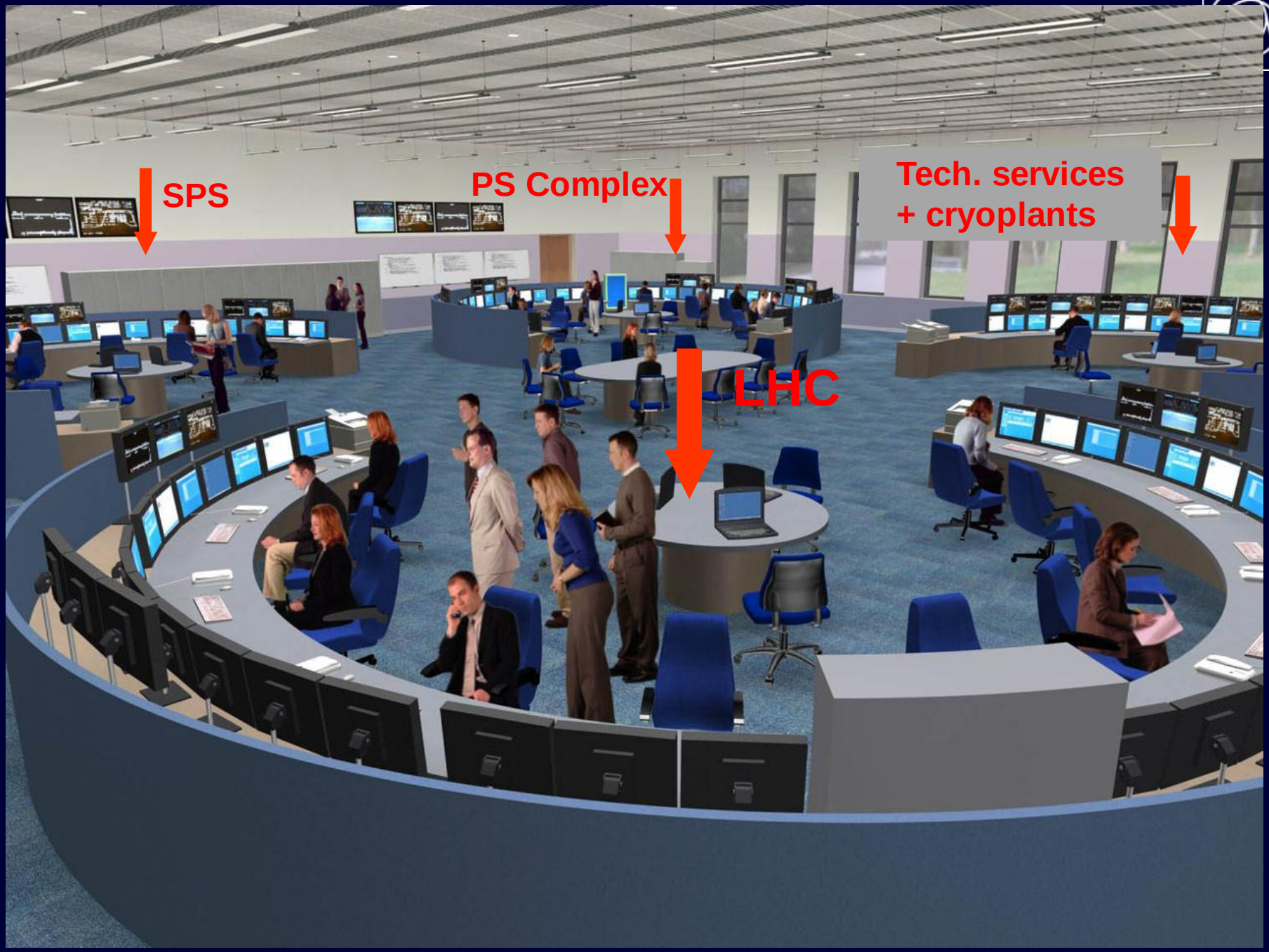
- Най-бързата “писта” на планетата
  - Сноп от протони обикалят в LHC 11 245 пъти/s
  - 99.9999991% от скоростта на светлината
  - 600 милиона сблъсъка в секунда
- Сноп от частици с най-високи енергийни нива в света – 7 TeV
- Висока степен на вакуум (utra-high vacuum)



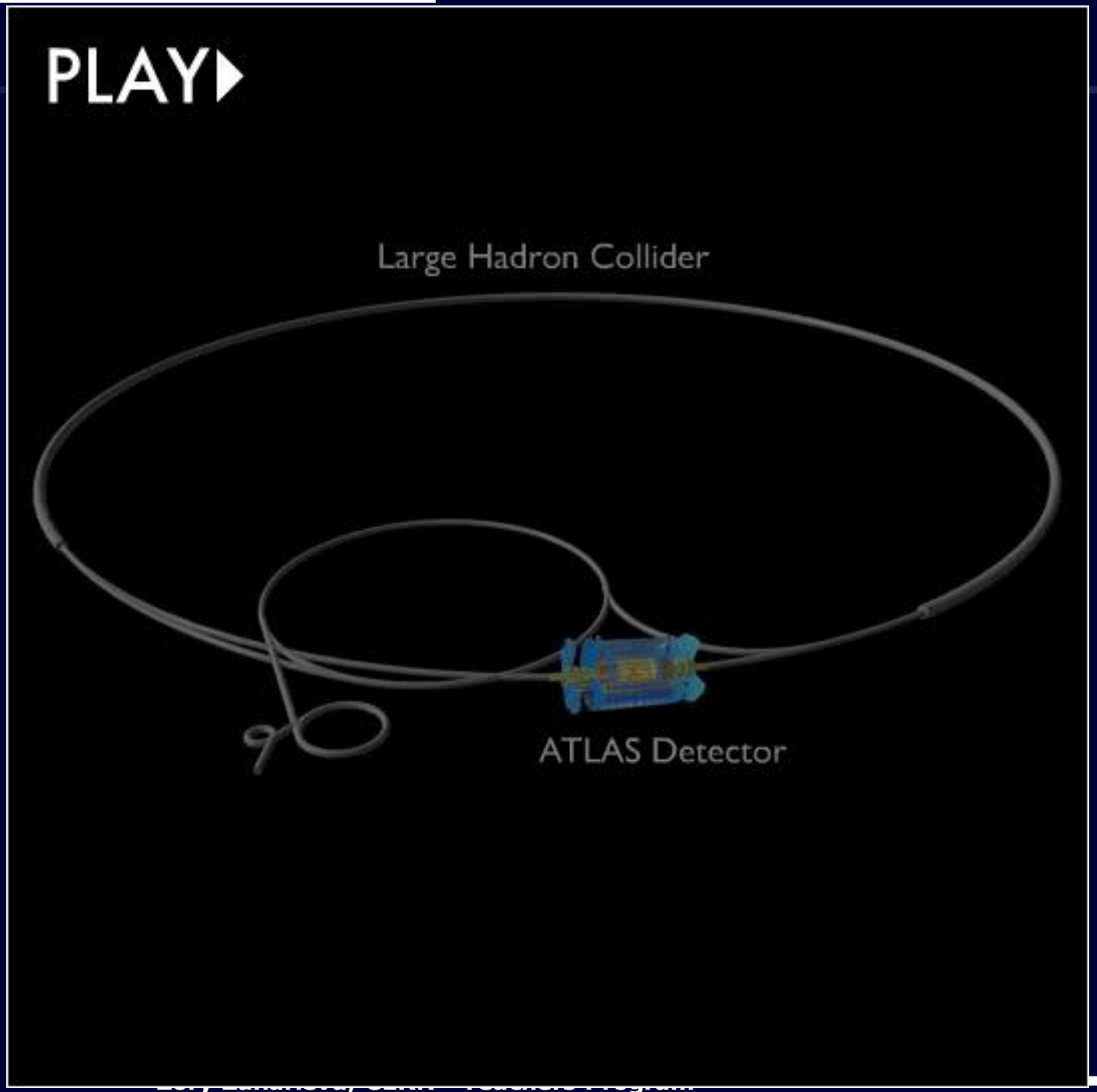


Център за управление

- Единен център за управление (CCC) на
  - Всички ускорители
  - Цялата техническа инфраструктура и криогенни инсталации
- Изграден на мястото на центъра за управление на SPS (LEP) ускорителя на територията на френската част на CERN (Prévessin)
- Всички ускорители се управляват от CCC от 2006г.


SPS
PS Complex
Tech. services
+ cryoplants
LHC

Центърът за управление


PLAY
Large Hadron Collider
ATLAS Detector

Хардуерна инфраструктура на системите за управление

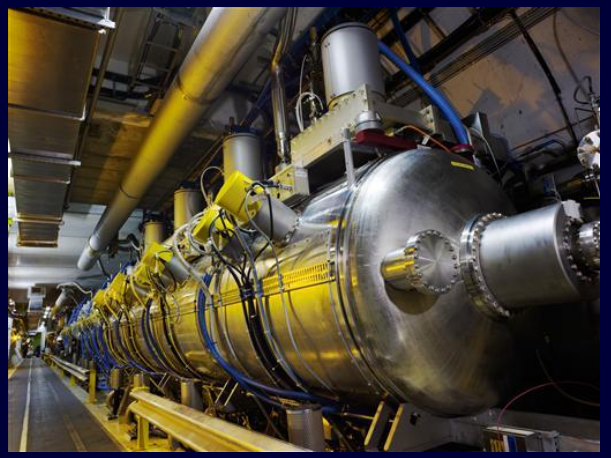
Основни съставни части на ускорител (LHC)

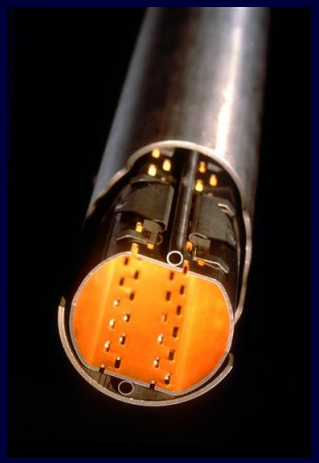
- Приблизително 10 000 магнита
  - 1232 dipoles, 15м дължина, 8.4 Tesla , 11 700 A
  - 392 quadrupoles, 5-7м дължина
- Енергия в магнитите : 10 GJ или 2.5 тона TNT
- Работещ при температура малко над абсолютната нула (1.9 K)

Виртуално посещение

Основни съставни части на ускорител

- Ултракъсовълнови устройства – радиовълнови кухини (RF cavities) / 5MV/m, 400MHz, 4.5K /



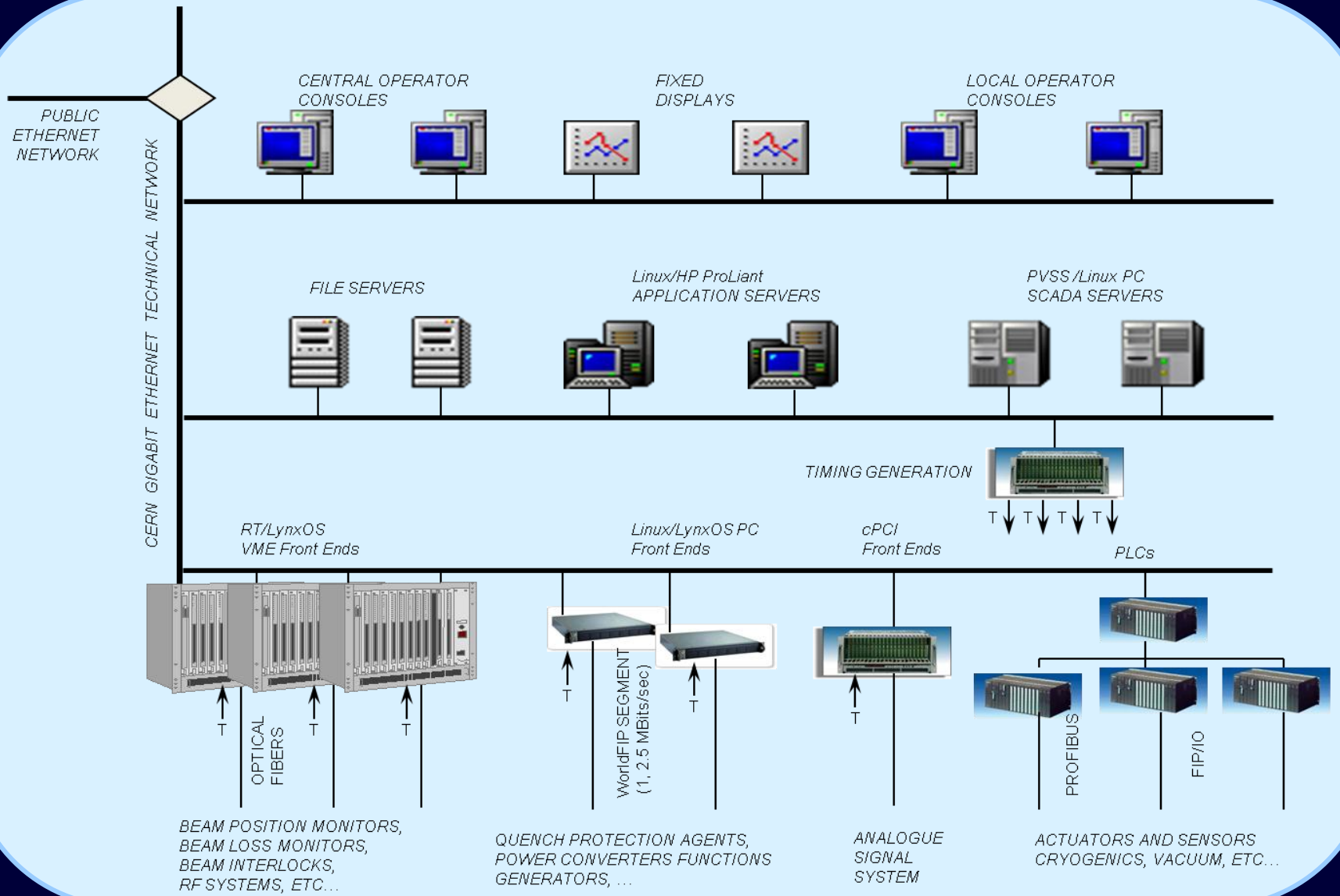


- Вакуумни системи /10^{-13} atm/

- Криогенни инсталации

- Електро трансформатори и захранващи устройства – 1700 в LHC

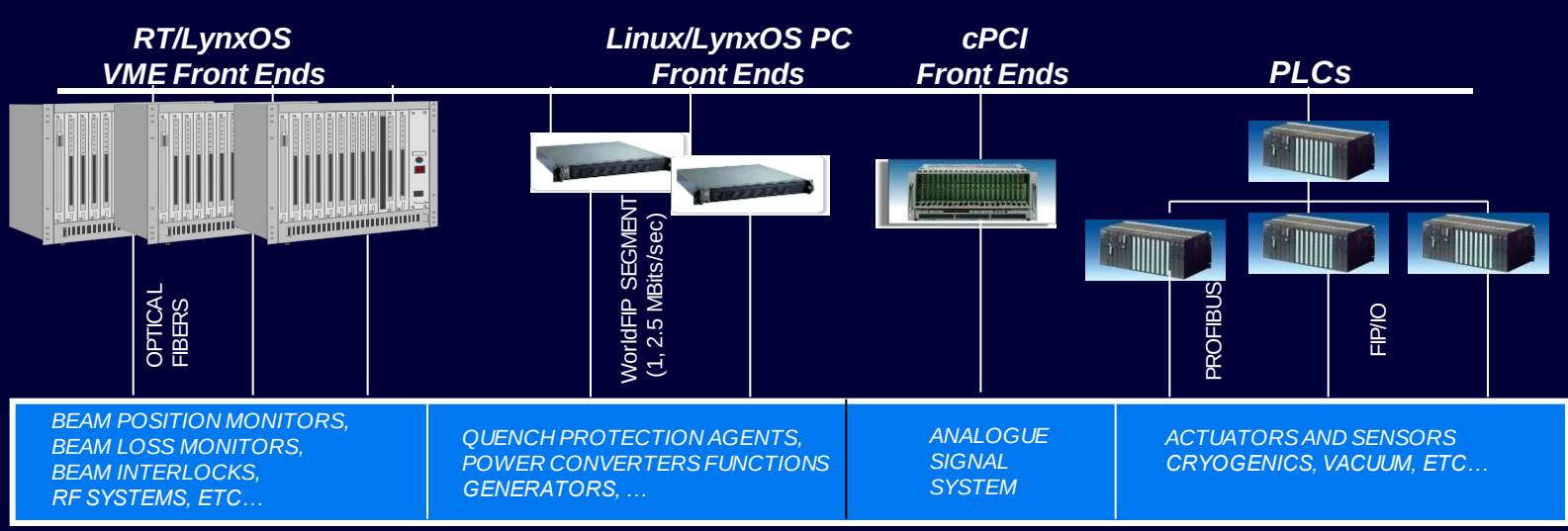
Хардуерна инфраструктура на системите за управление



Базисен слой

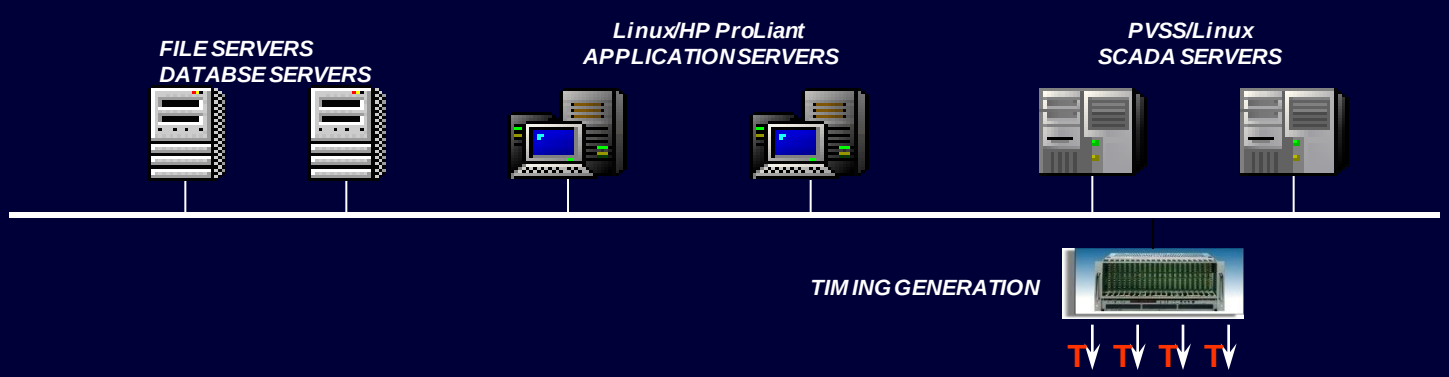
Най-горен слой - слой за визуализиране

Междинен слой - сървъри



Междинен слой

Най-горен слой



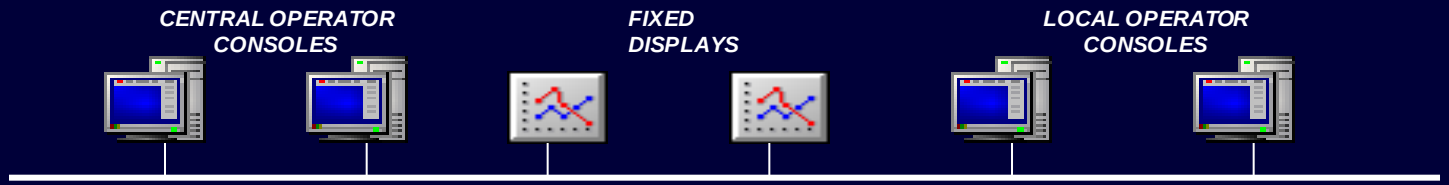
Базисен слой

Междинен слой

- Управление на технически данни в ускорителите
  - Controls Configuration
  - Operational Data

- Междинна среда за комуникация на системите за управление
  - Съвкупност от протоколи, програмни интерфейси (API) и софтуерни структури за комуникация.

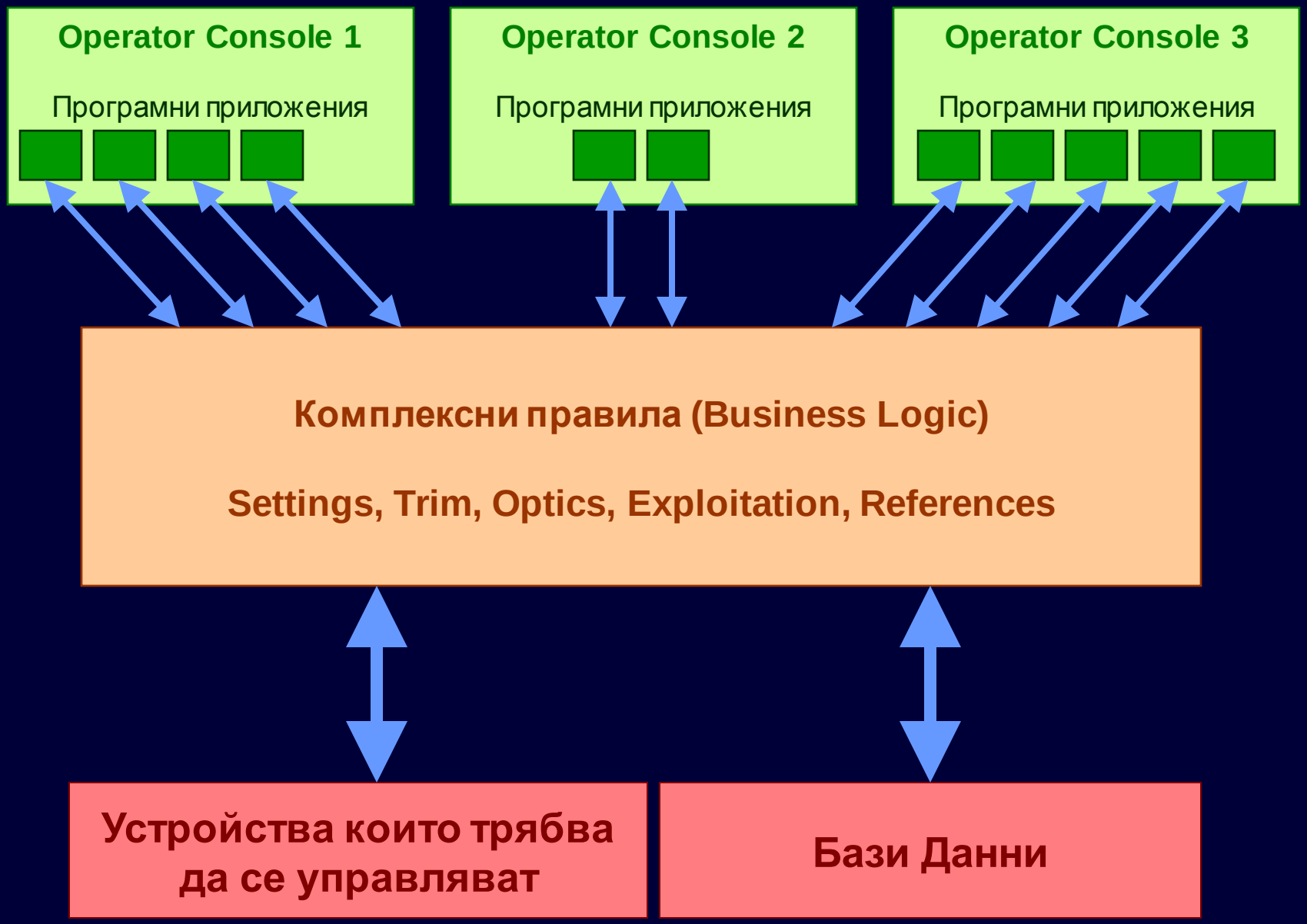
Слой за визуализиране



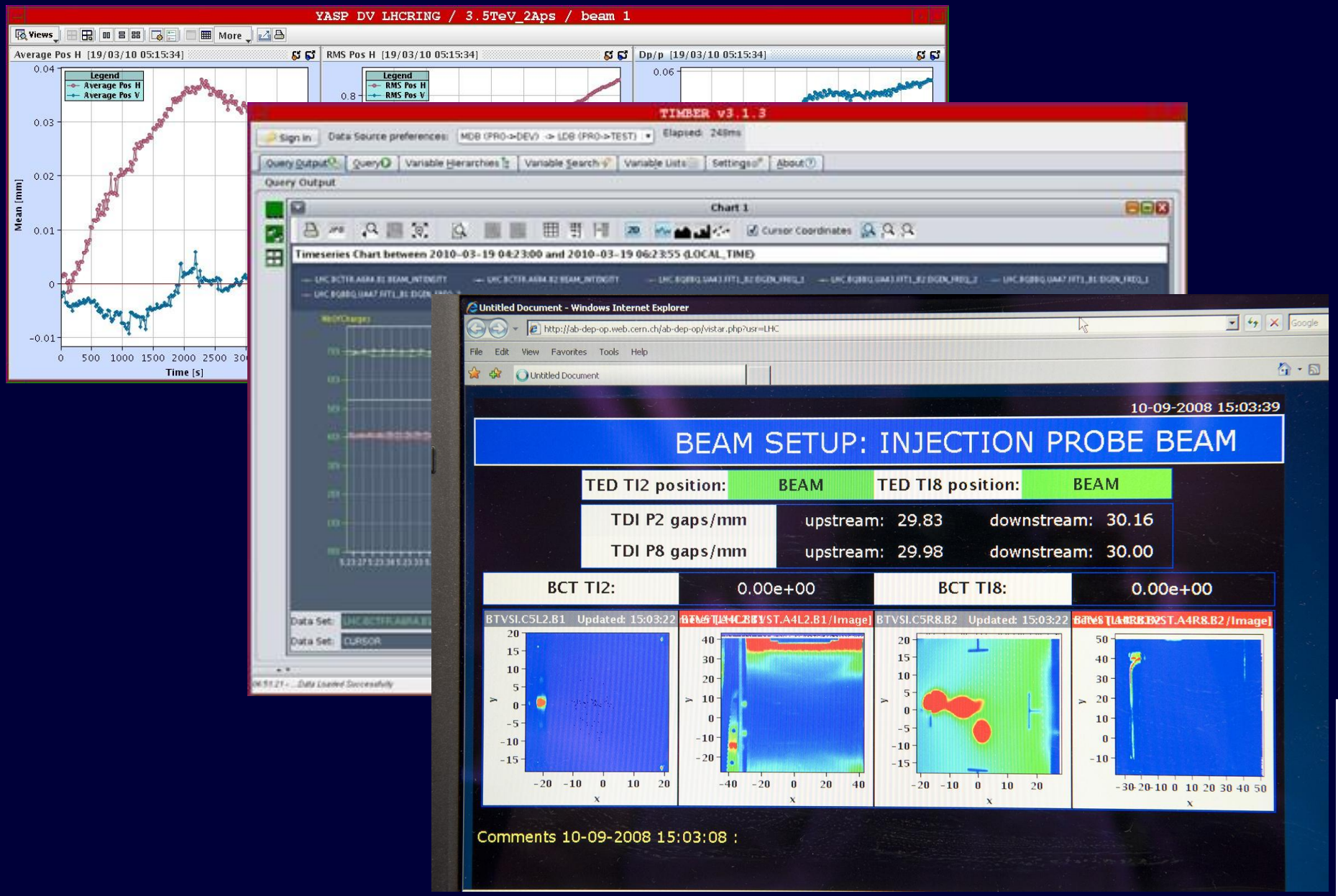
Междинен слой

Базисен слой

Софтуерна архитектура за управление на LHC



Слой за визуализиране

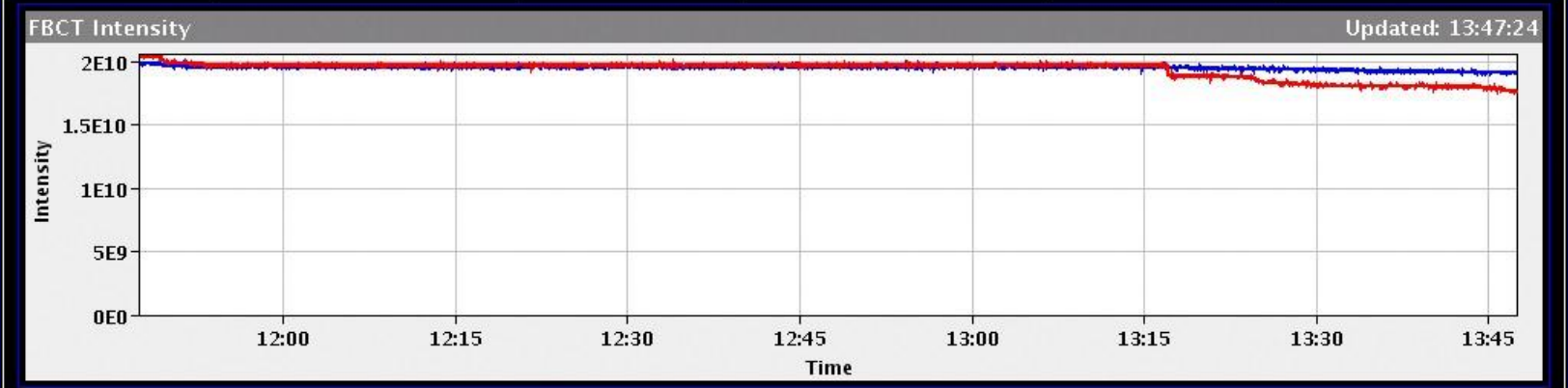


Слой за визуализиране

LHC Page1 | Fill: 1005 | E: 3500 GeV | 30-03-2010 13:47:24

PROTON PHYSICS: STABLE BEAMS

Energy:	3500 GeV	I(B1):	1.74e+10	I(B2):	1.65e+10



Comments 30-03-2010 13:22:57 :

Stable beams!

BIS status and SMP flags	B1	B2
Link Status of Beam Permits	true	true
Global Beam Permit	true	true
Setup Beam	true	true
Beam Presence	true	true
Moveable Devices Allowed In	true	true
Stable Beams	true	true

LHC Operation in CCC : 77600, 70480

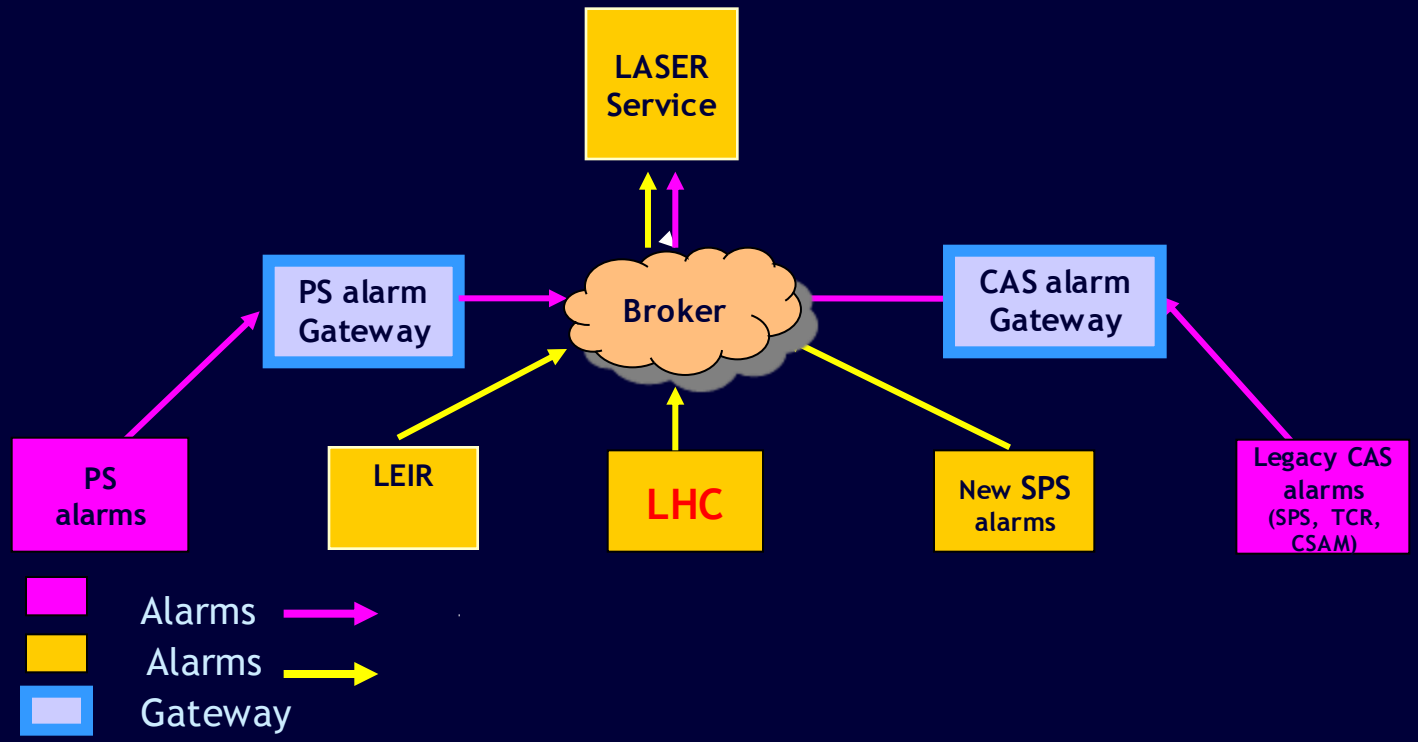
PM Status B1: ENABLED | PM Status B2: ENABLED

Защита на ускорителите

- Алармена система
- Система интерлок на захранване
- Система интерлок на снопове
- Система Post Mortem
- Система Quench Protection
- Други

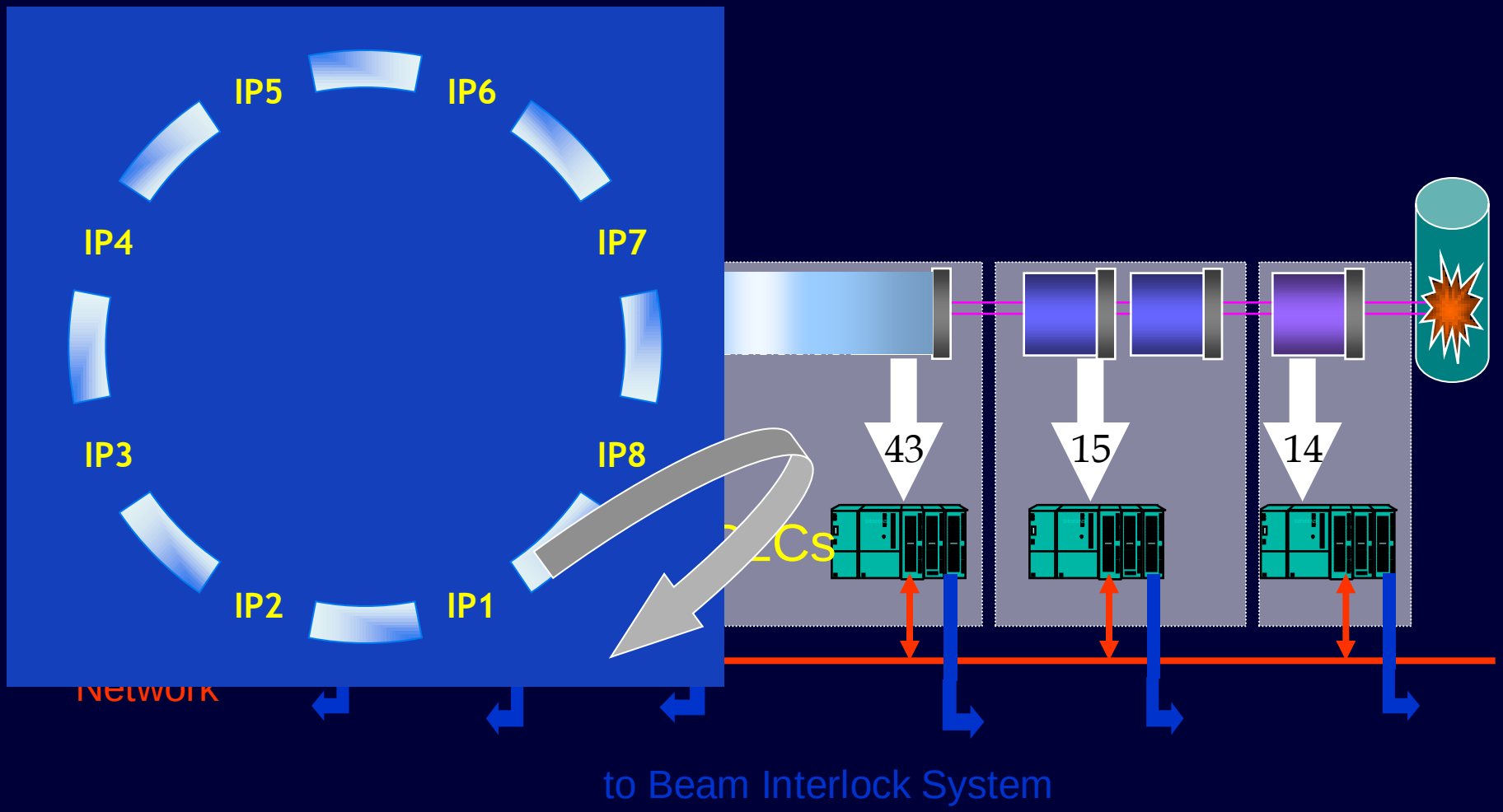
Алармена система

- Използва се при работа на всички ускорители и на техническата инфраструктура
  - Над 180 000 дефиниции на аларми
  - Предоставя събирането, анализа, разпространението и архивирането на данни при проблемни ситуации



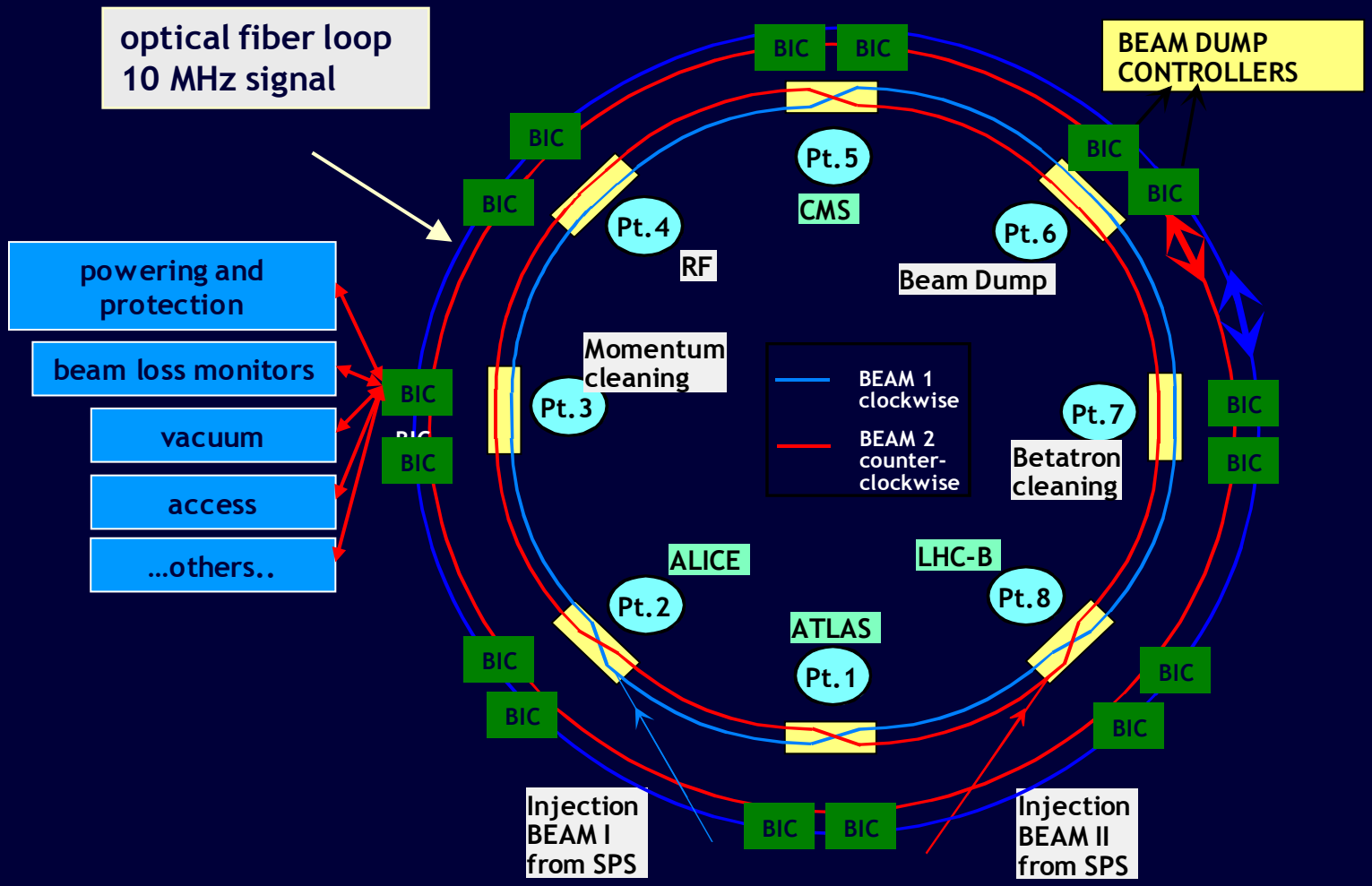
Система интерлок на захранване

- Система при критични ситуации в LHC
- Защита на 1612 електрически вериги и ~ 10 000 магнита



Система интерлок на снопове

- Система при критични ситуации в LHC



Система Post Mortem

- Задействане автоматично (когато има интерлок) или ръчно
  - ⇨ Не се допуска лъч в LHC, ако PM системата не е готова

- Събиране на данни (няколко GB) от
  - съоръжения
  - QPS, PIC, алармената система и др.
  - други подадени сигнали
  - конзолите на операторите

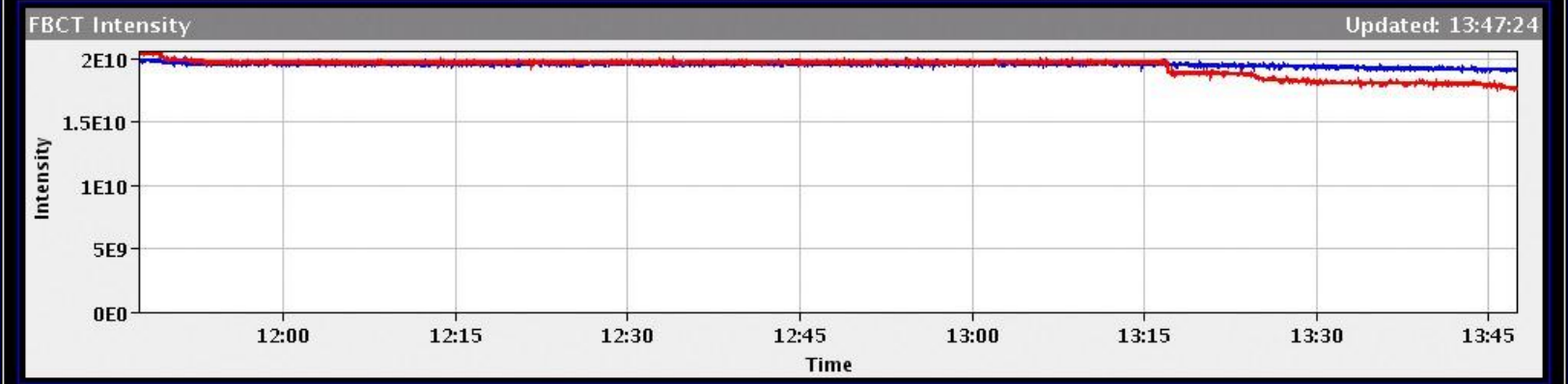
- Анализ
  - ⇨ Структурирано сортиране на причини и следствия

Слой за визуализиране

LHC Page1 | Fill: 1005 | E: 3500 GeV | 30-03-2010 13:47:24

PROTON PHYSICS: STABLE BEAMS

Energy:	3500 GeV	I(B1):	1.74e+10	I(B2):	1.65e+10



Comments 30-03-2010 13:22:57 :

Stable beams!

BIS status and SMP flags	B1	B2
Link Status of Beam Permits	true	true
Global Beam Permit	true	true
Setup Beam	true	true
Beam Presence	true	true
Moveable Devices Allowed In	true	true
Stable Beams	true	true

LHC Operation in CCC : 77600, 70480

PM Status B1 ENABLED PM Status B2 ENABLED

Сигурност на системите за управление

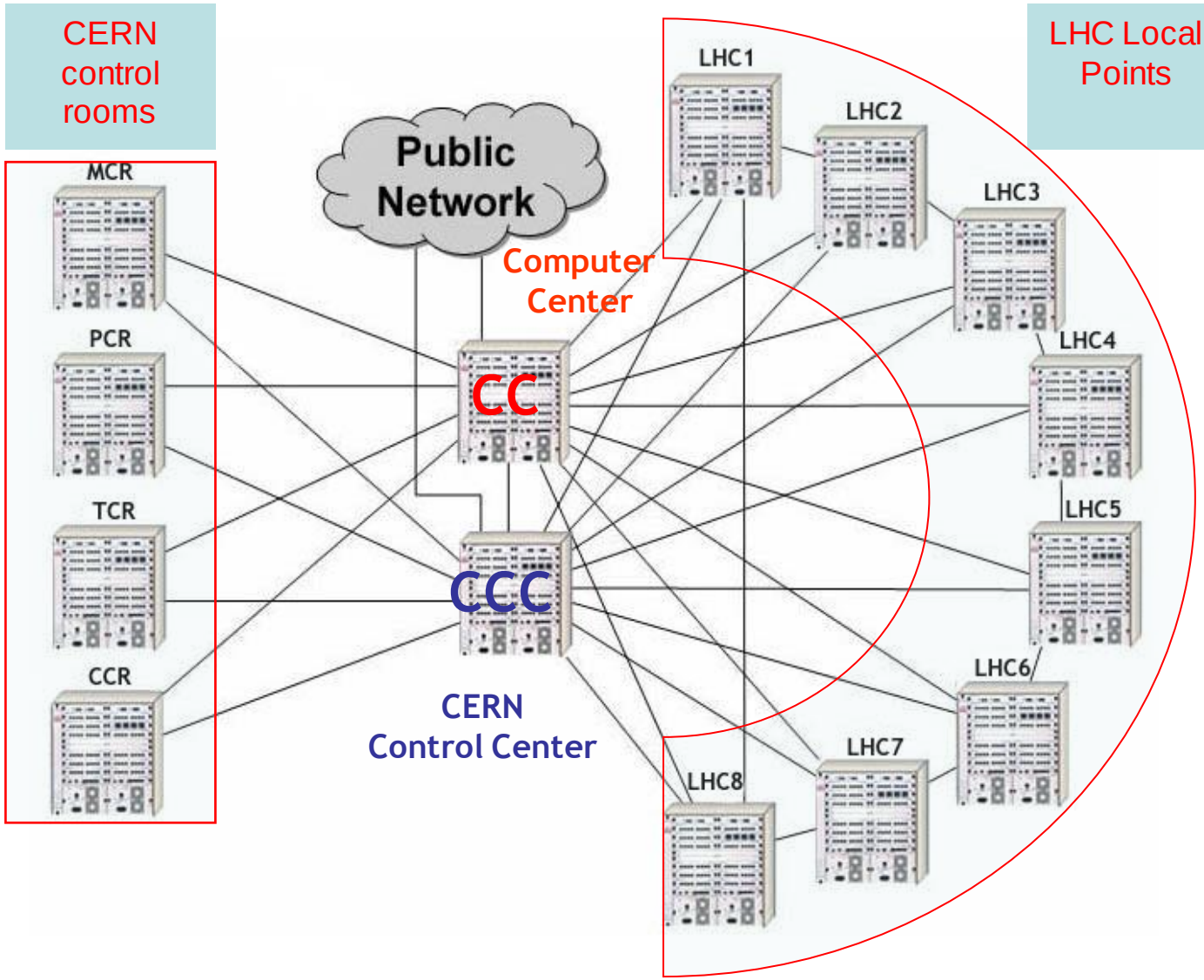
Quis custodiet ipsos custodes?

- RBA – Role Based Access – Система за достъп базираща се на определени роли
- DIAMON – Система за постоянно наблюдение на системите за управление – 3000 ‘agents’

Сигурност на системите за управление

- Компютърна мрежа: специализирана (техническа) мрежа (Technical Network)
  - Използва се само от системи за управлението на ускорителите и на техническата инфраструктура
  - Няма директна връзка с външния свят
  - Има връзка с публичната компютърна мрежа в CERN (the Public Network)
  - Високоскоростна мрежа (Gigabit backbone)

Специализирана (техническа) мрежа (Technical Network)



Техническата инфраструктура

- Управление и контрол на цялата техническата инфраструктура в CERN

CERN Control Centre

Electricity

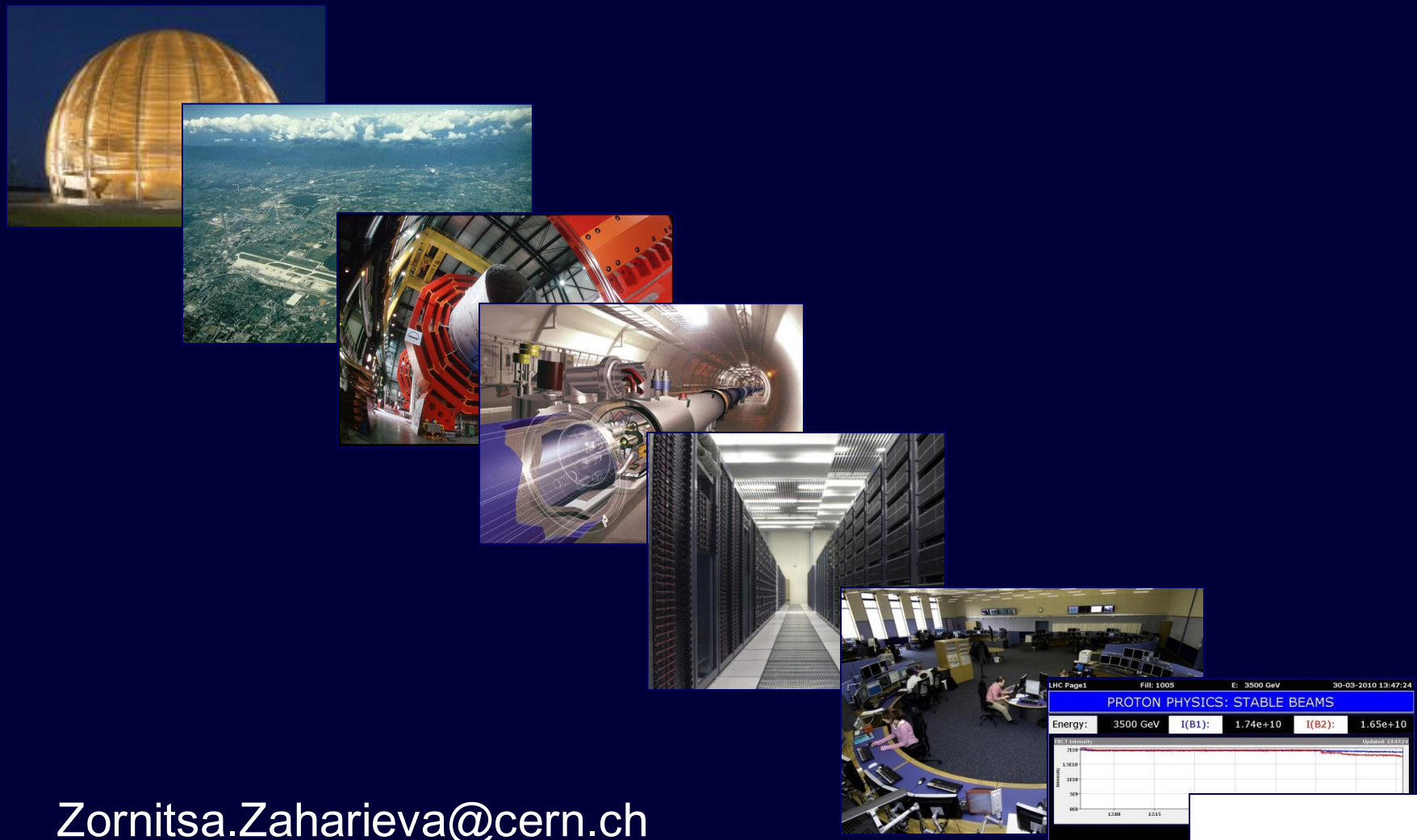
Cooling

Vacuum

Safety Systems

Access Control

Въпроси



Zornitsa.Zaharieva@cern.ch

Посещение на CCC