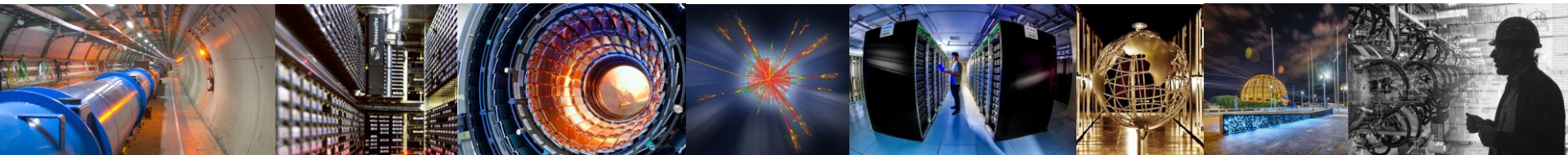


# Разпределени изчисления в ATLAS

## Част 1: GRID



*Др. Иван Глушков  
Тексаски университет / АТЛАС  
Българска учителска програма  
ЦЕРН, юли 2023*



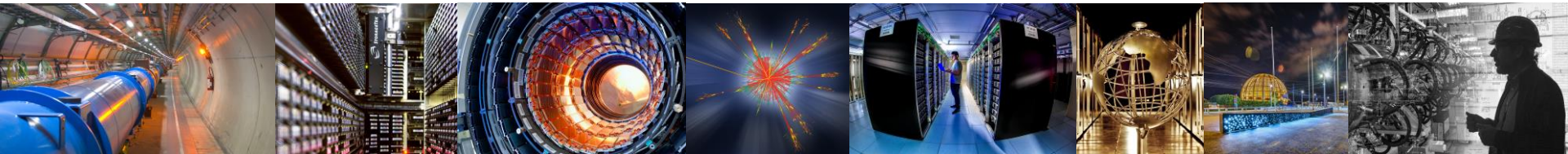
UNIVERSITY OF  
TEXAS  
ARLINGTON



# Разпределени изчисления в ATLAS

## Част 2: !GRID

(суперкомпютри, облаци, доброволчески изчисления, графични карти)



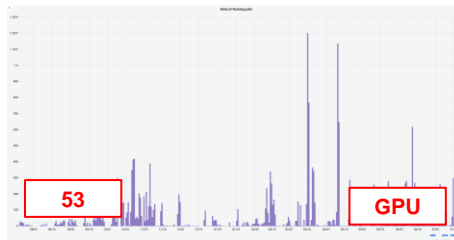
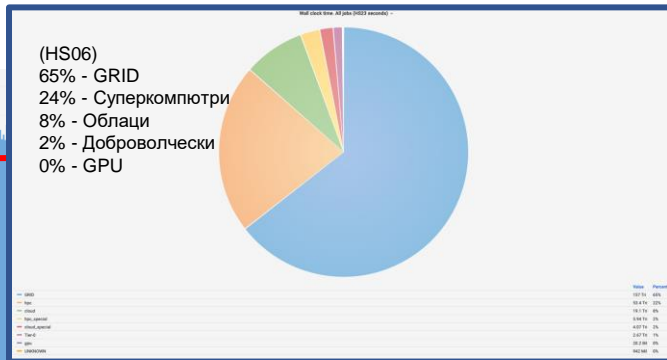
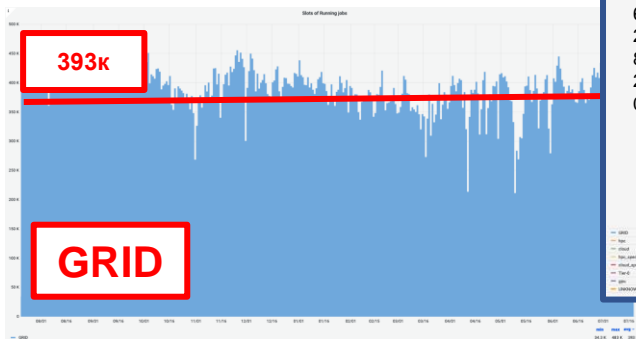
*Др. Иван Глушков  
Тексаски университет / АТЛАС  
Българска учителска програма  
ЦЕРН, юли 2023*



UNIVERSITY OF  
TEXAS  
ARLINGTON



# Видове ресурси



# Разликата

## HTC: High-Throughput Computing (GRID)

- Какво е?
  - Голяма изчислителна мощност за дълго време.
- За какво служи?
  - Ефективното изпълнение на много и слабо свързани задачи.

## HPC: High-Performance Computing (Суперкомпютри)

- Какво е?
  - Голяма изчислителна мощност за ограничено време.
- За какво служи?
  - Ефективно изпълнение на много, тясно свързани задачи.

## Облачни изчисления

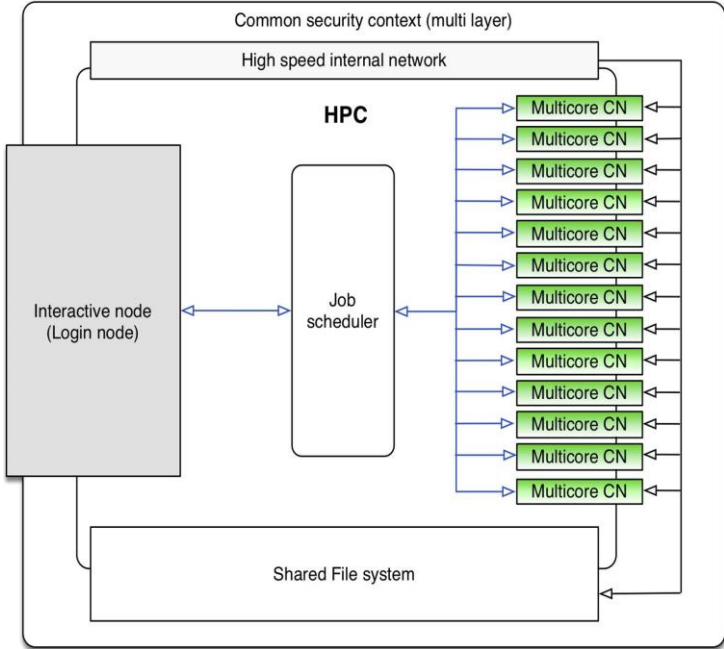
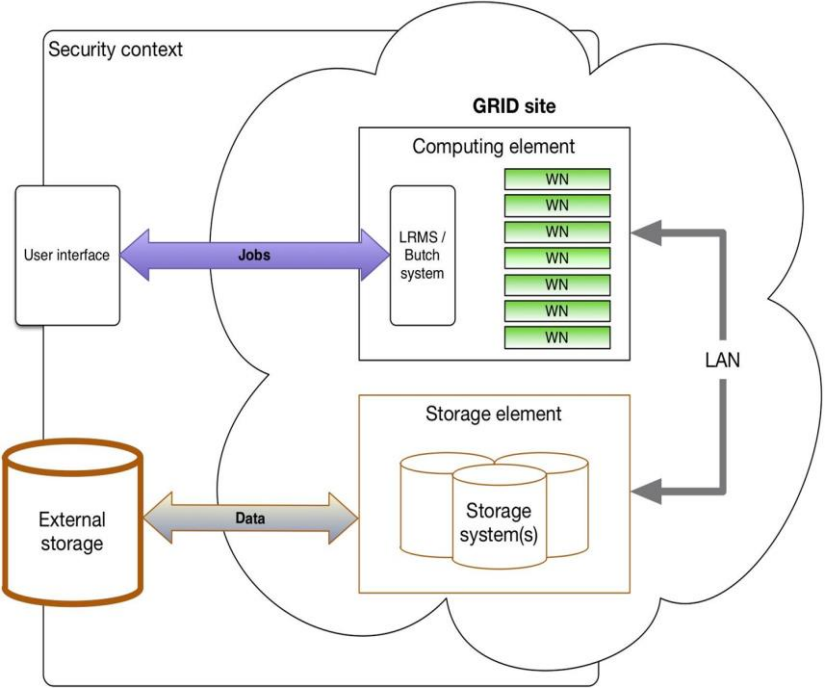
- Какво е?
  - Виртуални машини - колкото и каквито са нужни
- За какво служи?
  - Гарантирани ресурси в сигурна и изолирана среда без нужда от поддръжка на хардуер. API достъп

## Доброволчески изчисления

- Какво е?
  - Централизиран изчисления на ресурси предоставени от доброволци
- За какво служи?
  - Оползотворяване на ресурси които иначе биха били прахосани

# Суперкомпютри

# GRID и Суперкомпьютри



# GRID и Суперкомпютри



- GRID се състои от компютърни клъстери
- По-голяма част от изчисленията в другите области на науката стават в суперкомпютри.
- Разлики: суперкомпютри <> GRID:
  - Нишки: много (~100 000 нишки) <> една
  - Работа на отделния компютър: част от задача <> една задача
  - Входно - изходни операции: малко <> много
  - Брой на файлове: малко <> много
  - Потребителска идентификация: логин/парола (еднократна!) <> сертификат
  - Процесори / операционни системи: много <> няколко
  - Директна връзка с интернет: не <> да
  - Местонахождение: едно <> много

# Мащаб на задачите на един суперкомпютър

(на днешните машини)

Вид задача	Минимален брой компютри	Максимален брой Компютри	Максимална дължина на задачата	Приоритет
1	11,250	—	24.0	15
2	3,750	11,249	24.0	5
3	313	3,749	12.0	0
4	126	312	6.0	0
5	1	125	2.0	0

Два начина на ползване на суперкомпютър: квота и backfill



# HPC: Backfill

# HPC: Backfill



Источник: David Cameron

# Суперкомпютри: Backfill



Източник: David Cameron

# Суперкомпютри: Backfill

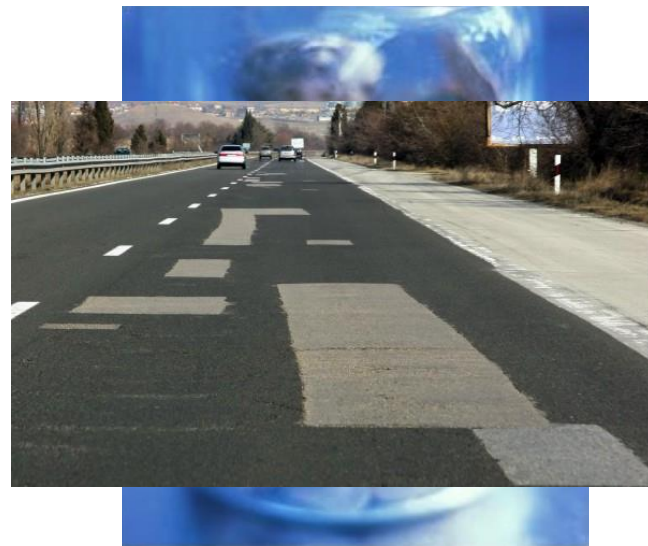
(пълним дупки всякакви)



Източник: David Cameron

# Суперкомпютри: Backfill

(пълним дупки всякакви)



Източник: David Cameron

# Суперкомпютри: Backfill

(пълним дупки всякакви)

## Размер на дупките

- 400M CPU\*часа на година (Titan)
- Обичайна ефективност на използване на суперкомпютър във времето - 90%.
- 10% == 400M CPU\*часа на година (Titan)
- Всяка неефективност е нежелана!

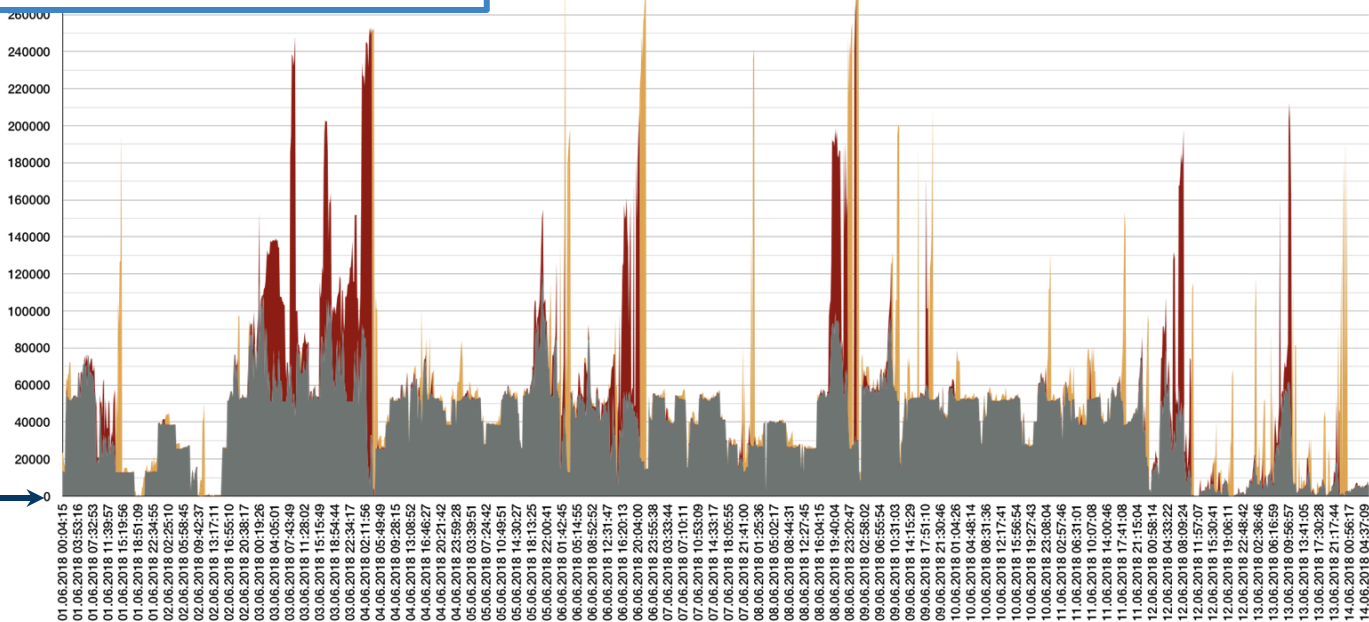
## Запълване

- С какво?
  - Много, с различен размер, но малки задачи (т.е. - ние)
- На каква цена?
  - Безплатно



# Използване на Titan от ATLAS

- Изчисления по квота
- Backfill
- Свободни ресурси

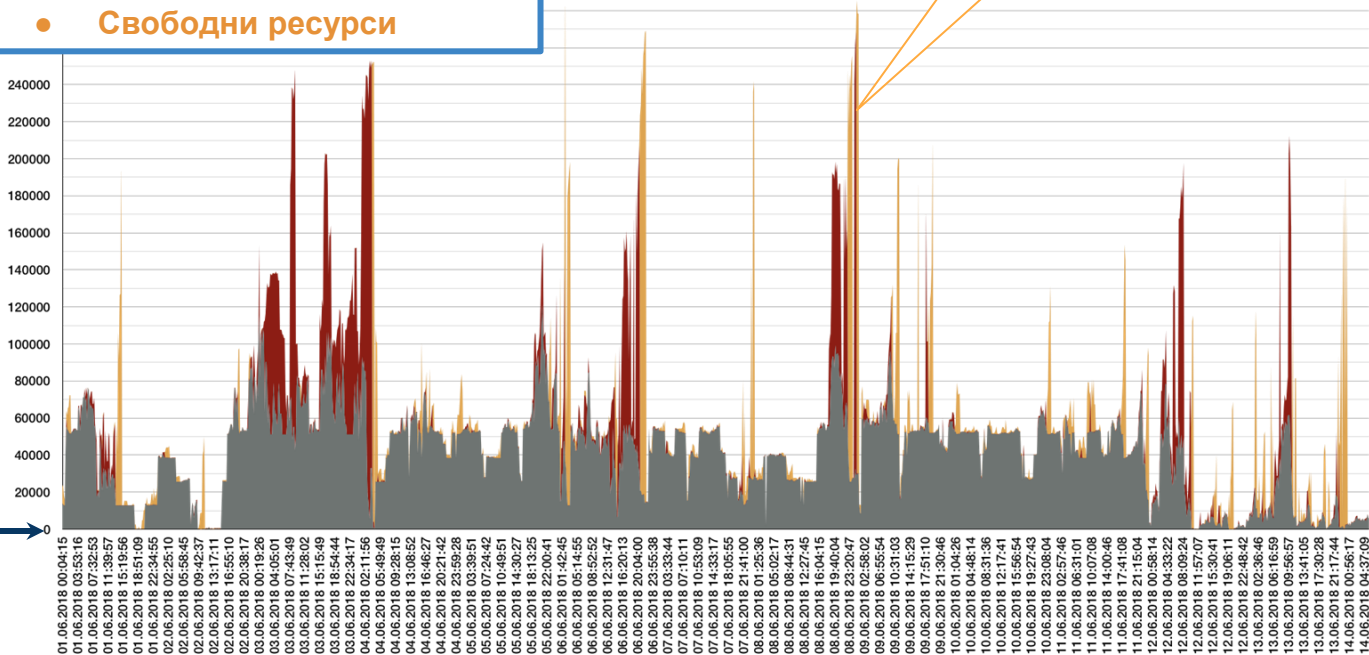


две седмици

# Използване на Titan от ATLAS

- Изчисления по квота
- Backfill
- Свободни ресурси

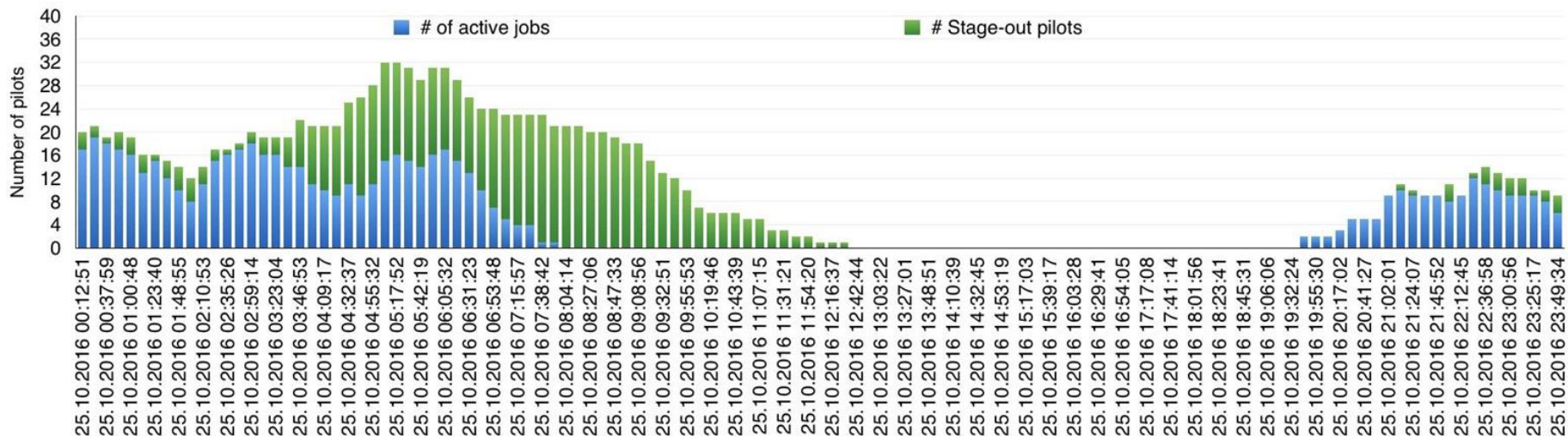
ЗАЩО?!



две седмици



# Проблемът



# Американски суперкомпютри използвани от АТЛАС



Cori (САЩ)  
Cray/HPE  
Intel Xeon Phi 7250 68C  
1.4GHz  
622336 ядра  
Производителност: 14  
PFLOP/сек



Theta (САЩ)  
Cray XC40  
Intel Phi 7230 64C 1.3GHz  
280320 ядра / 914 TB памет / 11 PB диск  
Производителност: 11.66 PFLOP/сек



Edison (САЩ)  
Cray XC30  
Intel Xeon E5-2695v2 121C 2.4GHz  
133824 ядра / 357 TB памет / 7.56 PB диск  
Производителност: 2.57 PFLOP/сек

Titan (САЩ)  
Cray XK7  
Opteron 6274 16C 2.2 GHz  
560640 ядра / 694 TB памет / 40 PB  
диск  
Производителност: 27.11  
PFLOP/сек



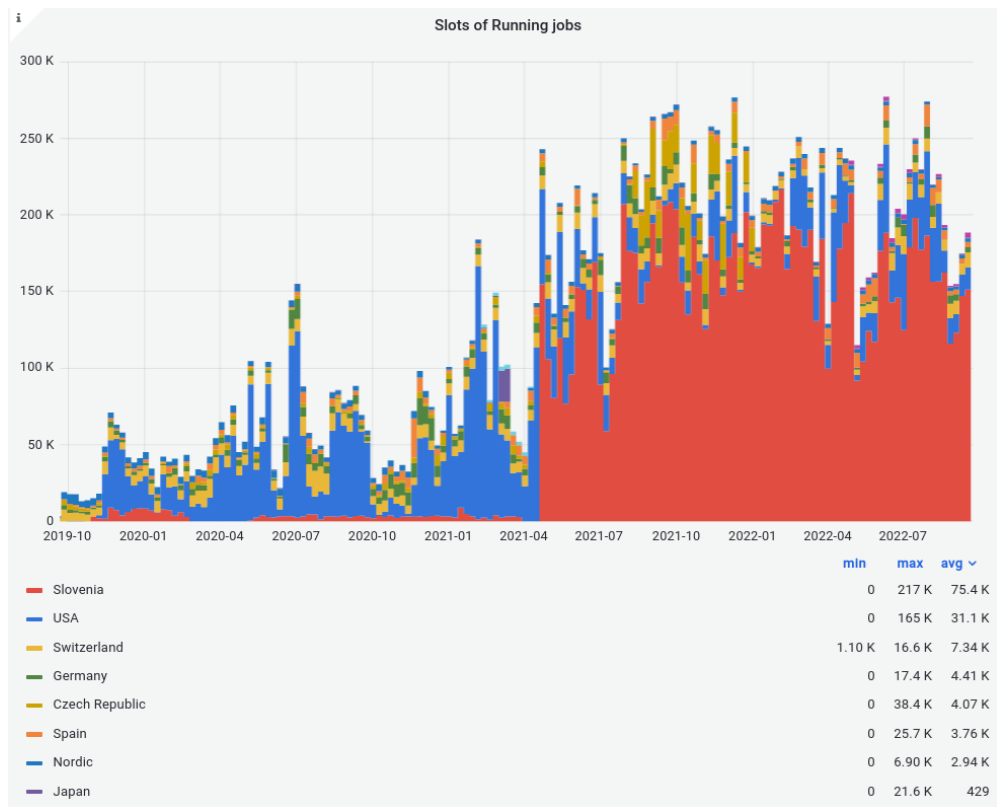
Еднаквото между всички..

Няма такава..

И така до май 2021..

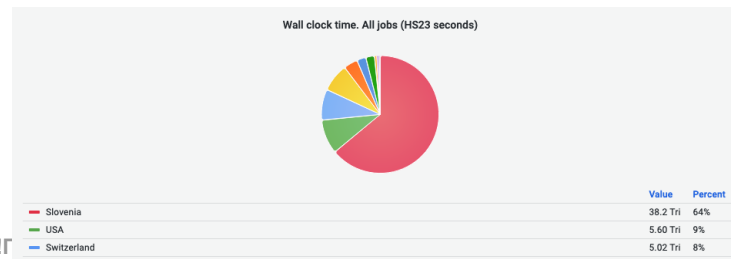
.....

# Vega



Vega е:

- Суперкомпютър / HPC
- Открит на 20.04.2021
- В Словения
- Финансиран от EuroHPC и Словения
- На [166-то](#) място в [top500](#)
- Atos/BullSequana XH2000
- AMD EPYC 7H12 2.6GHz
- 122800 ядра
- Производителност: 375 PFLOP/сек
- Не се използва напълно от потребителите
- ATLAS използва ресурсите в режим “backfill”



# EuroHPC JU

## (European High-Performance Computing Joint Undertaking / Европейска HPC инициатива)

- Инициатива между държавни и частни институции за консолидиране на ресурси на европейско ниво за развитие на HPC
- Членове: ЕС, Австрия, Белгия, България, Хърватска, Кипър, Чехия, Дания, Естония, Финландия, Франция, Германия, Гърция, Унгария, Исландия, Ирландия, Италия, Латвия, Литва, Люксембург, Малта, Холандия, Северна Македония, Норвегия, Полша, Португалия, Румъния, Сърбия, Словакия, Словения, Испания, Швеция, Турция, представители на 3 частни партньори
- Цел: Разработка на пан-европейска HPC инфраструктура
- Централна: Люксембург
- Начало: 2018
- Финансиране: 7 млрд. Евро за периода 2021-2027
  - 3 млрд. - дългосрочен бюджет на ЕС
  - 3 млрд. - членове на инициативата
  - 1 млрд. - частни донори



# Суперкомпютрите на EuroHPC JU



**LUMI** (Финландия, [top500: 3](#))  
Hewlett Packard/Cray EX  
AMD EPYC 64C 2GHz  
2,220,280 ядра  
Производителност: 428 PFLOP/сек



**MELUXINA** (Люксембург, [top500: 52](#))  
Atos/BullSequana XH2000  
AMD EPYC 7452 32C 2.35GHz  
172544 ядра  
Производителност: 13 PFLOP/сек



**LEONARDO** (Италия, [top500: 4](#))  
Atos/BullSequana XH2000  
Intel Xeon Platinum 8358 32C 2.6 GHz  
1,824,768 ядра  
Производителност: 305 PFLOP/сек



**KAROLINA** (Чехия, [top500: 95](#))  
Hewlett Packard  
AMD EPYC 7763 64C 2.45GHz  
102272 ядра  
Производителност: 9 PFLOP/сек



**MARENOSTRUM 5** (ще бъде в Испания)  
Bull SAS/Bull Sequana XH3000  
Intel Sapphire Rapid  
Производителност: 314 PFLOP/сек



**DISCOVERER** (България, [top500: 134](#))  
Atos/BullSequana XH2000  
AMD EPYC 7H12 64C 2.6GHz  
144384 ядра  
Производителност: 6 PFLOP/сек



**VEGA** (Словения, [top500: 131](#))  
Atos/BullSequana XH2000  
AMD EPYC 7H12 2.6GHz  
122800 ядра  
Производителност: 7 PFLOP/сек



**DEUCALION** (Португалия, в строеж)  
Fujitsu/PRIMEHPC+BullSequana  
A64FX, AMD EPYC  
Производителност: 7 PFLOP/сек

# Надпреварата

- **Целта:** Пускане в експлоатация на компютър който може да направи  $10^{18}$  изчисления за секунда (exaFLOP)
  - Целта е постигната през юни 2022 в САЩ!
- **Статус:** [top500.org](https://www.top500.org)
- **Тест:** [Linpack Benchmark](https://www.linpack.org/)
  - **Задача:** Решаване на система от линейни уравнения
  - **Класиране:** Само за линейни уравнения
  - **Резултати:**
    - $R_{peak}$ : Теоретична максимална производителност
    - $R_{max}$ : Измерена производителност
- **Резултати:**
  - **Топ10:** Само 2 машини в Европа
  - **Топ500:**
    - Всички машини в таблицата са с производителност > 1 petaFLOP
    - Повечето машини са в САЩ
    - Китай спря да публикува тестовите си резултати
    - Нито една машина не е в България
- **Защо е необходимо?**

Rank	System	Cores	Rmax (PFlop/s)	Rpeak (PFlop/s)	Power (kW)
1	Frontier - HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd Generation EPYC 64C 2GHz, AMD Instinct MI250X, Slingshot-11, HPE DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	8,699,904	1,194.00	1,679.82	22,703
2	A64FX 48C 2.2GHz, Tofu Interconnect D, Fujitsu RIKEN Center for Computational Science Japan	5,188,816	118.01	539.81	28,688
3	LUMI - HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd Generation EPYC 64C 2GHz, AMD Instinct MI250X, Slingshot-11, HPE EuroHPC/CSC Finland	2,220,288	309.10	428.70	6,016
4	Leonardo - BullSequana XH2000, Xeon Platinum 8358 32C 2.6GHz, NVIDIA A100 SXM4 64 GB, Quad-rail NVIDIA HDR100 Infiniband, Atos EuroHPC/CINECA Italy	1,824,768	238.70	304.47	7,404
5	Summit - IBM Power System AC922, IBM POWER9 22C 3.07GHz, NVIDIA Volta GV100, Dual-rail Mellanox EDR Infiniband, IBM DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	2,414,592	148.60	200.79	10,096
6	Sierra - IBM Power System AC922, IBM POWER9 22C 3.1GHz, NVIDIA Volta GV100, Dual-rail Mellanox EDR Infiniband, IBM / NVIDIA / Mellanox DOE/NNSA/LLNL United States	1,572,480	94.64	125.71	7,438
7	Sunway TaihuLight - Sunway MPP, Sunway SW26010 260C 1.45GHz, Sunway, NRCPC National Supercomputing Center in Wuxi China	10,649,600	93.01	125.44	15,371
8	Pertinutter - HPE Cray EX235n, AMD EPYC 7763 64C 2.45GHz, NVIDIA A100 SXM4 40 GB, Slingshot-10, HPE DOE/SC/LBNL/NERSC United States	761,856	70.87	93.75	2,589
9	Selene - NVIDIA DGX A100, AMD EPYC 7742 64C 2.25GHz, NVIDIA A100, Mellanox HDR Infiniband, Nvidia NVIDIA Corporation United States	555,520	63.46	79.22	2,646
10	Tianhe-2A - TH-1TB-FEP Cluster, Intel Xeon E5-2692v2 12C 2.2GHz, TH Express-2, Matrix-2000, NUDT National Super Computer Center in Guangzhou China	4,981,760	61.44	100.68	18,482

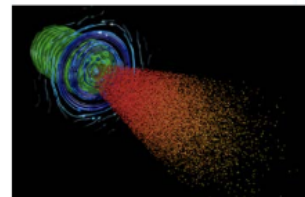
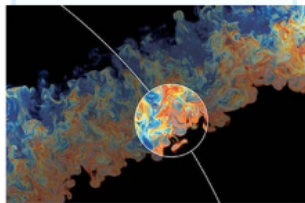
# ECP applications target national problems in six areas

## National security

Next-generation, stockpile stewardship codes

Reentry-vehicle-environment simulation

Multi-physics science simulations of high-energy density physics conditions



## Energy security

Turbine wind plant efficiency

Design and commercialization of SMRs

Nuclear fission and fusion reactor materials design

Subsurface use for carbon capture, petroleum extraction, waste disposal

High-efficiency, low-emission combustion engine and gas turbine design

Scale up of clean fossil fuel combustion

Biofuel catalyst design

## Economic security

Additive manufacturing of qualifiable metal parts

Urban planning

Reliable and efficient planning of the power grid

Seismic hazard risk assessment



## Scientific discovery

Cosmological probe of the standard model of particle physics

Validate fundamental laws of nature

Plasma wakefield accelerator design

Light source-enabled analysis of protein and molecular structure and design

Find, predict, and control materials and properties

Predict and control stable ITER operational performance

Demystify origin of chemical elements

## Earth system

Accurate regional impact assessments in Earth system models

Stress-resistant crop analysis and catalytic conversion of biomass-derived alcohols

Metagenomics for analysis of biogeochemical cycles, climate change, environmental remediation

## Health care

Accelerate and translate cancer research



Взето от [презентацията](#) на Lori Diachin, зам-директор на “Exascale Computing Project”, от конференцията “Supercomputing 18”, 14.11.2018

**Облаци**



# На кратко

- ATLAS използва собствени, научни и комерсиални.
- Предимства
  - Комерсиални: При нужда от много ресурси за кратко време
  - Научни: Споделяне на ресурси и цена между различни институти и различни области на изследване
  - Собствени: Бързо и контролирано усвояване на ресурси
- Недостатъци
  - Комерсиални: Скъпи

# Принцип на работа



## Доставчици на облачни услуги



openstack  
CLOUD SOFTWARE

Amazon EC2

Microsoft  
Azure

## Система за разпределяне на задачи

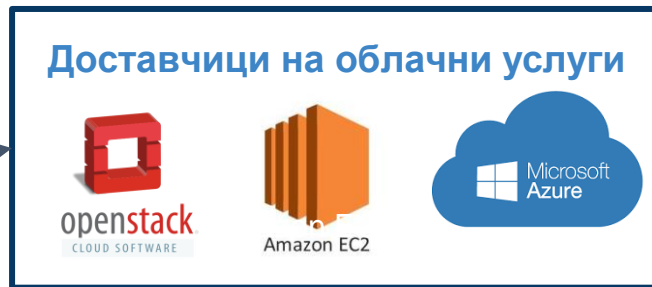


Изпраща  
задачи

# Принцип на работа



Направи ми виртуални  
машини

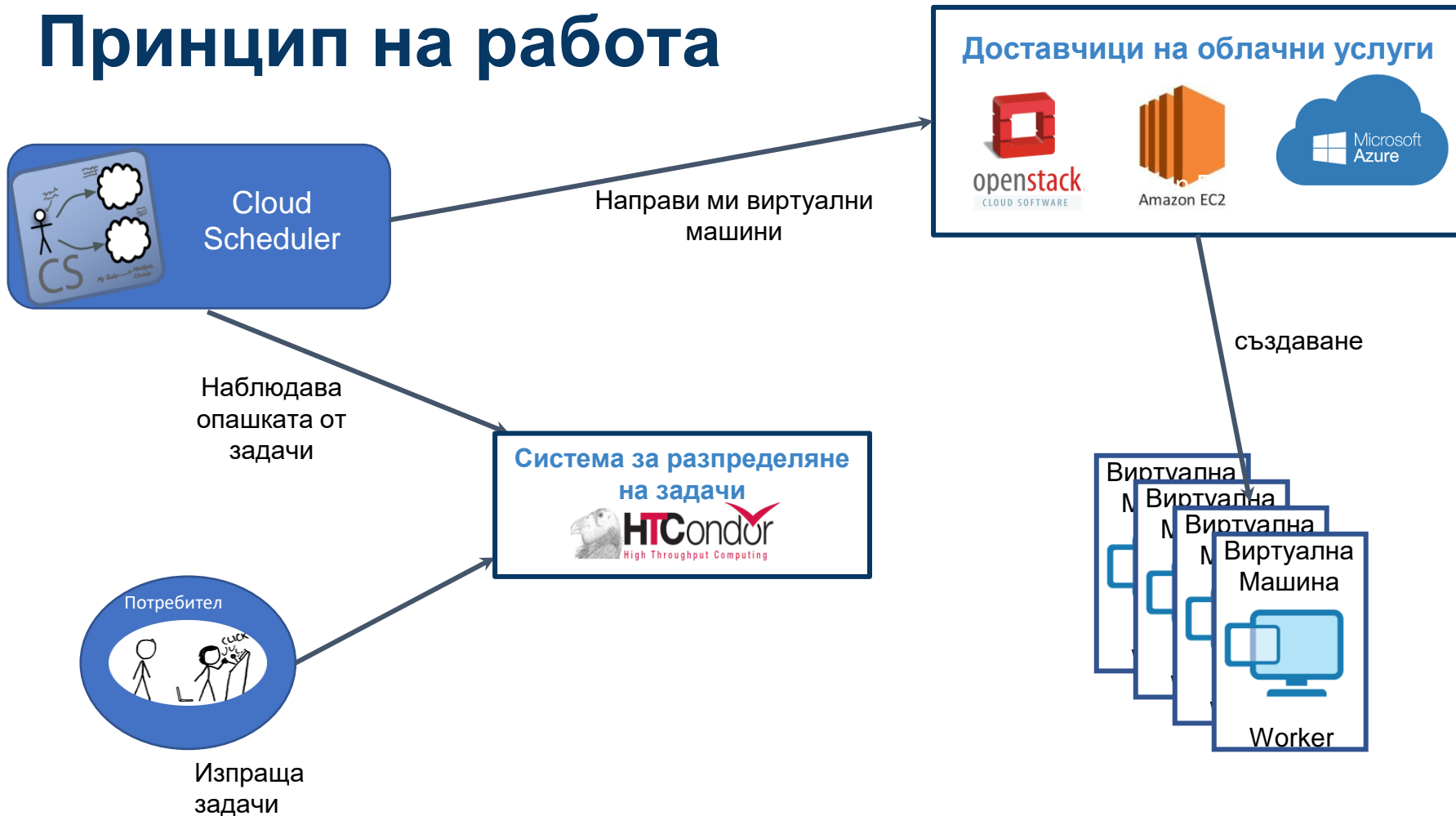


Наблюдава  
опашката от  
задачи

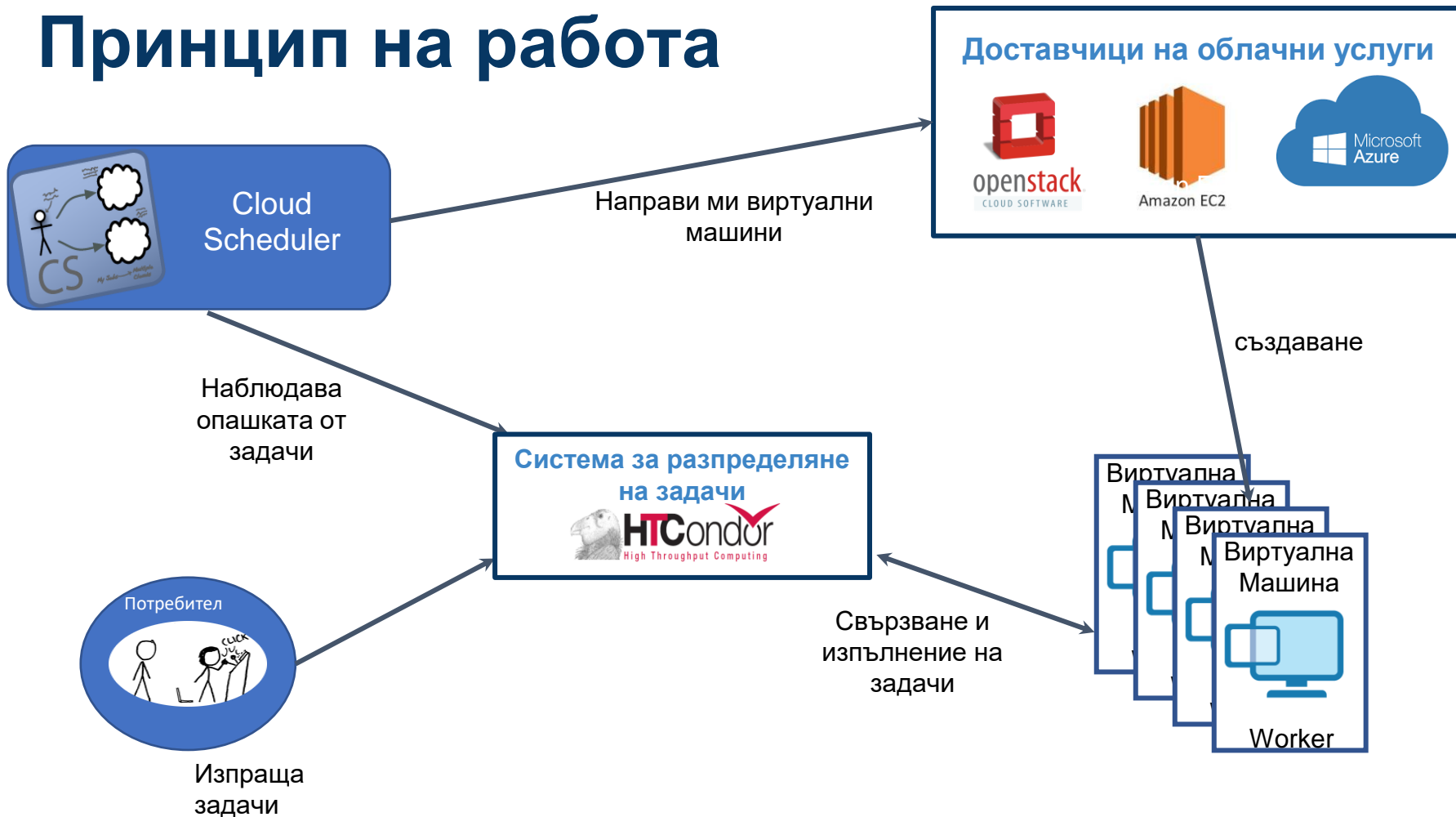


Изпраща  
задачи

# Принцип на работа



# Принцип на работа



# Собствени облаци - тригерна ферма

- Ресурс - 133 000 ядра
- Използване - само когато не се набират данни
- Облачно решение:
  - Бързо усвояване на ресурси
  - Няма нужда от инсталиране
  - Светкавично връщане на ресурси при нужда (kill)
- Оптимизирането на използването на ресурсите не е тривиален проблем

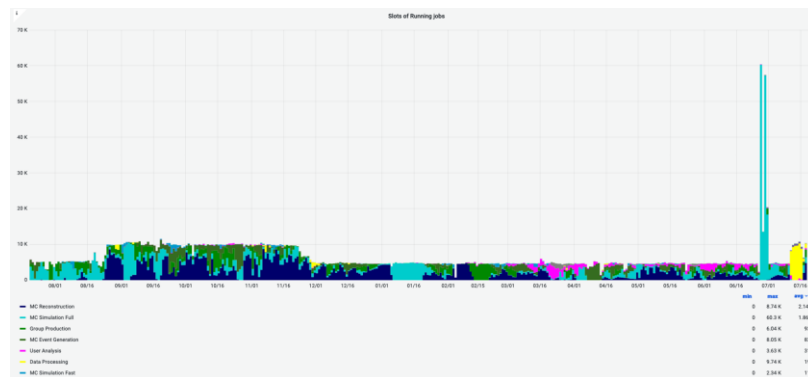


Използва се само когато ресурсите не са нужни за набирането на сурови данни от експеримента

Криогенната авария от преди два дена ни даде възможност да използваме фермата отново за симулиране на събития

# Комерсиални облаци - Google

- Тестов договор с Google за да се видят предимствата и недостатъците
  - Цена
  - Производителност
- Включен успешно към системата за разпределени изчисления на АТЛАС



**Доброволчески  
споделени изчисления  
(Volunteer Computing)**





# ATLAS@Home

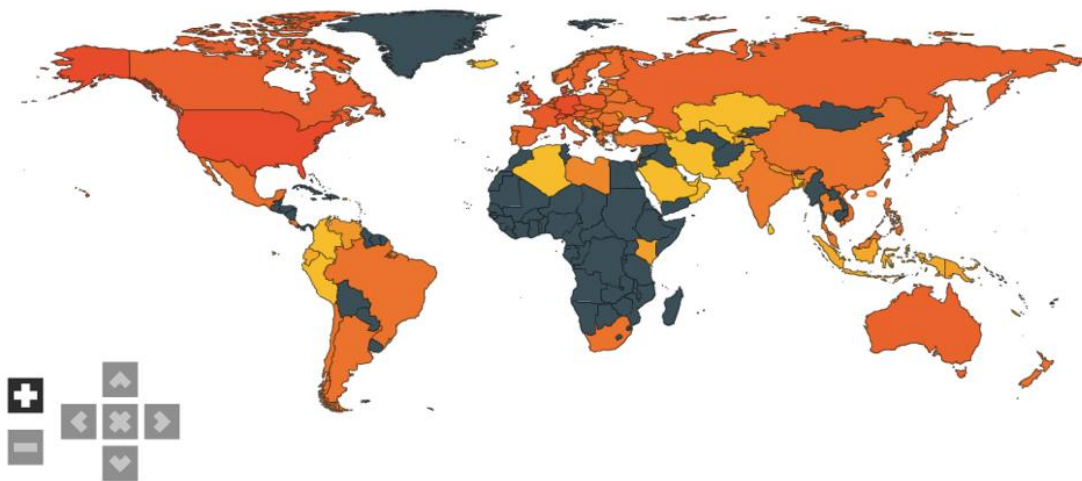
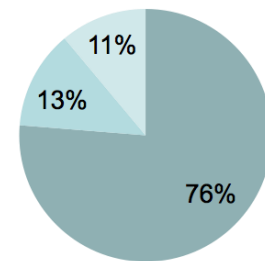


- Обработка ~ 1% от симулираните събития в ATLAS
- Сравним с голям безплатен компютърен център
- Не точно.. доброволците очакват все пак някаква поддръжка
- Голям потенциал в настолните компютри по учреждения които не се изключват нощно време

# Кой ни помага

- VOINC е огромно общество от отдадени хора
- Много от тях участват в няколко проекта едновременно

■ Windows ■ Linux ■ Mac



# И ние инсталираме VOINC

- На новопристигналите машини в ЦЕРН
- На машини с “неефективни” услуги
- На малки GRID сайтове
- На сайтове с ограничения

# Обобщение

- GRID е все още тук и не се очаква скоро да си тръгне
- Все повече организации и спонсори избират алтернативи на конвенционалните компютърни центрове - суперкомпютри, облаци..
- Колаборацията ATLAS успешно ги интегрира и използва

**Въпроси?**

**Ivan.Glushkov@cern.ch**



# Технологии в ЦЕРН

